

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Vývoj kořenového systému kukuřice při rozdílném
zpracování půdy**

Bakalářská práce

Martin Nečada

Pěstování rostlin

doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vývoj kořenového systému kukuřice při rozdílném zpracování půdy" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 2.5. 2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D. za ochotné vedení této bakalářské práce. Dále patří poděkování bratrům Lucasovi a Constantinovi Horsch za poskytnutí zázemí pro realizaci práce a zúčastněným zaměstnancům firmy Agrovation Kněžmost, k.s. při provádění polních pokusů

Vývoj kořenového systému kukuřice při rozdílném zpracování půdy

Souhrn

Zpracování půdy je po staletí zemědělci používaný způsob pro produkci plodin po celém světě. Zpracování půdy lze definovat jako mechanická manipulace s půdou za účelem zapravení rostlinných zbytků plodin, případně hnojiv, příprava sérového lůžka, odstranění zhutnění půdy a regulace plevelů před setím i během vegetace. Přibližně od poloviny 19. století většina zemědělců používala pluh jako základní nástroj, který otočil půdu a zaklopil rostlinné zbytky a hnojiva na dno zpracovávaného půdního profilu. V posledních padesáti letech začali zemědělci používat méně intenzivní způsoby zpracování půdy jako třeba různé radličkové kypřiče půdy. Dnes je možno používat řadu postupů zpracování půdy, které zanechávají určitý podíl rostlinných zbytků na povrchu půdy, mají různou intenzitu zpracování půdy a chrání půdu před erozí. Tyto postupy mají vliv na vývoj kořenového systému a výnos rostlin. Cílem pokusu bylo ověřit vliv technologie zpracování půdy na vývoj kořenového systému a výnos kukuřice seté.

V roce 2020 byly založeny pokusné parcely s rozdílnými systémy zpracování půdy (hrůbky, kypření hrůbek před setím a přímé setí). V jarním období roku 2020 byla zasetá na pokusných parcelách kukuřice setá přesným secím strojem. Po zasetí kukuřice bylo provedeno hodnocení pokryvnosti rostlinnými zbytky. Dále během jara byla měřena teplota půdy a vodní potenciál půdy, poté bylo provedeno vyhodnocení rozdílů.

Během vegetace byly odebrány rostliny kukuřice. Na jednotlivých variantách byl hodocen vývoj kořenového systému a hmotnost nadzemní biomasy jednotlivých rostlin. Na konci vegetace byl stanoven výnos.

Přímé setí vykazovalo na začátku vegetace zpožděný vývoj nárůstu biomasy kukuřice oproti hrůbkům a kypření hrůbek před setím. Po zasetí panovalo chladné počasí a půda se začala prohřívat od začátku května. To mohlo mít negativní vliv na rozdíly v nárůstu kořenové soustavy u přímého setí oproti variantám s hrůbkou. Všechny tři varianty vykazovaly dostatek vody dostupné rostlinám. Přímé setí mělo výrazně větší pokryvnost rostlinnými zbytky než varianty s hrůbkou. Ve výnose kukuřice seté byly malé rozdíly mezi hrůbkou a statisticky průkazně nižší u přímého setí.

Klíčová slova: zpracování půdy, kukuřice, vodní potenciál půdy, kořenový systém, hrůbky

Development of the root system of maize under different tillage methods

Summary

Tilling the soil has been a practice that farmers used for centuries to produce crops. The tillage can be defined as the mechanical manipulation of the soil for a purpose to incorporate crop residue or fertilizers, preparing seed bed, removing compaction, weed regulation before sowing or during the vegetation. Approximately since the mid-nineteenth century, most farmers used the moldboard plow as their basic tool which turned the soil, incorporated crop residues and fertilizers on the bottom of the soil profile. In the last 50 years, farmers began to use less aggressive basic tillage tools such as various tine cultivators. Today, it is possible to use a number of tillage practices which leave a certain amount of crop residues on the soil surface, have different intensities of soil disturbance and protect the soil from erosion. These practices affect the development of the root system and plant yield. The aim of the experiment was to verify the influence of tillage technology on the development of the root system and the yield of maize.

In 2020, experimental plots with different tillage systems were established (ridges, loosening of ridges before corn planting and direct planting). In the spring of 2020, maize was sown on experimental plots with a precision seed planter. After planting maize, the evaluation of the cover with crop residues was performed. Furthermore, during the spring, the soil temperature and the water potential of the soil were measured, then the differences were evaluated.

Maize plants were taken during the growing season. The development of the root system and the weight of aboveground biomass of individual plants were evaluated on each variant. Yield was determined at the end of the vegetation.

At the beginning of the crop vegetation, direct planting showed a delayed crop development of the increase in maize biomass compared to the ridges and loosening of the ridges before planting. After planting, the weather was cold and the soil began to heat up from the beginning of May. This could have a negative effect on the differences in root system growth in direct planting compared to the sowing variants. All three variants showed sufficient water available to the plants. Direct sowing had significantly greater coverage by crop residues than the ridges variants. There were small differences in the yield of maize between the ridges variants and statistically significantly lower in direct planting.

Keywords: soil tillage, maize, soil water potential, root system, ridge till

Obsah

1 Úvod	9
2 Cíl práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Zpracování půdy	11
3.1.1 Zpracování půdy obecně.....	11
3.1.2 Konvenční zpracování půdy-orba	12
3.1.3 Bezorebné zpracování půdy–mělké.....	13
3.1.4 Bezorebné zpracování půdy-hluboké	13
3.1.5 Přímé setí	14
3.1.6 Základní zpracování půdy	15
3.1.6.1 Podmítka	15
3.1.6.2 Celoplošné kypření mělké	16
3.1.6.3 Celoplošné kypření hluboké	16
3.1.6.4 Orba.....	17
3.1.6.5 Hluboké kypření podorničních vrstev	17
3.1.7 Předsetřové zpracování půdy.....	17
3.1.8 Zpracování půdy během vegetace	18
3.1.8.1 Plečkování	19
3.1.8.2 Válení.....	19
3.1.8.3 Vlácení.....	20
3.1.8.4 Oborávání.....	21
3.2 Zpracování půdy ke kukuřici seté	21
3.2.1 Orba	21
3.2.2 Mělké celoplošné kypření.....	22
3.2.3 Hluboké celoplošné kypření	22
3.2.4 Zpracování půdy v pásech (Strip Till)	22
3.2.5 Setí do vyfrézovaných pásů	23
3.2.6 Pěstování kukuřice seté v hrůbcích (Ridge Till)	24
3.2.7 Přímé setí (No Till).....	25
3.3 Půdochranné systémy zpracování půdy	25
3.3.1 Systémy živého a mrtvého mulče	26
3.3.1.1 Setí do mulče předplodiny	26
3.3.1.2 Setí do cíleně založeného umrtveného mulče	27

3.3.1.3	Setí do mulče vymrzajících plodin.....	28
3.3.1.4	Setí do živého mulče	28
3.3.2	Kukuřice setá v užších řádcích	29
3.3.3	Pěstování kukuřice pod fólií.....	30
3.3.4	Obsevy a prosevy porostů kukuřice seté.....	31
3.3.4.1	Ozelenění kolejových stop	31
3.3.4.2	Optimalizace produkční plochy půdního bloku.....	32
3.4	Agrotechnika kukuřice seté	32
3.4.1	Nároky kukuřice seté na prostředí.....	32
3.4.2	Kořenový systém kukuřice	33
3.4.3	Zakládání porostu kukuřice seté.....	34
3.4.4	Hnojení kukuřice seté	34
3.4.5	Ochrana proti plevelům	35
3.4.6	Ochrana proti chorobám	36
3.4.7	Ochrana proti škůdcům	36
3.4.8	Sklizeň	37
3.5	Agrotechnika kukuřice seté v hrůbcích.....	38
4	Metodika	39
4.1	Pokusná lokalita	39
4.2	Schéma pokusu, zpracování půdy a agrotechnika porostů	40
4.3	Hodnocené charakteristiky	41
4.3.1	Teplota a vodní potenciál půdy	41
4.3.2	Pokryvnost rostlinnými zbytky.....	41
4.3.3	Vývoj kořenové soustavy kukuřice	42
4.3.4	Hmotnost nadzemní biomasy	42
4.3.5	Výnos semen.....	43
4.3.5.1	Výnos semen stanovený výpočtem.....	43
4.3.5.2	Výnos semen stanovený sklízecí mlátičkou	43
4.4	Statistické vyhodnocení.....	43
5	Výsledky	43
5.1	Zpracování půdy a agrotechnika porostů	43
5.2	Teplota a vodní potenciál půdy.....	45
5.3	Pokryvnost rostlinnými zbytky.....	47
5.4	Vývoj kořenové soustavy kukuřice a hmotnost nadzemní biomasy.....	48
5.5	Výnos semen.....	50
6	Diskuze.....	52
6.1	Teplota a vodní potenciál	52

6.2	Pokryvnost půdy rostlinnými zbytky	52
6.3	Vývoj kořenové soustavy kukuřice	53
6.4	Hmotnost nadzemní biomasy a výnos semen	53
7	Závěr	54
8	Seznam literatury	55
9	Internetové zdroje	58

1 Úvod

Cílem zpracování půdy je vytvoření vhodných podmínek pro růst a vývoj rostlin, zlepšovat kvalitu horní orničního profilu půdy nebo minimálně zachovat jeho kvalitu. Z jednoho úhlu pohledu je intenzivní celoplošné zpracování půdy klíčové pro řízení procesů v půdě a dosažení vysokých výnosů. To ale vede k ochuzování půdy o stabilní organickou hmotu a erozi jak vodní, tak větrné. Druhý pohled je dosažení drobtovité struktury půdy méně intenzivními zásahy do půdy a ponechání v klidu, aby se vytvořili příznivé podmínky pro rozvoj půdních mikroorganismů, kterým intenzivní celoplošné zpracování půdy škodí.

V současné době je kladen důraz na vytvoření a udržení souladu mezi ochranou půdy a způsobem zpracování. To znamená zaměření na lepší stav půdy po stránce fyzikální a biologické. Tyto způsoby zpracování půdy se označují jako půdoochranné. Půda udržovaná v dobrém fyzikálním a biologickém stavu může pokrýt jakékoliv nároky plodin na stanovišti. Jednou z možností, jak snížit riziko degradace půdy erozí je snížit intenzitu zpracování půdy a ponechat vrstvu posklizňových zbytků nebo meziplodin na povrchu půdy. Řada farem nyní musí přehodnocovat způsoby zpracování půdy zejména pro širokořádkové plodiny jako je kukuřice setá. Je potřeba zajistit jak dobrou strukturu půdy, tak její ochranu před erozí. Předmětem pokusu bylo tedy ověření vlivu různých půdoochranných způsobů zpracování půdy na rozvoj kořenového systému kukuřice a její výnos.

V roce 2020 byl založen jednoletý pokus o třech variantách (hrůbkové zpracování, předseťová příprava hrůbků a přímé setí do rostlinných zbytků meziplodiny. Sledována byla teplota půdy, vodní potenciál půdy, pokryvnost rostlinnými zbytky. Dále v průběhu vegetace byl sledovan vývoj kořenového systému kukuřice seté a při sklizni byl stanoven také výnos semen.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo ověřit a posoudit vliv tří rozdílných půdochranných systémů zpracování půdy na vývoj kořenového systému kukuřice seté.

V rámci tohoto pokusu bylo stanoveno následující:

1. Stanovit vliv půdochranných způsobů zpracování půdy na produkci podzemní a nadzemní biomasy kukuřice seté během vegetace.
2. Zhodnotit vliv půdochranných způsobů zpracování půdy na výnosové parametry a výnos.

Ověřované cíle vycházejí z následujících hypotéz

H1 Způsob zpracování půdy ovlivňuje produkci podzemní a nadzemní biomasy kukuřice seté.

H2 Způsob zpracování půdy ovlivňuje tvorbu výnosotvorných prvků a výnos kukuřice seté.

3 Literární rešerše

3.1 Zpracování půdy

Zpracováním půdy vytváříme seťové a sadbové lůžko pro zakládání nových porostů. Kultivací půdy pak zlepšujeme a udržujeme dobrý fyzikální stav půdy v době vegetace, hubíme plevely a udržujeme příznivé prostředí pro růst a vývoj plodin. Zpracováním půdy rušíme též staré porosty (Škoda a Cholenský, 2002).

Zpracování půdy rozdělujeme podle několika hlavních způsobů. Hůla a kol. (2010) je dělí dle intenzity a hloubky zpracování na orebnou technologii a půdoochranou technologii včetně přímého setí do nezpracované půdy.

3.1.1 Zpracování půdy obecně

Názory na členění způsobů zpracování půdy se v průběhu času mění. Autoři Köller (1989), Brenndörfer (1994), Brunotte et al. (1996) a Sommer (1997) při rozdělení způsobů zpracování půdy udávají toto členění:

1. konvenční zpracování půdy
2. konzervační zpracování půdy
3. přímé setí

Ad 1. V konvenčních postupech je vrstva ornice zpracovávána na požadovanou hloubku radličnými pluhy. Půda se pluhem drobí, kypří a obrací. Předseťová příprava půdy a setí se uskutečňuje buď v oddělených postupech, nebo se postupy předseťové přípravy půdy a setí slučují. Pro samostaatné postupy předseťové přípravy půdy se hlavně využívají kompaktory. Pro sloučené operace předseťové přípravy půdy se využívají stroje s aktivně poháněnými pracovními nástroji ve spojení se secími stroji.

Ad 2. U tohoto způsobu zpracování půdy se neprovádí orba radličnými pluhy. Základním strojem je kypřič. U kypřiče se mohou volit různé pracovní nástroje podle stavu a potřeby kypření půdy. Na výběr jsou různé šířky radliček. Široké radličky se používají pro kypření do středních hloubek, pro hluboké kypření se používají úzké radličky. Kypřič při práci kypří do zvolené hloubky, půdu drobí a zpětně utuží seťové lůžko. Kypření se může spojit se setím do jedné operace nebo se provádí odděleně.

Ad 3. Při přímém setí se neprovádí žádná předchozí operace kypření půdy. Pro přímé setí se používají speciální secí stroje, které jsou schopné uložit osivo do nezpracované půdy. U tohoto postupu je potřeba dbát na kvalitní uložení osiva do půdy a opětovné uzavření seťové rýhy. Tím je zajištěno rovnoměrné vscházení a vývoj porostů. Plevely jsou potlačovány chemicky.

Stejně členění uvádí i Hůla a Mayer (1999). O 11 let později Hůla et al. (2010) člení způsoby zpracování půdy následovně:

- Technologie s orbou (konvenční zpracování půdy) – každoročně se využívá orba radličným pluhem. Rostlinné zbytky předplodin, biomasa meziplodin a nadzemní části plevelů jsou orbou zapraveny do půdy
- Minimalizace s kypřením půdy do malé hloubky a v případě zjištění příznaků nadměrného zhutnění je možné půdní profil prokypřit hlouběji bez obracení profilu.
- Půdoochranné zpracování půdy – postup při kterém zůstává minimálně 30 % povrchu půdy po zasetí pokryto rostlinnými zbytky předplodiny či meziplodiny, hmotnost biomasy je nejméně 1,2 t . ha⁻¹ v suché hmotě.
- Přímé setí nebo setí do nezpracované půdy – neprovádí se žádné zpracování půdy po sklizni předplodiny. Seje se speciálními secími stroji do úzkých rýh a většina povrchu půdy je bez mechanického narušení.

3.1.2 Konvenční zpracování půdy-orba

Hůla a Mayer (1999) uvádějí, že konvenční zpracování půdy je založeno na každém roce opakovaném kypření a obracení ornice radličným pluhem. V konvenčním zpracování půdy se k jednotlivým plodinám využívá časový odstup mezi jednotlivými kroky základního a předseťového zpracování půdy ke splnění základních agrotechnických požadavků zejména k přirozenému slehnutí půdy v době mezi provedením orby a následným setím. Orba také potlačuje výskyt vytrvalých plevelů jako je pýr (Novák a Mašek, 2020). Brant (2020) rozděluje orbu hlediska doby provedení na orbu letní (strniskovou), seťovou, podzimní, zimní a jarní.

Letní orba (strnisková) se provádí po časně sklizených plodinách jako jsou rané brambory, ozimé píce jednoleté a ranně sklizená zelenina. Z důvodu nebezpečí přesušení orní vrstvy se obvykle provádí do hloubky 0,18 m. Důležité je také následné oštření nakypřené vrstvy půdy. To usnadňuje následné operace předseťové přípravy půdy. K tomu se používají různé druhy pýchovacích válců nebo řezacích nožů, které jsou připojeny přímo k pluhu. Pokud je pluh vybaven možností nastavení záběru, tak by měl být zvolen co nejmenší pracovní záběr a vyšší pojezdová rychlost pro zajištění dobrého drobení zpracované půdy (Brant, 2020)

Seťová orba se využívá k ozimým plodinám jako jsou např. ozimá řepka, ozimé obilniny a ozimé luskoviny. Hloubka se podle půdních a klimatických podmínek volí do 0,25 m. Pravidlem je, čím se seťová orba provádí později tím hloubku snižujeme. Klíčové je, aby půda měla před setím dostatek času slehnout. Slehnutí půdy má vliv na vscházení a zakořenění plodiny a tím i následný vývoj porostů. Jako optimální čas pro slehnutí půdy se uvádí 4 až 5 týdnů. Opět je vhodné použít drobicí zařízení na pluhu a zajistit minimálně hřebenitý povrch půdy po provedení orby a rovněž nízký podíl hrud (Křen et al. 2015)

Podzimní orba je základem zpracování půdy k jarním plodinám. Termín provádění podzimní orby je v průběhu podzimu až k zámrazu půdy. Podle půdních podmínek se oře celý profil ornice a dále dle následné plodiny dochází k zapravení organických hnojiv a meziplodin. Důležitým požadavkem je maximální hřebenitost povrchu půdy, z důvodu snahy o maximální zachycení zimní vláhy. Požití drobicího zařízení na pluhu proto není vhodné. Záběr orebních těles se volí větší a pracovní rychlost orební soupravy nižší v porovnání se seťovou orbou. Vlivem působení vody a mrazu dojde k rozpadu velkých hrud přes zimu (Brant, 2020).

Zimní orba je prováděna v případě, že nebylo možné provést podzimní orbu. Z důvodu pozdní sklizně předplodin, jakými jsou zrnová kukuřice a cukrovka, nebo vlivem nadměrných srážek a vysoké vlhkosti půdy. Z pohledu zadržování vody v půdě je zimní orba vhodnější než orba na provedená v jarním období (Křen et al. 2015)

Jarní orba je nejméně vhodným zpracováním půdy. Provádí pouze v ojedinělých případech, kdy nebylo možné provést orbu na podzim. Hlavním rizikem je přesušení orního profilu a vytvoření příliš velkých hrud, které se následně stroji pro předseťovou přípravu půdy obtížně drobí. Vhodné je jarní orbu provádět do menší hloubky a využít drobicích zařízení na pluhu a záběr orebních těles nastavit na minimum (Brant, 2020)

3.1.3 Bezorebné zpracování půdy–mělké

Mělké zpracování půdy je pracovní postup, který míchá rostlinné zbytky plodin s půdou a určitý podíl rostlinných zbytků zůstává na povrchu půdy, kde omezuje erozi. Názory na hloubku mělkého zpracování půdy se různí. Brant (2021) uvádí, že se jedná o zpracování horní vrstvy půdy do hloubky 0,20 m. Další autoři popisují, že půda se celoplošně neobrací a kypří se maximálně do hloubky 0,15 m (Hervé et al. 2016).

K tomu se využívá strojů s více řadami slupic, které nesou radličky s úzkými špicemi, nebo talířových podmiřáčů. Talíře mohou být vykrajované nebo vlnovité (Arable soil management, 2020). U tohoto způsobu zpracování půdy je důležité již při sklizni předplodiny zajistit rovnoměrné rozprostření slámy po celém záběru sklízecí mlátičky (Köller a Linke, 2006). Mělké zpracování půdy se nejčastěji využívá v osevních postupech s obilninami, olejinami a luskovinami. Podle publikace Arable soil management (2020) je velmi vhodné využívat mělké zpracování půdy společně se systémem Controlled Traffic Farming pro eliminaci rizika zhutnění půdy ve větších hloubkách, způsobených přejezdy zemědělské techniky. Controlled Traffic Farming (CTF) definují Baker a Saxton (2007) a rovněž Isbister et al. (2013) jako systém produkce plodin, kde zóny pro růst plodin a pojezdy zemědělské techniky jsou trvale odděleny. To znamená, že každý stroj, který pracuje na pozemku má určitý pracovní záběr nebo jeho násobek a pojezdy mechanizace jsou omezeny do stálých kolejových stop. Tam, kde je potřeba napravit nežádoucí zhutnění, můžeme využít cíleně hloubkový kypřič. Podle Arable soil management (2020) je potřeba se vyvarovat při zpracování půdy vytvoření hrud a dbát na kvalitní zpětné utužení. Hroudy totiž poskytují vhodné podmínky pro slimáky. Mělké zpracování půdy se často provádí opakovaně, kde druhý přejezd kypřiče se provádí šikmo na směr jízdy provní kypření (Hůla a Mayer, 1999). Výhodou je možnost použití velkých pracovních záběrů, obvykle 7,5 až 12 m.

3.1.4 Bezorebné zpracování půdy-hluboké

Při hlubokém zpracování půdy se pracovní ogány strojů pohybují v hloubce od 20 cm do 40 cm dle mocnosti ornice. Pro tento typ zpracování půdy se používají radličkové kypřiče, kombinované kypřiče s talíři a radličkami, které spojují hluboké zpracování s intenzivnějším zpracováním vrchní vrstvy půdy a stroje pro hluboké zonální zpracování (DeJong-Hudges a Daigh, 2017). Arable soil management (2020) uvádí, že tento systém zpracování půdy je

vhodný pro plodiny, které vytváří křivý kořen, např. olejní nebo bulevnaté plodiny a okopaniny. Birtás et al. (2014) uvádějí nižší energetické nároky hlubokého kypření oproti orebnému způsobu o 25-35 %. Kypřiče mají pracovní orgány rozmístěny obvykle ve dvou až čtyřech řadách a jejich geometrie a světla výška je přizpůsobena s ohledem na práci s velkým množstvím rostlinných zbytků (Kovaříček et al., 2017). Používají se pracovní záběry od 3 po 8 m. DeJong-Hudges a Daigh (2017) uvádějí, že se obvykle v bezorebném zpracování půdy využívá kombinace mělkého a hlubokého zpracování půdy, a tedy systém dvou pracovních operací, kdy je nejprve provedeno mělké zpracování a poté hluboké nebo nejdříve hluboké a poté následuje mělké. Stejný postup uvádí i publikace Arable soil management (2020). Velkým plusem je že půda zpracovaná kypřičem do hloubky 0,25–0,35 m má velkou kapacitu pro přijímání vodních srážek (Birtás et al. 2014).

3.1.5 Přímé setí

Tento způsob zpracování půdy, vlastně nezpracování půdy kompletně vylučuje použití primárního nebo sekundárního zpracování půdy s cílem nechat půdu nedotčenou kypřením po celý rok (DeJong-Hudges a Daigh, 2017). Zimmer a Zimmer-Durand (2017) popisují přímé setí jako způsob, kdy se půda zpracovává v tak minimální míře, že veškeré rostlinné zbytky zůstávají na povrchu půdy, kde brání erozi a pomáhají uchovat vodu v půdě. Takový pracovní postup byl poprvé použit v roce 1961 ve Spojených státech amerických ve státě Illinois, kde George McKibben z University of Illinois založil první pokusné plochy. V roce 1962 farmář Harry Young z Kentucky poprvé zasel metodou přímého setí kukuřici na své farmě. Tento způsob zakládání plodin je dodnes na jeho farmě používán (Lessiter, 2018). Rozvoj technologií přímého setí je úzce spjat s uvedením herbicidů s účinnou látkou *paraquat* a *diquat* v šedesátých letech, tehdejší firmou Imperial Chemical Industries Ltd (nyní Syngenta) ve Spojeném království (Baker et al., 1996). Ve Spojených státech amerických byl *paraquat* uveden na trh v roce 1967 (Lessiter, 2018). Tyto herbicidy umožnily kontrolovat efektivně plevelná společenstva bez nutnosti použití mechanizace na zpracování půdy, později v roce 1976 organizace EPA povolila firmě Monsanto uvedení na trh přípravku Roundup obsahující účinnou látku glyphosate (Baker et al., 1996).

Základním prostředkem pro přípravu setíového lože zde není kypřič nebo pluh, ale tím je secí stroj. Publikace Soil Management Guide (2008) uvádí, že se pro přímé setí využívají secí stroje s úzkou nožovou secí botkou nebo jednodiskové secí botky a dále se zde zdůrazňuje, že secí botky stroje by neměly narušit více jak 33 % povrchu půdy. Kovaříček et al. (2016) popisuje možnosti ukládání osiva do půdy šípovými radličkami, jednokotoučovými botkami a kotoučové krojidlo (koltr) před dvojkotoučovou botkou, které prořezává rostlinné zbytky. Další alternativou jak docílit minimálního narušení povrchu půdy a vytvořit čistou rýhu pro uložení osiva je systém AquaTill, který se testuje v Austrálii. Pracuje s využitím proudu vody pod vysokým tlakem pro řezání rostlinných zbytků před secí botkou místo řezacího koltru (Butler, 2019). Secí stroje pro přímé setí jsou rovněž vybaveny možností aplikace hnojiva tzv. pod patu osiva (Kovaříček et al., 2016). Pracovní záběry secích strojů jsou v rozmezí od 3 m až po 36 m. Soil Management Guide (2008) upozorňuje na zvýšené nebezpečí zhutnění půdy přejezdy zemědělské mechanizace. Baker et al. (2007) uvádějí, že ačkoliv nezpracovávání půdy zlepšuje

mnoho klíčových vlastností je stále náchylná vytvoření zhutnělé vrstvy bez ohledu na to, jak dlouho půda nebyla zpracovávána. Baker et al. (2007) dále popisují význam homogenní struktury půdy na práci secího stroje, jelikož stejnoměrná struktura půdy zaručuje přesnější uložení osiva do půdy. Z důvodu minimalizace zhutnění a homogenní struktury půdy doporučuje jako vhodnou součást metody přímého setí sjednotit pracovní záběry a rozchody strojů, které vstupují na pozemek.

3.1.6 Základní zpracování půdy

Do základního zpracování půdy patří operace jako je podmítka, celoplošné kypření mělké, hlubší kyření půdy bez jejího obracení, orba a hluboké kypření podorničních vrstev (Brant, 2021). Petr et al. (1988) uvádí, že zpracováním půdy se upravuje její fyzikální stav, upravuje se poměr mezi vodou a vzduchem obsaženým v půdě, ovlivňuje činnost mikroorganismů, zvyšuje mineralizace organických látek a ovlivňuje humifikační procesy v půdě.

3.1.6.1 Podmítka

Při podmítce se mělko zpracovává svrchní vrstva půdy a provádí se po sklizni obilnin, časně sklizených olejnin, luskovin a dalších plodin sklizených v letním období (Brant, 2021). Obvykle se půda zpracovává do hloubky 0,06-0,10 m a pracovní souprava se měla pohybovat pod jiným úhlem, než jsou řádky sklizené plodiny (Birkás et al. 2014).

Termín provedení podmítky uvádí Köller a Linke (2006) co nejdříve po sklizni plodiny, aby se vytvořili dobré podmínky pro vezjití vypadaného obilí a semen plevelů. Petr et al. (1988) také zdůrazňuje význam včasnosti provedení podmítky a uvádí ztráty 2-3 mm evaporací denně za vysokých teplot během srpna. Jak uvádí Brant (2021) je úkolem podmítky zajistit omezení ztrát půdní vláhy a zničit plevele vyskytující se na pozemku po sklizni plodiny. Ztrátám půdní vláhy zamezí včasné provedení tím, že se vytvoří nakypřená vrstva půdy, která přeruší kapilární póry (Birkás et al. 2014). Dále tito autoři zdůrazňují potřebu opětovného částečného utužení povrchu půdy. Platí pravidlo čím sušší podmínky jsou, tím by mělo být zpětné utužení intenzivnější (N.U. Agrar, Info 14/2020). Zkypření horní vrstvy půdy dále ještě ovlivňuje i tepelný režim půdy, jelikož nakypřená a provzdušněná horní vrstva půdy se lépe a rychlejším tempem ohřívá (Brant, 2021). Pro minimalizaci výparu vody a zpomalení prohřevu půdy uvádí autoři Birkás et al. (2014) potřebnou pokrývnost povrchu půdy rostlinnými zbytky alespoň 35-40 %.

Podmítkou se do půdy zapravují zbylé části rostlin tvořících strniště a také může být do půdy zpravena sláma. Důležitým prvkem zapravení rostlinných zbytků je nízká výška strniště, krátce pořezaná sláma a její rovnoměrné rozprostření po povrchu pozemku (Brant, 2021). Platí, že radličkové kypřiče jsou pro rozprostření slámy, vhodnější než talířové kypřiče, které slámu rolují a řádkují (N.U. Agrar, Info 14, 2020).

Dále se podmítkou potlačují plevele. Pro regulaci vysemeněných plevelů je vhodné pracovat mělčeji a při regulaci vytrvalých plevelů by se mělo pracovat hlouběji (Petr et al. 1988)

3.1.6.2 Celoplošné kypření mělké

Cílem mělkého zpracování půdy je zkypření svrchní vrstvy půdy, srovnání povrchu půdy, zapravení rostlinných zbytků ve větší či menší míře a regulace vzešlých plevelů, dále může být spojeno se zapravením minerálních hnojiv a provádí se do hloubky 0,20 m (Brant 2021).

Procházková et al. (2011) uvádí, že mělké zpracování půdy se může provádět jako základní zpracování půdy ke všem plodinám jak ozimým, tak jarním.

Do mělkého kypření lze zařadit rovněž vertikální zpracování půdy. Tento způsob zpracování půdy byl zaveden poprvé zaveden v USA počátkem 90. let minulého století (Kovaříček et al., 2017). DeJong-Hudges a Daigh (2017) popisují vertikální zpracování půdy jako zpracování půdy při kterém nedochází k horizontálním oddělení vrstvy půdy ani k vytvoření utužené vrstvy půdy po přejezdu pracovního nástroje. Při mělkém zpracování půdy totiž dochází po opakovaném kypření plochými radlicemi nebo hladkými disky k vytvoření nepropustné zhutnělé vrstvy půdy vlivem smykového pohybu pracovních nástrojů (Kovaříček et al., 2017). Principem je, že pracovní ústrojí (vlnitý disk) pracuje pod úhlem 0-10° k ose pojezdu soupravy. Rostlinné zbytky na povrchu půdy se řežou a jsou mělce smíchány s půdou do hloubky přibližně 0,02 až 0,10 m. Na povrchu zůstává kolem 50 % rostlinných zbytků (DeJong-Hudges a Daigh, 2017). Kovaříček et al. (2017) definuje hlavní cíl vertikálního zpracování půdy, zpracovat půdu tak aby zůstala půda otevřená pro vstup vody, vzduchu a růst kořenů bez ohledu na zvolenou hloubku kypření.

Dále autoři DeJong-Hudges a Daigh (2017) nedoporučují vertikální zpracování půdy využívat pro zapravení dusíkatých hnojiv, jelikož velký podíl hnojiva může zůstat na povrchu půdy a zde dochází ke ztrátám volatilizací.

Brant (2021) popisuje vhodnost mělkého zpracování půdy zejména v oblastech s nižším množstvím srážek během roku, protože nedochází k přesušení půdy v porovnání s orbou.

Dále Brant (2021) upozorňuje na nebezpečí rozvoje jednoletých a vytrvalých plevelů a také možný vyšší výskyt slimáků a hraboše polního.

3.1.6.3 Celoplošné kypření hluboké

Cílem celoplošného hlubokého kypření je odstranit nežádoucí zhutnění orničního profilu, část rostlinných zbytků zapravit do půdy, vytvořit drobtovitou strukturu orničního profilu a zanechat na povrchu půdy alespoň 55 % objemu rostlinných zbytků pro ochranu povrchu půdy (Birkás et al. 2014).

Obvyklá hloubka zpracování půdy činí dle Birkáse et al. (2014) 0,20–0,35 m. Hluboké celoplošné kypření je vhodné jak ozimým, tak jarním plodinám. Kritériem pro volbu hloubky zpracování půdy je, zda zpracováváme půdu pro setí ozimých plodin, zde je vhodná hloubka do 0,5 m, nebo pro jařiny, kde je vhodné pracovat až po 0,35 m (Birkás et al. 2014).

Pro hluboké celoplošné kypření lze využít jak radličkové kypřiče, tak stroje označované jako dlátové pluhy. Brant et al. (2015) popisuje dlátové pluhy obecně jako stroje s dvěma řadami dlátových radlic, které jsou po stranách vybaveny křídly dále radlice jsou zpravidla hydraulicky jištěné a pro dobré pronikání do půdy mají parabolickou geometrii.

Pro celoplošné hluboké kypření se používají i kypřiče, které jsou schopné kypřit půdu postupně v několika úrovních do vzrůstající hloubky. Půdu nejdříve zpracují mělko talíře, poté následují dláta, která pracují do hloubky 0,25 m a řada dlát uspořádaných do V, která mohou zasáhnout až do 0,45 m (Hůla, 2000).

3.1.6.4 Orba

Orba má za cíl odříznout vrstvu půdy, rozdrobit, nakypřit, promísit a obrátit (Petr et al., 1988).

Ačkoliv orba vytváří dobrý fyzikální stav půdy, z dlouhodobého hlediska může půdu degradovat tím, že dochází zvýšenou mineralizací k odbourávání stabilní organické hmoty (Soil Management Guide, 2008). Typická hloubka orby je od 0,15 m až po 0,35 m v závislosti na termínu provedení a plodině (Petr et al., 1988).

Orba je dle autorů DeJong-Hudges a Daigh (2017) nejitenzivnějším způsobem zpracování půdy a na povrchu půdy po orbě zůstává jen do 15 % rostlinných zbytků. Tím zde vzniká největší riziko vodní a větrné eroze a jedná se o nejnáročnější operaci z pohledu mechanizace a spotřeby paliva.

3.1.6.5 Hluboké kypření podorničních vrstev

Pro tento způsob zpracování půdy jsou určené kypřiče, které kypří půdu do hloubku 0,30-0,40 m, případně i více, bez vynášení a míchání zeminy z hlubších vrstev na povrch půdy (Hůla, 2000). K tomuto účelu se používají speciální dlátové kypřiče se šikmou slupicí nebo rovnou slupicí (DeJong-Hudges a Daigh, 2017).

Slupice hlubkového kypřiče rozrušují a lámou zóny hlubokého zhutnění a jen minimálně vtahují rostlinné zbytky do půdy (Soil Management Guide, 2008).

Důvodem pro provádění hlubokého kypření podorničních vrstev je zjištění výskytu negativního zhutnění podorniční vrstvy půdy (DeJong-Hudges a Daigh, 2017). Dále tito autoři uvádí, že při provedení kypření podorničních vrstev na podzim je možné jarní plodinu sít přímo bez předchozí přípravy půdy.

Optimální podmínky pro provedení hlubokého kypření podorničních vrstev je vlhkost půdy 40-45 %, pokud je půda příliš suchá nebo vlhká nemělo by se hluboké kypření provádět (Birkás et al. 2014).

Energetické nároky pro provedení hlubokého kypření záleží na tvaru slupic kypřiče, výkonu tažného prostředku a hloubce kypření. Spotřeba pohonných hmot při práci na pozemku po provedení mělké podmítky a nastavení pracovní hloubky kypřiče 0,35-0,40 m je obdobná jako spotřeba při provádění orby v hloubce 0,28-0,32 m (Birkás et al. 2014).

3.1.7 Předset'ové zpracování půdy

Hlavní požadavky na předset'ové zpracování půdy jsou urovnání povrchu půdy po předchozím zpracování, mělké prokypření do přesně nastavené hloubky, rozdrobení hrud a přiměřené utužení půdy, což přispívá k vytvoření kvalitního lůžka pro uložení osiva (Hůla, 2000). Případně je možné při předset'ovém zpracování půdy zapravit hnojiva (Petr et al. 1988).

Birkás et al. (2014) uvádí, že hloubka provedení předseťového zpracování půdy je dána především potřebami konkrétní plodiny a dále velikostí vysévaných semen a jejich hmotností. Pro předseťové zpracování půdy se používají stroje s pasivními pracovními orgány nebo s aktivními pracovními orgány (Hůla, 2000).

Pro předseťové zpracování půdy v bezorebných systémech se používá lehký radličkový kypřič, jeho úkolem je rozdrobení hrud a srovnání povrchu půdy po předchozím primárním zpracování půdy a měl by zanechat na povrchu půdy 20–30 % rostlinných zbytků (DeJong-Hudges a Daigh, 2017).

V konvenčním postupu zpracování půdy se využívají stroje s kombinovanými pracovními nástroji, tzv. kompaktory. Kompaktor je tvořen smykovou lištou za kterou následuje drobicí válec, dále ploché šípové radličky a smyková lišta, a nakonec prutový válec (Hůla, 2000). V současných systémech předseťového zpracování půdy kompakторы postupně nahradili dělené pracovní operace smykování, vláčení, hlubší kypření a válení, které uvádí ve své práci Petr et al. (1988). Při opakovaném provádění předseťového zpracování půdy vzniká riziko nadměrného zhutnění půdy a omezení rozvoje kořenové soustavy na což upozorňuje ve své práci Brant et al. (2017).

Dále je možné využít k předseťovému zpracování půdy stroje s aktivními pracovními nástroji, což jsou kypřiče s příčným hřebovým rotorem, vířivé kypřiče, kypřiče s příčným nožovým rotorem a kývavé brány (Hůla, 2000).

3.1.8 Zpracování půdy během vegetace

Křen et al. (2015) popisuje zpracování půdy během vegetace jako systém kultivačních zásahů, v horní vrstvě půdy v takové míře, při které nedochází k narušení kořenového systému hlavní plodiny. Zpracování povrchu půdy zlepšuje přívod vzduchu a také výměnu plynů v rhizosféře.

Cílem zpracování půdy během vegetace je obnova struktury orničního profilu, rozrušení půdního škrálu, mechanická likvidace plevelných druhů rostlin, zlepšení zasakování srážek a omezení neproduktivního výparu z půdy (Křen et al. 2015).

Mechanická regulace plevelů je významný cíl zpracování půdy během vegetace. Podle Javora et al. (2018) ztrácela kultivace půdy během vegetace od poloviny 20. století s nástupem účinné a levné chemické regulace plevelů na významu. V současné době je chemická regulace plevelů běžná praxe. Rychlá a účinná regulace a rovněž poměrně široké aplikační okno herbicidů je největší výhodou. Avšak v současné době díky přísným povolovacím řízením, aplikačním omezením prostředků ochrany rostlin a jejich limitovaným dávkám nabývá opět mechanická kultivace na významu. Poměrně rychle rozvíjecím se oborem je využití speciálních robotů pro mechanickou kultivaci a dále využití elektrického proudu pro regulaci plevelných rostlin. Kombinace chemické a mechanické regulace plevelů byla poměrně rozšířená metoda v 70. a 80. letech 20. století především u širokořádkových kultur a v dnešní době opět mechanická kultivace během vegetace nabývá významu a pro kombinaci mechanických a chemických zásahů bývá označováno jako hybridní zemědělství (Mechanische Unkrautregulierung, 2019). Rozhodující pro úspěšnou aplikaci mechanické regulace plevelů je správné načasování provedení kultivace půdy během vegetace. Vzhledem k půdním podmínkám a počasí je

optimální termín značně limitován. Pouze za velmi vhodných podmínek je mechanická regulace plevelů z hlediska účinnosti porovnatelná s chemickou regulací. Chemická regulace plevelů dosahuje účinnosti více než 90 % zatímco kultivace půdy během vegetace má účinnost od 0 do 70 %. Dále jakékoliv zpracování půdy během vegetace podporuje degradaci humusu, a tedy vyšší emise oxidu uhličitého (Mechanische Unkrautregulierung, 2019).

Křen et al. (2015) rozděluje jednotlivé operace zpracování půdy během vegetace na plečkování, válení, vláčení, oborávání a hlubší kypření mezi řádky.

3.1.8.1 Plečkování

Plečkování je kultivace půdy v meziřádcích, která se provádí v průběhu růstu u širokořádkových plodin (Novotný et al. 2017). V minulosti bylo plečkování běžným agrotechnickým opatřením regulujícím zaplevelení hlavní plodiny. Během vegetace se plečkování provádělo minimálně 4krát za sezónu a nebylo neobvyklé i 7 vstupů na pozemek (Javor et al. 2018).

Cílem plečkování je regulace rostoucích plevelů, rozrušení půdního škrálopku a omezení evaporace (Brant et al. 2020).

Převážná část současných řádkových kypřičů je tvořena pasivními pracovními orgány v sestavě několika radliček úsporných do šípovitého tvaru na pružných či pevných slupicích (Javor et al. 2018). Moderní meziřádkové kypřiče jsou schopné pracovat i při velkém pokrytí povrchu rostlinnými zbytky a zanechávají 50 až 90 % rostlinných zbytků na povrchu. Díky robustní konstrukci a propracovanému zavěšení kypřičích orgánů jsou moderní kypřiče schopné pracovat ve vysokých rychlostech velmi blízko plečkované plodiny kolem 0,075 – 0,08 m (Bowman, 2002). Horním limitem bezpečné řádkové kultivace u kukuřice je výška porostu do 0,60 m. U vyšších porostů je vysoké riziko snadného zlomení stonku kukuřice rámem kypřiče a také riziko poškození kořenů (Javor et al. 2018).

Jednotlivé pracovní orgány jsou k rámu kypřiče uchycené pomocí paralelogramu a pracují každý nezávisle na terénu v požadované pracovní hloubce. Pracovní hloubka řádkových kypřičů se dle Bowmana (2002) pohybuje obvykle od 0,025 až po 0,05 m v závislosti na skladbě plevelů a množství rostlinných zbytků. Javor et al. (2018) uvádějí pracovní hloubku řádkových kypřičů až 0,01 m.

Velmi vhodné je při řádkovém plečkování využít GPS autopilot nebo alespoň aktivní řízení plečky za pomoci kamery, která rozpozná řádky plečkované plodiny a minimalizuje škody na hlavní plodině (umanitoba.ca,2015). Podle Mechanische Unkrautregulierung (2019) umožňuje použití optické kamery zvýšit pracovní rychlost řádkového kypřiče z obvyklých 4 – 6 km/h na 8-10 km/h což významně zvyšuje plošný výkon, minimalizuje škody na hlavní plodině a snižuje únavu obsluhy.

3.1.8.2 Válení

U této pracovní operace dochází k obnovení vztlínání vody ke kořenům rostlin, provádí se v jarním období a rostliny jsou zatlačeny po zimních mrazech zpět k povrchu půdy a redukuje

se obsah vzduchu v půdě (Křen et al. 2015). K tomuto zpracování půdy během vegetace je možné použít hladké válce nebo prstencové (cambridské) válce.

3.1.8.3 Vlácení

Při vlácení během vegetace dochází k mechanickému narušení svrchní vrstvy půdy, současně dochází k prosvětlení porostu a regulaci plevelů (Křen et al. 2015). K tomuto účelu se používají prutové brány a rotační plečky (Bowman, 2002). Křen et al. (2015) shrnují úkoly vlácení během vegetace následovně:

- nakypření povrchu půdy
- hubení plevelů
- proředění přehoustlých porostů
- podpora odnožování u obilnin a u vojtěšky obnažení odnožovacích uzlů a podpora tvorby nových výhonků

Pro vlácení během vegetace se používají prutové brány s pružnými prsty. Jejich prsty narušují povrch půdy a vytahují drobné plevele. Pruty jsou namontovány za sebou na rámu až v šesti řadách a mají průměr 6 až 8 mm (Bowman, 2002). Délka pružných prstů je obvykle 50 až 60 cm a pracují pod úhlem v rozmezí 30° - 45° (Mechanische Unkrautregulierung, 2019). Na koncích jsou prsty ohnuté směrem dolů a při práci vybrují, tím narušují půdní škraloup a vytahují plevele. Při vlácení během vegetace musí být vlácená plodina dobře zakořeněná. Obecně prsty o větším průměru lépe narušují půdní škraloup, avšak méně vybrují. Dále je možné nastavit přítlak na prsty pomocí vynutých pružin a rovněž úhel prstů (Bowman, 2002). Pracovní záběry prutových bran pro vlácení během vegetace dosahují šířky až 27 m. Jednotlivé sekce, které nesou prsty jsou široké 1,5 m a jejich připojení k hlavnímu rámu umožňuje výkyv do stran a tím se přizpůsobovat nerovnomernosti na povrchu půdy. Každá sekce o šířce 1,5 m nese 60 prstů (Mechanische Unkrautregulierung, 2019).

Správná volba termínu pro vlácení během vegetace je klíčová, jelikož prutové brány nerozlišují mezi plevelem a kulturní plodinou. N.U. Agrar, Info 4 (2020) upozorňuje, že trávy a hluboko kořenicí plevele jako jsou např. opletka nebo svízel není možné vyhubit prutovými branami. U obilnin je možné vlácení poprvé použít ve fázi vscházení obilniny když tzv. píchá, ale je těžké odhadovat rozsah ztrát na počtu rostlin, avšak efekt na potlačení plevelů je v této fázi největší, jelikož plevele jsou nejcitlivější ve fázi nitkování (klíčení). Od 3. listu se obilniny považují za odolné k vlácení, ale plevele v tuto dobu mohou být obtížně regulovatelné vlácením (Mechanische Unkrautregulierung, 2019).

Podle N.U. Agrar, Info 4 (2020) se jeví vlácení bobu jako vhodná technologie na regulaci plevelů, jelikož bob je vysoce konkurenceschopný k plevelům. Poprvé je vhodné vláčet tzv. na slepo před vzejitím bobu a agresivně nastavit prsty, dále dvakrát vlácení do stádia 8 listů, takto je možné dosáhnout účinnosti až 80 % na mělko kořenicí plevele, při optimálních podmínkách jako jsou sucho a syká půda. Další vstup je vhodný při výšce bobu 0,15–0,20 m a zde je možné dosáhnout až 90 % účinnosti. Poškození rostlin bobu je možné snížit, pokud je vlácení provedeno od pozdních odpoledních hodin až do večerních hodin (N.U. Agrar, Info 4, 2020). Na druhou stranu další významný zástupce bobovitých plodin sója je poměrně náchylná k vlácení a může zde docházet k větším ztrátám rostlin (Mechanische Unkrautregulierung, 2019). Bowman (2002) uvádí jako vhodný termín pro provedení vlácení sóji nejdříve před

vzejitím na slepo a poté druhý vstup ve výšce sóji kolem 6 cm a plevele by neměli být hluboko zakořeněné.

Při vláčení kukuřice je širší časové okno pro provedení této operace, podle Bowmana (2002) může být prováděno bezpečně v období od zasetí do výšky kukuřice kolem 0,10 m, při vyšší výšce rostlin kukuřice už může docházet k poškození rostlin.

Obecně se doporučuje pracovní rychlost při vláčení během vegetace do 10 km/h⁻¹, účinnost potlačení plevelů se pohybuje do 70 % a ztráty na hlavní plodině obvykle mezi 5–10 % (Mechanische Unkrautregulierung, 2019).

3.1.8.4 Oborávání

Při oborování se půda kypří a nahrnuje k řádkům určitých plodin, zejména při původní technologii pěstování brambor. Cílem je nahrnout kyprou půdu k trsům brambor v období od zasazení do začátku kvetení brambor a likvidace plevelných rostlin (Křen et al. 2015)

3.2 Zpracování půdy ke kukuřici seté

Kukuřice je citlivá plodina na z hlediska kvality zpracování půdy, vyžaduje strukturní stav půdy do hloubky kolem 0,35 m a zpracovný profil by měl vykazovat ideálně 50-60 % pórovitost s objemovou hmotností do 1,2 g/cm³ v případě písčitohlinitých půd (Beranová et al. 2019).

Jak uvádí Procházková et al. (2011) kukuřice je v osevním postupu řazena mezi dvě obilniny, případně je pěstována po sobě opakovaně.

Pro kukuřici je možné volit různé technologie zpracování půdy. Těmi jsou konvenční zpracování půdy s orbou, mělké celoplošné kypření, hluboké celoplošné kypření, zpracování půdy v pásech (strip till), setí do vyfrézovaných pásů, setí do hrůbků a přímé setí.

3.2.1 Orba

Vhodný systém zpracování půdy ke kukuřici s využitím orby popisují Hůla a Mayer (1999) jako, že po včas sklizené předplodině (obilnině) je vhodné provést neprodlěně podmítku, kterou je vhodné spojit se setím meziplodiny pomocí jednoduchého secího stroje, které pro tento účel jsou na trhu k dispozici. Dle vláhových podmínek je možné přistoupit k ještě k uválení pozemku po provedené podmítce. Nadzemní hmota meziplodiny je v podzimním období zapravena do půdy orbou. Hloubku orby doporučují Petr et al. (1988) od 0,20 m do 0,25 m.

V zimním období je vhodné nechat pozemek v hrubé brázdě. Avšak v oblastech trpících suchem doporučují Birkás et al. (2014) provést srovnání povrchu půdy po orbě již na podzim, a tedy nenechávat hřebenitý povrch přes zimu.

Předset'ová příprava půdy na jaře se provádí podle průběhu počasí. Při brzkém otevření jara je možné provést přípravu půdy ve dvou krocích, nejdříve urovnat povrch půdy a aplikovat průmyslová hnojiva a poté zapravit hnojiva do půdy kompaktozemem. Při pozdním nástupu jara

se předset'ová příprava půdy a zapravení hnojiv provede v jednom přejezdu (Hůla a Mayer, 1999). Hloubku provedení předset'ové přípravy uvádějí Birkás et al. (2014) mezi 0,05-0,06 m.

3.2.2 Mělké celoplošné kypření

Pracovní postup s využitím mělkého celoplošného kypření je založen na provedení podmítky po sklizni předplodiny dále následuje kypření do 0,15 m při kterém se zapraví vzešlý výdrol a plevele a na jaře se provede mělké předset'ová příprava do 0,05 až 0,06 m před setím spojené se zapravením minerálních nebo tekutých organických hnojiv a poté následuje výsev kukuřice (Procházková et al. 2011).

Procházková et al. (2011) uvádějí, že na erozně ohrožených půdách je možné tuto technologii doplnit výsevem meziplodin po sklizni předplodiny. Rovněž je na jaře potřeba zařadit do systému aplikaci neselektivního herbicidu (Procházková et al. 2014).

Po pozdě sklizených předplodinách jako kukuřice či okopaniny je možné podmítku vynechat a přistoupit rovnou k mělkému celoplošnému kypření (Procházková et al.).

Specifickým systémem mělkého zpracování půdy je vertikální zpracování půdy. Adee (2019) uvádí pracovní postup, kdy po sklizni předplodiny se na podzim provede vertikální zpracování půdy do hloubky přibližně 0,07 m speciálním kypřičem určeným pro tento způsob zpracování půdy a na jaře se přímo seje secím strojem bez přípravy půdy. Případně je možné provést ještě opakované vertikální zpracování půdy na jaře před setím (no-till-farmer.com, 2013).

3.2.3 Hluboké celoplošné kypření

Možností pracovních operací je u tohoto způsobu zpracování půdy více. Řídí se podle termínu sklizně předplodiny a zda se zakládají porosty meziplodin.

Pokud kukuřice následuje po obilninách uvádějí Procházková et al. (2011) postup kdy se provede po sklizni mělká podmítka, následuje hluboké kypření dle stavu a hloubky orničního profilu, urovnání povrchu půdy ještě na podzim, na jaře předset'ová příprava a následné setí kukuřice.

Na erozně ohrožených půdách je možné využít po sklizni předplodiny mělkou podmítku, hluboké kypření dle stavu a hloubky orničního profilu, výsev vymrzající nebo přezimující meziplodiny, na jaře aplikace neselektivního herbicidu a setí kukuřice do umrtvených rostlinných zbytků meziplodiny (Procházková et al. 2011).

Hloubka kypření by měla být dle Birkáse et al. (2014) od 0,26 m až po 0,32 m. Po pozdě sklizené předplodině je doporučený pracovní sled operací hluboké kypření po sklizni a na jaře předset'ová příprava půdy se zapravením hnojiv a následné setí kukuřice (DeJong-Hudges a Vetsch, 2007).

3.2.4 Zpracování půdy v pásech (Strip Till)

Zpracování půdy v pásech (Strip Till) obecně spojuje výhody intenzivního hlubokého kypření a přímého setí (No Till) u širokořádkových plodin. Konstrukce kypřičů pro pásové

zpracování půdy se může lišit, avšak většina strojů je setavena tak, že v řadě za sebou je nejprve řezací koltr, který může být rovný nebo vlnitý a jeho úkolem je proříznout vrstvu rostlinných zbytků. Poté následují nastavitelné odhrnovače rostlinných zbytků, které vyčistí pás půdy kde bude uloženo osivo. Za nimi následuje kypřící dláto nebo vlnitý koltr a dva postrní talíře, které formují prokypřený řádek a na závěr různé typy pěchů pro rozmělnění hrud a přípravy seťového lůžka. Takto zpracovaný pás má šířku 0,17 až 0,25 m a meziřádek včetně rostlinných zbytků zůstávají nedotčené (Luna a Staben, 2003; DeJong-Hudges a Daigh, 2017). Při meziřádkové rozteči 0,70 m a více nebývá podíl zpracované půdy více jak jedna čtvrtina povrchu pozemku (Brant et al. 2020)

Při pásovém zpracování půdy mohou být aplikována hnojiva do blízkosti kořenové zóny čímž mohou být použita v nižších dávkách díky lepšímu využití obsažených živin (Brant et al. 2020). Hloubka uložení hnojiva je obvykle mezi 0,13 až 0,20 m a ukládá se přímo za kypřící dláto nebo koltr. V porovnání s přímým setím dochází u pásového zpracování k rychlejšímu prohřívání a vyžrání seťového lůžka jako u konvenčního zpracování půdy, zatímco nezpracovaná půda v meziřádku pokrytá rostlinnými zbytky odolává erozi a dobře infiltruje vodu, jak je obvyklé u přímého setí do mulče (DeJong-Hudges a Daigh, 2017).

Meziřádková vzdálenost u strojů pro pásové zpracování půdy je nejčastěji 762 mm, 558 mm a 508 mm a pracovní záběry korespondují s přesnými secími stroji pro výsev kukuřice seté a díky tomu je pásové zpracování půdy velmi vhodné pro systémy řízených pojezdů po pozemcích neboli CTF (DeJong-Hudges a Daigh, 2017).

Pracovní postup popisují DeJong-Hudges a Daigh (2017) tak že se provede pásové zpracování půdy spojené s aplikací hnojiv, a to buď na podzim nebo na jaře před setím a poté následuje výsev kukuřice seté.

Brant et al. (2020) uvádějí, že v České republice jsou uplatňovány rozdílné modifikace pásového zpracování půdy. Prvním je tzv. intenzivní strip till, kdy je půda před provedením zpracování půdy v pásech ještě celoplošně mělce zkypřena. Druhým je tzv. bio-strip till, který spočívá v tom, že pásové kypření je provedeno do živé, vymrzlé či umrtvené meziplodiny, a to buď v podzimním období nebo jarním období. Třetím způsobem, který Brant et al. (2020) zmiňují je systém založení porostu kukuřice seté jedním přejezdem, kdy je provedeno pásové kypření, zonální aplikace kapalných či pevných minerálních hnojiv a výsev kukuřice, případně je možné aplikovat i cíleně herbicid na vysetý řádek. Brant et al. (2020) doplňují, že tento pracovní postup nabývá na významu v České republice.

3.2.5 Setí do vyfrézovaných pásů

Základem této technologie je vytvoření vyfrézovaných pásů do porostů nejčastěji živého mulče v jarním období. Pro vytvoření živého mulče se využívají nevymrzající meziplodiny, kterými jsou obilniny a trávy a také je možné frézování pásů do dočasných travních porostů na orné půdě (Brant et al. 2020).

Konstrukce pracovní sekce strojů pro frézové zpracování pásů půdy je kypřící radlička osazená v dolní části širokými křídly s malým náběhovým úhlem, která kypří půdu pod noži frézovací sekce. Radlička prokypří pás do hloubky obvykle od 0,18–0,25 m. V horní části pásu je půda zpracována noži půdní frézy. O zpětné uložení nakypřené půdy na kypřený pás se starají

kryty frézy na stranách. Pracovní sekce je zakončena pýchovacím válcem na společné hřídeli, který je za každou jednotlivou pracovní sekci (Brant et al. 2020).

Frézové pásové zpracování půdy se provádí v termínu výsevu kukuřice seté a současně je při zpracování půdy uloženo hnojivo, vyseta kukuřice a umrtven živý mulč neselektivním herbicidem (Brant et al. 2020)

Vývoj kořenové soustavy a výnos ověřovali Brant et al. (2020), ti uvádí bohatější rozvoj kořenů do boků kypřených pásů vlivem intenzivnějšího prokypření oproti klasickému pásovému zpracování půdy. Rovněž uvádí, že produkce nadzemní biomasy kukuřice při vhodném systému výživy může být obdobná jako při ostatních pracovních postupech umožňujících výsev v půdoochranných systémech zpracování půdy.

3.2.6 Pěstování kukuřice seté v hrůbcích (Ridge Till)

Jak uvádějí Brant et al. (2020) základním principem tohoto systému je tvorba hrůbků vejčitého tvaru, kdy stěny hrůbku jsou pokryty rostlinnými zbytky. Hrůbek je širší s rovným vrcholem půdy bez rostlinných zbytků, připomíná tedy vejčitý tvar. Výška hrůbku bývá dle DeJong-Hudges a Daigha (2017) kolem 0,15 m, což uvádějí i Brant et al. (2020). Meziřádková šířka hrůbků je 762 mm (DeJong-Hudges a Daigh, 2017) v severní Americe a v evropských podmínkách činí střed hrůbků 750 mm (Horsch, 2011). Hrůbky jsou vytvářeny pomocí upravených dlátových kypřičů, případně hrůbkovacích těles, které tvoří kypřící radlice a boční křídla jež tvarují hrůbek a na vrcholu hrůbku je vytvořen pás o šířce 0,15 m určený pro výsev kukuřice seté (Brant et al. 2020). Během výsevu je z vrcholu hrůbku odstraněna část zeminy a rostlinné zbytky čímž je zajištěn rychlejší ohřev půdy a kvalitní uložení semen při výsevu, snižují se fyto-sanitární rizika a zlepšuje se infiltrace vody do půdy, která stéká po rostlinách do středu hrůbku (DeJong-Hudges a Daigh, 2017; Brant et al. 2020). Vrchol hrůbku je seříznut současně s výsevem. Před výsevním ústrojím jsou umístěné různé konstrukce pracovních orgánů, jsou to různé typy seřezávacích radlic nebo dvojice rozhrnovacích talířů, které provádí odhrnutí rostlinných zbytků a také vodorovně uložené řezací talíře s rozličnými způsoby odsunu odříznuté zeminy s rostlinnými zbytky (Brant et al. 2020).

DeJong-Hudges a Daigh (2017) uvádí, že systém utváření hrůbků zajišťuje rychlejší ohřev půdy v jarním období a také její rychlejší vysychání. Podle Branta et al. (2020) tento předpoklad platí v porovnání s klasickým a dlouhodobým systémem bezorebného zpracování půdy a také uvádějí že na ohřev půdy v hrůbku mají vliv i parametry půdy v pásu určeném pro výsev a dále množství a kvalita mulče nachazajícího se po stranách hrůbku a v prostoru mezi hrůbkami. Množství rostlinných zbytků na povrchu půdy po zasetí se pohybuje v rozmezí okolo 40 až 50 % (DeJong-Hudges a Daigh, 2017). Rychlejší ohřev a vysychání půdy je zajištěn pomocí velkého zpracovaného povrchu půdy v systémech tvorby vyvýšených hrůbků (Magdoff a Van Es, 2009; Horsch, 2011). Kovaříček et al. (2010) uvádí že pěstování řepy seté v hrůbcích vedlo v některých oblastech Německa ke zvýšení výnosů řepy a též k větší cukernatosti bulev. Horsch (2011) uvádí pozitivní vliv na výnos kukuřice seté.

Podle Branta et al. (2020) není však výnos hlavním hodnocením efektivity hrůbkových technologií, tím je vynechání předset'ové přípravy půdy a redukce rizika vzniku ztuhnutí půdy, což potvrzuje i Horsch (2011).

3.2.7 Přímé setí (No Till)

Technologie přímého setí je systém ukládání osiva do půdy za pomoci secího stroje vybaveného vlnitým řezacím koltrem do nezpracované půdy a podíl zpracované plochy půdy nepřesahuje 10 %. Při výsevu je vytvořena úzká rýha výsevním diskem, do které je uloženo osivo a následně je seťová rýha uzavřena přítlačnými koly. Pro dobré zakrytí osiva zeminou by půda neměla být přesušená a měla by být v dobrém strukturním stavu. Vlhkost půdy je zajištěna vrstvou mulče na povrchu půdy. Regulace plevelů je zajištěna výhradně chemickými prostředky, jelikož se neprovádí žádné zpracování půdy před setím (Birkás et al. 2014). Při využívání postupu přímého setí je 30–100 % povrchu půdy zakryto rostlinnými zbytky což významně redukuje erozi půdy a secí stroj tedy musí proniknout vrstvou mulče a uložit kvalitně osivo do seťové rýhy bez zamazání a přimáčknutí rostlinných zbytků na dno seťové rýhy. Jinak dochází k opožděnému a nevyrovnanému vscházení rostlin (Arable soil management, 2020). Výsevní disky na přesném secím stroji by neměly být příliš tupé, aby se dobře prořezávaly rostlinnými zbytky a nemačkaly je na dno seťové rýhy (Jasa, 2007). Pozornost je potřeba věnovat i použití vhodných zamačkávacích kol, Lessiter (2018) uvádí že zamačkávací kola s hroty vytváří vhodnější strukturu půdy nad osivem než použití klasických hladkých kol při přímém setí do mulče. Dalším specifíkem je věnovat se správnému přítlaku na secí botku a v případě potřeby je vhodné secí stroj ještě dotížit aby správně pronikal do půdy (Jasa, 2007). Z důvodu možného pomalejšího ohřevu půdy v jarním období vlivem pokrytí půdy vrstvou rostlinných zbytků je přímé setí kukuřice vhodnější pro podmínky s vyššími teplotami a nižšími srážkami se středně těžkými půdami (Dejong-Hudges a Daigh, 2017).

3.3 Půdochranné systémy zpracování půdy

Hlavním nedostatkem intenzivního zpracování půdy pluhem je nebezpečí eroze půdy. V současné době v celém světě nenávratně vlivem větrné a vodní eroze mizí ročně 6 až 7 mil. ha zemědělské půdy a hlavní příčinou je intenzivní zpracování půdy (Köller a Linke, 2006). V třicátých letech 20. století docházelo v obilnářských oblastech (Great Plains) vlivem intenzivního zpracování půdy k extrémní větrné erozi a prašným bouřím označových jako *Dust Bowl*. Tyto bouře negativně ovlivnily přibližně 405 000 ha zemědělské půdy v produkčních oblastech států Texas, Oklahoma, Nové Mexiko, Colorado a Kansas kde se odhaduje, že větrnou erozí bylo odneseno 850 milionů tun ornice. To iniciovalo přehodnocení pohledu na pluh a rozvoji systémů zpracování půdy bez orby (Littlefield, 2012). Dalším důvodem pro vynechání orby byl poznatek, že intenzivní zpracování půdy přispívá ke zhoršení struktury půdy a vlivem vysoké mineralizace při využívání orby vede k poklesu obsahu stabilního humusu v půdě (Lessiter, 2018).

Baker et al. (2007) uvádějí tři základní pilíře půdochranného systému zpracování půdy: Minimální zpracování půdy; široký osevní psotup s využitím meziplodin a stálý pokry půdy mulčem. Přímým efektem půdochranných systémů zpracování půdy je obohacení půdy o organickou hmotu a poutání uhlíku v půdě.

Podle Hůly et al. (2002) musí systémy zpracování půdy zajistit:

- Šetrné zacházení s půdou
- Podporu a rozvoj příznivých podmínek pro aktivní biologickou činnost a fyzikální pochody v půdě
- Zajištění dobré struktury půdy
- Uchování či zvyšování půdní úrodnosti
- Zamezení erozi a poškození struktury půdy
- Regulaci a omezení výsktu škodlivých činitelů, kteří v půdě ohružují hlavní plodiny a negativně ovlivňují výnosy

3.3.1 Systémy živého a mrtvého mulče

Pěstitelské systémy kukuřice seté s využitím živého či mrtvého mulče představují širokou škálu technologií jejichž obecným základním kamenem je práce s mulčem a jeho vlivu na zamezení větrné a vodní eroze, omezení evapotranspirace, zvýšení biologické aktivity půdy, regulaci plevelů a obohacení půdy o organickou hmotu (Brant et al. 2020).

Využití systémů živého či mrtvého mulče je úzce spjato se systémy zpracování půdy a uplatnění nachází celoplošného (mělkého a hlubšího) zpracování půdy bez jejího obracení, v technologiích pásového zpracování půdy, při hrůbkovém způsobu pěstování kukuřice seté a dále po technologii přímého setí. Možnost využití mají i v orebném způsobu zpracování půdy (Brant et al. 2020).

3.3.1.1 Setí do mulče předplodiny

Základním pilířem této technologie je využití rostlinných zbytků předplodiny pro tvorbu mulče. Rozhodnutí pro volbu konkrétního technologického postupu vychází z termínu sklizně předplodiny. Pokud předplodina byla v době sklizně ve fázi plné zralosti plodů, mulč tvoří rostlinné zbytky strniště či sláma předplodiny (Brant et al. 2020). Při využití mulče rostlinných zbytků předplodiny je důležité při sklizni zajistit, aby rostlinné zbytky byly krátce nařezané a rovnoměrně rozptýlené po povrchu pozemku (Birkás et al. 2014). Sláma obilnin, jež má široký poměr C a N (70–120:1) vykazuje dlouhodobější odolnost vůči biologickému rozkladu a mulč přetrvává na povrchu půdy až do poloviny vegetace kukuřice seté. Množství mulče je závislé na druhu předplodiny (Brant et al. 2020). Dle Morgana (2005) je zhruba při 30 % pokryvnosti povrchu půdy slámou obilnin hmotnost mulče 1,2 t na hektar. Množství mulče na povrchu půdy závisí na zvolené technologii zpracování půdy a použitým typu stroje pro zpracování půdy. DeJong-Hudges a Daigh (2017) uvádějí, že při použití systému mělkého či hlubšího celoplošného kypření činí pokryvnost rostlinnými zbytky od 30 do 50 % a při využití technologie přímého setí činí pokryvnost více jak 90 % povrchu půdy.

Pokrytí povrchu půdy rostlinnými zbytky významným způsobem ovlivňuje celoplošnou aplikaci preemergentních herbicidů a v případě jejich využití při pásových aplikacích z důvodu omezení spotřeby účinné látky na jednotku plochy vyvolává potřebu změny technologií. To znamená stroje, které zajistí dokonalé odstranění rostlinných zbytků z povrchu budoucího řádku plodiny před nebo při setí a vhodné stroje pro páskovou aplikaci prostředků ochrany rostlin (Brant et al. 2020). Odstranění rostlinných zbytků předplodiny je důležité z důvodu uspořádání ohřevu půdy, vrstva mulče může negativně ovlivňovat vscházení a z fyto-sanitárního

hlediska (Baker et al. 2007). Na významu tedy nabývají postemergentní herbicidy na jejichž účinek má však vliv průběh počasí a jsou zejména citlivé na chladné období. Při uvažovaném zákazu účinné látky *glyphosate* bude nutná jejich četnější aplikace, což povede k vyšším nákladům na pěstební postupy (Brant et al. 2020).

Brant et al. (2020) uvádějí, že omezení intenzity zpracování půdy z důvodu ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy omezuje možnosti hlubšího zapravení živin do půdy a změnu dynamiky degradace slámy. Z důvodu posunu degradace slámy do termínu výsevu kukuřice seté nebo po termínu setí může vyvolávat dusíkovou depresi v začátcích vývoje kukuřice seté. Také omezení intenzity zpracování půdy ovlivňuje promyvný režim půdy a v suchých obdobích roste význam rizika působení reziduí účinných látek herbicidů v půdě (Brant et al. 2020).

3.3.1.2 Setí do cíleně založeného umrtveného mulče

Principem je založení cíleného vytvoření rostlinného krytu meziplodin, který bude využit pro tvorbu mulče (Brant et al. 2020). Meziplodiny poutají živiny, fixují sluneční záření v meziorostním období, fixují atmosférický dusík, zmírňují zhutnění půdy, potlačují plevely na základě konkurence mezi plevelnými rostlinami a porosty meziplodin a podporují půdní organismy (Duiker et al. 2016).

U těchto systémů je třeba brát na zřetel pomalejší ohřev půdy, pomalejší vysychání půdy a tím oddálení termínu výsevu kukuřice seté. Rizikem je i možná regenerace druhů meziplodin pro tvorbu mulče, především v řádku kukuřice seté (Brant et al. 2020).

Pro vytvoření dostatečného množství rostlinného mulče je třeba dbát na včasný termín založení meziplodin. Thomas a Archambeaud (2013) uvádí, že při výsevu v období mezi 15. červencem a 15. srpnem je možné před nástupem zimy vyprodukovat 4 až 10 t/ha sušiny v podmínkách severu Francie.

Při využití lipnicovitých druhů pro tvorbu mulče v současné době převažují obilniny nad travami. Mezi nevýhody trav jako jsou jílky, srhy a kostřavy patří pomalá dynamika růstu v podzimním období a na jaře. Časný výsev trav je rizikový v případě suchého podzimu a dalším rizikovým faktorem je výsev trav po obilnině kde dochází ke konkurenci výdrolu obilniny jemuž nejsou trávy schopné konkurovat. Trávy jsou také obtížně regulovatelné mechanickými způsoby a jsou schopné značné regenerace porostu. Náklady na osivo trav jsou vyšší v porovnání s osivem ozimých obilnin (Brant et al. 2020).

U ozimých obilnin používaných pro tvorbu mulče by výsevek neměl překročit 60 kg/ha z důvodu omezení vytvoření uceleného drnu. Žito seté výbronně potlačuje plevely vlivem alelopatického působení a při využití farmářského osiva se jedná o ekonomicky vhodnou alternativu. Žito vyniká i rychlým růstem (Brant et al. 2020).

Podle Branta et al. (2020) je rizikovým faktorem při využití nevymrzajících meziplodin možnost jejich regenerace. Následná konkurence neumrtvených obilnin může vést k poklesu výnosu silážní kukuřice až o 30 %. Dostatečná regulace růstu nevymrzajících meziplodin je závislá na dostupnosti účinné látky *glyphosate*. Z výsledků Branta et al. (2019a) plyne, že zatím neexistuje účinná a ekonomicky přijatelná alternativa pro umrtvení nevymrzajících meziplodin než *glyphosate*.

3.3.1.3 Setí do mulče vymrzajících plodin

Dle Branta et al. (2020) je tento technologický postup je poměrně rozšířený, pracující s využitím porostů vymrzajících meziplodin založených v období po sklizni hlavní plodiny. U těchto porostů meziplodin dochází k ukončení vývoje působením mrazem. Pro tento účel se využívají jednoleté druhy a jejich směsi z čeledí brukvovitých, bobovitých, hvězdnicovitých, stružkovcovitých, rdesnovitých případně teplomilnější druhy lipnicovitých, kterými jsou čiroky a béry a také ovsy (Brant et al. 2020).

Z pohledu tvorby mulče je hlavním cílem vytvoření dostatečného množství nadzemní hmoty, která zůstane na povrchu půdy do období vscházení kukuřice seté. Tvorba nadzemní biomasy je dle Branta et al. (2020) závislá na průběhu počasí, a to na dostatku půdní vláhy a nástupu nízkých teplot čímž je vegetace ukončena, což uvádí i Thomas a Archembeaud (2013).

Množství mulče na povrchu půdy od umrtvení do výsevu kukuřice seté v jarním období ovlivňuje rychlost rozkladu pro bakterie snadno degradovatelné hmoty, tomu připívají i teplé zimy a nepřítomnost sněhového pokryvu a promrznutí půdy (Brant et al. 2020).

3.3.1.4 Setí do živého mulče

Brant et al. (2019) uvádějí, že v Evropě se technologie setí do živého mulče ověřují zakládáním druhově pestrých porostů složených z odlišných druhů. Směsi jsou používány z důvodu zvýšení tolerance k proměnlivým povětrnostním podmínkám a z důvodu pestřejší potravní nabídky pro mikrobiální společenstva.

V USA jak uvádí Larson (2018) se technologie setí do živého mulče postupně stává běžnější, avšak někteří pěstitelé zaznamenávají nižší výnosy kukuřice oproti jiným technologiím zakládání porostů kukuřice seté.

Podle publikace No-Till Planting Green (2018) je principem technologie setí kukuřice do aktivně rostoucích porostů meziplodin a používá se zejména u plodin jako je kukuřice a sója. Mezi benefity této technologie patří podle No-Till Planting Green (2018) zejména:

- Bohatší biomasa nadzemních a podzemních částí rostlin, což pomáhá vysoké infiltraci srážkové vody a omezuje erozi půdy.
- Leguminózy fixují více vzdušního dusíku, protože mají více času pro růst a vývoj.
- Meziplodiny naakumulují více živin, které by mohli být v období bez vegetace vyplaveny do spodních vrstev půdy
- Meziplodiny pomáhají uspíšit vysychání půdy v jarním období a vlhkých obdobích.
- Meziplodiny absorbují sluneční záření a ukládají uhlík do půdy což přispívá k větší vodní kapacitě půdy a schopnosti akumulovat živiny
- Kořenové exudáty živého mulče jsou zdrojem energie pro půdní organismy v rhizosféře
- Oproti setí do umrtveného mulče meziplodin nedochází k vtlačování rostlinných zbytků na dno seťového lůžka, jelikož koltry snadněji řežou živý mulč
- Potenciálně nižší riziko výskytu slimáků
- Potenciálně nižší riziko infekce houbovými chorobami z rostlinných zbytků.

Při samotném výsevu je nutné dbát na správný přítlak vysevních vozíků přesného secího stroje, dále je zde riziko namotávání stébel meziplodin na koltry secího stroje a riziko nedostatečně

uzavřené seťové drážky. Vhodné je živý mulč meziplodin před setím přivalit řezacími válci. Vegetace meziplodin pro tvorbu živého mulče bývá ukončena buď krátce před výsevem hlavní plodiny nebo krátce po výsevu k čemuž se používají herbicidy s účinnou látkou *glyphosate* a pro lepší kontrolu zejména žita se přidává ještě účinná látka *2,4 D*. Možným rizikem může být výsev do meziplodin s širokým poměrem C:N, kde může docházet k dočasné fixaci dusíku půdními mikroorganismy a tím tedy k nedostupnosti pro hlavní plodinu, v tomto případě je vhodné aplikovat navíc dusík do blízkosti uloženého osiva (No-Till Planting Green, 2018; Larson, 2018).

Používané druhy plodin pro tvorbu zeleného mulče obvykle jsou žito ozimé, pšenice ozimá, triticale, oves ozimý, jílek mnohokvětý, ředkev, řepka ozimá, vikev huňatá, hrách ozimý a jetel inkarnát (No-Till Planting Green, 2018).

3.3.2 Kukuřice setá v užších řádcích

Šířka řádků je jedním z významných faktorů, které ovlivňují množství produkce zrnové kukuřice a kukuřice seté určené k produkci siláže. Úzkořádkové technologie jsou v první řadě spojeny s vyšším využitím slunečního záření rostlinami kukuřice seté. Pěstování kukuřice seté v úzkých řádcích může mít vyšší nároky na evapotranspiraci, než porost kukuřice s širšími řádky (75 cm), záleží ale na vláhových podmínkách (Sharrat a McWilliams, 2005; Brant et al. 2020).

Z pohledu rizika eroze patří kukuřice obecně k nejrizikovějším plodinám. Eroze půdy je závažným problémem životního prostředí. Půdní eroze závisí na půdním typu, množství srážek, reliéfu terénu, systému zpracování půdy, pěstované plodině a na postupech které chrání půdu (Brant et al. 2020).

Jedním z významných činitelů degradace půdy jsou dešťové kapky. Kapkovou erozi lze považovat za primární činitel vedoucí k erozním procesům na orné půdě. Kapková eroze vlivem působení kinetické energie přispívá k dělení částic půdy od povrchu půdy, čímž dochází k jejich transportu po půdním povrchu. Kapková eroze je závislá na kinetické energii srážek, množství srážek, stbailitě půdních agregátů a na rostlinném pokryvu (Brant et al. 2020).

Obecně se uvažuje, že snížení meziřádkové vzdálenosti vede k poklesu rizika vzniku vodní eroze. Snížení meziřádkové vzdálenosti redukuje množství propadu srážek na povrch půdy a tím i riziko eroze (Brant et al. 2020).

Dekalbasgrowdeltapine.com (2015) uvádí výhody úzkořádkového pěstování kukuřice, kterými jsou:

- Zvýšením vzdálenosti rostlin v řádku vede k vyššímu zachycení slunečního záření a menší konkurenci o živiny a vodu mezi jednotlivými rostlinami
- Lepší konkurence k plevelům díky vyššímu zastínění povrchu půdy
- Nižší evaporace vody
- Vyšší potenciál výnosu

Mezi nevýhody úzkořádkových technologií podle dekalbasgrowdeltapine.com (2015) patří:

- Riziko zhutnění budoucích řádků kukuřice při setí vlivem pojezdů techniky
- Vyšší investiční nároky na secí stroj, speciální pneumatiky a ráfky pro setí či následnou kukktivaci během vegetace.

Z výsledků Branta et al. (2020) plyne že úzkořádkové (45 cm) technologie pěstování kukuřice měli pozitivní vliv na redukci porostních srážek oproti meziřádkové vzdálenosti 75 cm. Vyšší nárůst nadzemní hmoty kukuřice nebyl jednoznačně průkazný a spíše faktor, který ovlivňuje produkci nadzemní hmoty je průběh povětrnostních podmínek.

Výsledky pěstování kukuřice seté na zrno v USA ve státě Ohio při meziřádkových 375 mm, 510 mm a 762 mm uvádí Klopfenstein (2021), který zaznamenal vyšší výnosy zrna při širší meziřádkové vzdálenosti 762 mm.

3.3.3 Pěstování kukuřice pod fólií

Základním pilířem technologie pěstování kukuřice seté pod fólií je pokrytí povrchu půdy průhlednou fólií, která zajišťuje vyšší teplotu půdy a teplotu vzduchu mezi půdou a fólií. Obecně je toto využití principu solarizace. Fólie přispívá ke vzniku skleníkového efektu, čímž jsou zajištěny optimální podmínky pro růst a vývoj rostlin. Použití tohoto postupu umožňuje ranější výsev kukuřice seté a tím prodloužení vegetační doby, hlavně v oblastech, kde je vegetační doba zkrácena chladným jarem. Nárůst délky vegetace se pozitivně projevuje nárůstem výnosu a kvalitativních parametrů. Pokrytí půdy fólií má pozitivní vliv na potlačení degradace půdní struktury v ranných vývojových fázích porostů kukuřice a dále redukcí erozních rizik, otázkou je redukce evapotranspirace vlivem působení UV-záření na půdu pokrytou fólií (Brant et al. 2020).

Podle Branta et al. (2020) je technologie pěstování kukuřice seté pod fólií oěřována od roku 2015 s využitím systému Samco. Cílem systému je vytvořit vhodné podmínky pro klíčení a další vývoj rostlin kukuřice seté v polních podmínkách zakrytím půdy průhlednou fólií v době kdy běžné klimatické podmínky nedovolují klíčení a růst rostlin. Tím je tedy termín setí uspíšen o 4 až 6 dnů dříve, než je obvyklý agrotechnický termín pro setí kukuřice seté v konkrétních oblastech. Doba zakrytí půdy fólií ovlivňuje typ zvolené fólie, který má vliv na dobu její degradace. Výběr určitého typu fólie se řídí dobou potřebnou k tomu, aby rostliny kukuřice fólií prorostly až v době kdy nemohou být negativně ovlivněny stresovými faktory, hlavně nízkými teplotami. Pro prodloužení doby vegetace se používají hybridy s vyšším číslem FAO což zajišťuje především u zrnové kukuřice vyšší výnosy (Brant et al. 2020).

Při zakládání porostu dochází nejdříve k tvorbě nízkého hrůbku, poté výsevu, aplikaci herbicidu a zakrytí půdy fólií. Fólie je uchycena v půdě zahrnutím zeminou. Šířka hrůbku je po zahrnutí fólie 0,70 m. Mezi pásy fólie zůstává pruh nepokryté půdy. Kvalita předcházejícího zpracování půdy má vliv na kvalitu zahrnutí fólie. Fólie by měla být plně napnutá a nemělo by docházet k tomu, že se volně vlní. Dobře napnutou fólií rostliny kukuřice dobře prorůstají. Po stranách zakrytého hrůbku jsou ventilační otvory, kterými je stabilizováno mikroklima pod fólií a také jimi je umožněno zasakování vody. Velikost a počet otvorů se liší podle jednotlivých typů fólií. Po vzejití se rostliny vyvíjejí pod fólií a následně fólií prorostou. Degradace fólie začíná postupným trháním se v ose řádku. K degradaci fólie přispívají i změny teploty, účinky UV-záření a vliv mikroorganismů. Obecně se udává, že do doby sklizně je fólie z 90 % rozložena (Brant et al. 2020).

Brant et al. (2020) shrnují obecně výhody setí pod fólií následovně:

- Zakládání porostu při jedné pracovní operaci (setí, aplikace herbicidu, natažení fólie)
- Příznivé podmínky pro klíčení

- Ochrana kukuřice před přízemními mrazíky
- Zachování vlhkosti pod fólií
- Příznivé podmínky pro rozvoj kořenů
- Vyšší výnos a rannější sklizeň
- Lepší kvalitativní parametry rostlin
- Ochrana struktury půdy
- Redukce pěstitelských rizik

3.3.4 Obsevy a prosevy porostů kukuřice seté

Jednou z eventualit omezování rizika eroze půdy je využití obsevů a prosevů na pozemcích kde bude založen porost kukuřice seté. Tyto metody se různým způsobem promítají do legislativních opatření z pohledu splnění podmínek standardů dobrého zemědělského a agroenvironmentálního satvu půdy (Brant et al. 2020)

Cílem systémů obsevů a prosevů na pozemcích s kukuřicí je zajištění ochrany životního prostředí, jejich zahrnutí do osevních postupů, redukce zhutnění půdy, dlouhodobá opakovatelnost opatření na pozemcích, možnost současně optimalizovat přejezdy po pozemcích a kombinovatelnost s principy precizního zemědělství. Z pohledu zajištění protierozních a vodochranných opatření mohou tyto systémy vyznačovat značnou mírou variability a individuálního přístupu z pohledu zemědělce (Brant et al. 2020)

Brant et al. (2020) člení systémy využití obsevů a prosevů na ozelenění kolejových stop a optimalizaci produkční plochy pozemku.

3.3.4.1 Ozelenění kolejových stop

Metody ozelenění kolejových stop určených pro pojezdy mechanizace pro aplikaci prostředků ochrany rostlin a hnojiv vycházejí z předpokladu, že přejezdy mechanizace jsou spojeny s redukcí výnosu pěstované plodiny mezi trajektoriemi stop kol aplikačních prostředků. Na základě tohoto předpokladu je možné uvažovat o cíleném ozelenění ploch mezi budoucími trajektoriemi kol aplikační techniky. Tyto ozeleněné plochy nejsou oštrovány prostředky ochrany rostlin. Šířka zelených pásů vychází z rozchodu kol postřikovače a vzdálenost mezi nimi odpovídá jednomu záběru postřikovače. Ozeleněné pásy jsou zakládány pro každou trajektorii postřikovače včetně obětí trajektorie na souvrati, případně obsevem pozemku jeho šířka činí polovinu záběru postřikovače (Brant et al. 2020).

Brant et al. (2020) uvádějí, že mezi cíle těchto postupů patří zvýšená diverzifikace plochy pozemku, redukce rizik vodní eroze vlivem vytvoření přerušovacích pásů, navýšení ploch plodin pěstovaných na ornépůdě v ekologickém režimu, zvýšení potravní nabídky pro volně žijící organismy a efektivní využití principů precizního zemědělství pro omezení negativních dopadů zemědělské výroby na životní prostředí.

Založení ozeleněných pásů pro pěstování kukuřice seté může být provedeno v různých termínech s ohledem na strukturu pěstovaných plodin využitým pro založení pásů. Zelené pásy lze založit na podzim po provedení celoplošného zpracování půdy, před nebo po provedení pásového kypření či kdykoliv při využití přímého setí (Brant et al. 2020)

3.3.4.2 Optimalizace produkční plochy půdního bloku

Podle Branta et al. (2020) je cílem tohoto postupu tvorba hlavní produkční plochy pozemku za současné optimalizace přejezdů zemědělské techniky. V první řadě vzešla z požadavků ekologicky hospodařících zemědělských podniků a je využitelná i u konvenčních zemědělských podniků při pěstování širokořádkových plodin které budou kultivovány během vegetace. Na pozemku jsou vytvořeny primární produkční plochy, jejichž šířka vychází z optimalizace záběrů mechanizace a okolní plochy mohou být produkčně či mimoprodukčně využity.

3.4 Agrotechnika kukuřice seté

Původ kukuřice je z tropických zemí, avšak pěstuje se různorodých klimatických podmínkách. Kukuřice patří do čeledi lipnicovité (*Poaceae*) Zrno kukuřice je významný komponent ve výživě prasat a drůbeže a také je významná pro lidskou výživu, zejména kukuřičné lupínky, extrudovaná punkancová kukuřice a cukrová kukuřice. Kukuřice určená na výrobu siláže je významná krmná plodina pro skot (Šnobl et al. 2007). Brant et al. (2020) uvádějí ještě význam kukuřičného zrna pro produkci bioetanolu a siláže kukuřice určenou pro využití v bioplynových stanicích.

Zrno kukuřice je tvořeno škrobem (60–70 %), dusíkatými látkami (10 %), vlákninou (2 %) a tuky (3–6 %). Kukuřice má z obilnin druhý nejvyšší obsah tuků v zrna (Šnobl et al. 2007).

Podle Branta et al. (2020) patří kukuřice mezi tři nejvýznamnější světové plodiny dohromady s rýží a pšenicí. Výměra kukuřice v České republice od roku 1990 kdy činila 382 000 ha postupně klesala a v posledních deseti letech se ustálila okolo 220 000 ha.

Kukuřice patří podle způsobu fixace CO₂ při fotosyntéze k rostlinám typu C4. Pro rostliny tohoto typu je typická vyšší rychlost a účinnost fotosyntézy. Stavba listů rostlin C4 dokáže pro tvorbu sušiny efektivněji využít vodu a živiny než stavba listů rostlin typu C3. Kukuřice patří mezi rostliny krátkého dne. S narůstající délkou dne urychluje vývoj a intenzivně roste. Mezní teplotou kukuřice pro růst je 6 °C (Kukuřice do kapsy, 2012).

3.4.1 Nároky kukuřice seté na prostředí

Kukuřice patří mezi teplomilné rostliny. Zrno začíná klíčit při teplotě půdy 7 – 8 °C. Pro nasezení palic jsou rozhodující teploty v měsících srpnu a začátku září. Pro vysokou produkci zrna je zapotřebí dostatek vody hlavně v období mezi metáním a mléčnou zralostí, tedy v době intenzivního růstu. Krátkým přísuškům je kukuřice schopná odolat díky bohatému kořenovému systému. Citlivá k suchu je kukuřice v období květu blizen, kdy mohou zasychat (Šnobl et al. 2007).

Nároky kukuřice na půdu nejsou tak velké jako na teploty. Pouze těžké a chladné půdy jsou nevhodné z důvodu nemožnosti časného výsevu. Na lehkých půdách je potřeba dbát na zvýšenou úroveň výživy porostu. Nevhodné jsou dále mrazové kotliny (Šnobl et al. 2007).

Kukuřice nemá žádné specifické nároky na předplodinu a je možné ji pěstovat i opakovaně za sebou na stejném půdním bloku. Obecně bývá řazena mezi dvě obilniny. Volba vhodné hybridní odrůdy patří mezi klíčové pěstitelské technologie. Hybridy kukuřice jsou vyšlechtěny pro rozdílné klimatické podmínky. Číslo FAO značí poměrnou délku vegetační doby hybridu.

Rozdíl 10 jednotek FAO znamená rozdíl ve zralosti 1 – 2 dny, či 1 – 2 % sušiny (Šnobl et al. 2007).

Podle Šnobla et al. (2007) je kukuřice velmi náročná na zpracování a přípravu půdy velmi náročná. Vyžaduje půdy hluboko prokypřené, z důvodu bohatého vývoje kořenového systému a tím zajištění dobrého příjmu vody a živin.

3.4.2 Kořenový systém kukuřice

Podle Hřčkové (2020) je dobře vyvinutý kořenový systém vitální orgán, který je nezbytný pro vysokou tvorbu biomasy rostlin, ukotvuje rostliny v půdě a zajišťuje rostlinám živiny a vodu. Kořenový systém kukuřice je složen ze čtyř odlišných typů kořenů. Při procesu klíčení se nejprve vytváří primární nebo též embryonální kořen, poté se vyvíjí obvykle 2 – 5 seminálních kořenů, ty vyrůstají z meristematických pletiv lokalizovaných mezi prvním listem a nasazením koleoptile. Embryonální kořen využívá v počátcích vegetace zásobní látky ze semene a seminální kořeny zásobují klíčící rostliny živinami a vodou z půdy po dobu prvních dvou až tří týdnů vývoje. Od fáze 3. listu kukuřice růst seminálních kořenů zastavuje, avšak jejich funkce zůstává (Brant et al. 2020).

Při přechodu rostlin do prodlužovací fáze, kdy se začíná tvořit stonek rostliny se začíná rozvíjet sekundární kořenová soustava. Tu tvoří korunní a vzdušné kořeny. Množství a objem korunních kořenů se zvyšuje spolu s obvodem stonku, dále se tyto kořeny větví a získávají vodu z půdy (Hřčková, 2020). Brant et al. (2020) uvádějí, že vzdušné, či podpůrné kořeny, jež se vytvářejí nad zemí mají klíčový vliv na redukci polehání rostlin, ačkoliv se nejedná o jednoznačně prokázaný efekt. Rovněž Hřčková (2020) uvádí, že vzdušné kořeny do určité míry brání polehnutí rostlin. Vzdušné kořeny mají také podle Hřčkové (2020) absorpční funkci, kterou začínají plnit po dosažení kontaktu s půdou. K ukončení růstu korunních a vzdušných kořenů dochází ve fázi kvetení samičích květů, případně až ve fázi mléčně voskové zralosti (Brant et al. 2020). Hloubka prokořenění u kukuřice dosahuje kolem 1,4 až 1,85 m (Brant et al. 2020), přičemž největší objem kořenů dle Hřčkové (2020) se nachází v hloubce kolem 0,25 m.

Hlavní vliv na vývoj kořenové systému kukuřice seté má zpracování půdy (Brant et al. 2020). Hřčková (2020) ještě upozorňuje na vliv zaplavení porostu kukuřice, kořenová soustava plevelných rostlin se vyvíjí rychleji než u kukuřice a tím dochází k redukci objemu kořenů kukuřice. Základním činitelem je tvorba setového lůžka, zde vzniká nebezpečí utužení dna a stěn výsevní drážky, jenž může vzniknout při setí do nezpracované půdy či při setí do příliš vlhké půdy. Následkem je redukce růstu primárních a seminálních kořenů (Brant et al. 2020). V důsledku omezeného vývoje a pronikání kořenů hlouběji do průdního profilu roste riziko vzniku vodního stresu, jelikož svrchní vrstva půdy vysychá. Naopak za vlhkých podmínek dochází k akumulaci vody ve výsevní drážce, čímž se snižuje obsah vzduchu v půdě a klesá teplota. Právě teplota má klíčovou roli pro dobrý vývoj kořenové soustavy, přičemž jako optimální hodnota teploty půdy se považuje 18 až 20 °C (Brant et al. 2020). Z výsledků Branta et al. (2020) vyplývá, že základní zpracování půdy má významný vliv na rozvoj kořenového systému kukuřice a uvádí hlubší prokořenění půdy po provedení hlubšího zpracování půdy.

Brant et al. (2020) ještě upozorňují na negativní vliv na kořenový systém aplikace kejdy či digestátu v jarním období v důsledku přejezdů aplikační techniky po pozemku. Další negativní dopad může mít následná příprava půdy před setím.

3.4.3 Zakládání porostu kukuřice seté

Správné založení porostu kukuřice je základním předpokladem pro dosažení vysoké produkce a kvality kukuřice bez ohledu na směr využití vypěstované produkce. Cílem je dosáhnout optimálního počtu rostlin na jednotku plochy (Kukuřice do kapsy, 2012).

Vhodné technologie zpracování půdy byly popsány výše. Důležitou roli hraje podle Branta et al. (2017) aby trajektorie budoucí seťové rýhy byla bez rostlinných zbytků z důvodu jejich zatlačení na dno seťového lůžka a z důvodu rychlejšího ohřevu půdy.

Termín výsevu je dán teplotou půdy v hloubce budoucího uložení zrna kukuřice. Pro rychlé vyklíčení je optimální teplota půdy 8 - 10 °C to v České republice odpovídá termínu od poloviny dubna do 10. května. Hloubka setí by měla být stanovena tak aby osivo bylo uloženo do vlhké půdy a zároveň aby byla zajištěna přirozená půdní kapilarita. Při časném setí činí hloubka setí 30 – 40 mm, obvyklá hloubka setí je 50 – 60 mm a v suchém prostředí činí hloubka setí 70 – 80 mm. Hustota porostu je obecně kolem 7 – 11 rostlinami na m² v závislosti na podmínkách. Obvyklá meziřádková vzdálenost je 0,75 m a v posledních letech se v České republice ověřují úzkořádkové technologie setí kukuřice od 375 mm (Kukuřice do kapsy, 2012).

3.4.4 Hnojení kukuřice seté

Z hlediska hnojení má kukuřice určité specifické požadavky, které je potřeba respektovat pro dosažení vysokého výnosu a kvality produkce. Kukuřice má pomalý počáteční růst a příjem živin při výšce porostu 0,40 – 0,50 m je malý. Kritické období příjmů živin je na začátku vegetace kdy kukuřice nemá vyvinutý kořenový systém, a tedy má omezenou příjmovou kapacitu zejména pak pro fosfor a podle N.U. Agrar Info 7 (2020) hnojení tzv. pod patu fosforem působí téměř vždy pozitivně na suchých, studených a vlhkých stanovištích. Celá potřeba fosforu by neměla být uložena do jednoho řádku, jelikož kořeny se koncentrují do blízkosti řádku a nemají potřebu se vyvíjet do stran a do hloubky dále na půdách špatně zásobených fosforem by nemělo být pod patu aplikováno více než 40 % celkové potřeby P, zbytek by měl být aplikován plošně rozmetadlem, aby korunkové kořeny mohli dobře přijímat fosfor (N.U. Agrar, Info 7, 2020). Po vytvoření bohatého kořenového systému získává kukuřice živiny z půdy poměrně snadno. Zvýšené nároky na živiny nastávají v období prodlužovacího růstu na počátku června a vrcholí koncem července. Za 25 – 30 dní po objevení laty přijme kukuřice 75 % celkového množství živin. Kukuřice využívá i dobře živiny, které se uvolní v půdě během vegetace z organických sloučenin vlivem mineralizace (Vaněk et al. 2016). Odběr živin kukuřicí na 1 tunu zrna je přibližně 26 kg N, 6,6 kg P, 33 kg K, 7,1 kg Ca a 6 kg Mg. Při pěstování na siláž činí odběr živin na 1 tunu zelené hmoty zhruba 4 kg N, 0,9 kg P, 3,7 kg K, 1,3 Kg Ca a 0,6 kg Mg. Z mikroprvků reaguje kukuřice pozitivně na foliární výživu zinkem (Vaněk et al. 2016) a na kyselých stanovištích je potřeba dbát na doplnění molybdenu (Kukuřice do kapsy, 2012).

Ceková dávka dusíku by se podle očekávaného výnosu a dávky organického hnojení měla pohybovat od 80 – 200 kg N na hektar. Větší část dusíku se aplikuje před setím, ale zvýšený příjem rostlinami nastává až v období intenzivního růstu, to je zhruba za 8 – 10 týdnů. Na lehčích půdách a v oblastech s vyššími srážkami je vhodné dávky dusíku dělit. Základní hnojení před setím dle podmínek může být až do množství 120 kg N na hektar. Vhodná jsou hnojiva DAM, močovina a síran amonný. Pro přihnojení během vegetace při výšce porostů 20 – 40 cm je vhodné hnojivo DAM, který se aplikuje aplikačními trubicemi pod listy na půdu nebo také kejda skotu či prasat v dávce kolem 25 t na hektar (Vaněk et al. 2016).

Při určování dávek fosforu, draslíku a hořčíku je třeba vycházet z půdních rozborů. Zvýšené nároky má kukuřice na fosfor a kritické období příjmu je v ranných fázích vývoje. Z toho důvodu je vhodné zajistit dostatek přístupného fosforu v okolí osiva již na začátku vegetace. To je vhodné zajistit aplikací fosforu aplikací tzv. pod patu kdy se při setí současně zapravuje hnojivo 50 mm pod úroveň osiva a 50 mm do strany. Vhodný pro tento účel je Amofos. Hnojení draslíkem je vhodné provádět již na podzim a kukuřice pozitivně reaguje na zvýšené hnojení draslíkem. Jako zdroj draslíku je vhodná draselná sůl (Vaněk et al. 2016).

3.4.5 Ochrana proti plevelům

Kukuřice konkuruje na začátku svého vývoje velmi slabě plevelům. Nároky plevelů na teplo jsou oproti kukuřici minimální a zejména chladný průběh počasí po zasetí a tím pomalé vscházení kukuřice dává plevelům prostor. Porosty kukuřice jsou zaplevelovány hlavně pozdě jarními jednoletými a vytrvalými plevele a také jsou významné i ozimé jednoleté plevele, které mohou konkurovat kukuřici po celý rok, jelokž klíčí od časného jara do podzimu (Kukuřice do kapsy, 2012).

Základem chemické ochrany proti plevelům je preemergentní postřik půdními herbicidy. Tyto herbicidy jsou ke kukuřici selektivní. Na výběr jsou herbicidy s účinnými látkami *bromoxynil*, *dicamba*, *terbuthylazin*, *pendimethalin*, *dimethenamid*, *pethoxamid* a *S-metolachlor*. Tyto účinné látky jsou proti širokému spektru dvouděložných plevelů (N.U. Agrar, Info 9, 2020). Plevelé přijímají účinnou látku kořeny z půdy při klíčení. Termín aplikace preemergentních herbicidů je 3 dny po zasetí, ale v současné době díky selektivitě herbicidů ke kukuřici se termín posouvá také do doby vscházení do 2 listů kukuřice. Nevýhodou půdních herbicidů je jejich závislost na vláhových podmínkách, kdy za suchých podmínek klesá jejich účinnost. V současné době se legislativa snaží v rámci ochrany životního prostředí o omezení použití půdních herbicidů (Kukuřice do kapsy, 2012).

Postemergentní aplikace herbicidů se provádí nejvýše do 5. listu kukuřice. Od 6. listu začíná u kukuřice diference vzrostného vrcholu a každá aplikace herbicidu v této době působí negativně na růst a vývoj kukuřice (Kukuřice do kapsy, 2012). Pro postemergentní postřik jsou vhodné přípravky s účinnými látkami *mesotrione*, *nicosulfuron*, *thifensulfuron*, *rimsulfuron* a *clopyralid*. Tyto účinné látky pokrývají spektrum dvouděložných plevelů a *rimsulfuron* také spektrum jednoděložných plevelů (N.U. Agrar, Info 9, 2020).

Pro regulaci plevelů se používají také nechemické metody založené na vláčení a plečkování. Termín provedení je od vscházení do výšky rostlin kukuřice kdy mechanizace ještě nepoškozuje porost kukuřice (Kukuřice do kapsy, 2012).

3.4.6 Ochrana proti chorobám

Porosty kukuřice jsou výrazně méně ovlivněny chorobami ve srovnání s ostatními polními plodinami. Houbové choroby napadají a ničí části rostlin a znehodnocují produkci vylučováním mykotoxinů. Ochrana spočívá v moření osiva, výběru hybridu, střídání plodin, zapravení slámy a fungicidní ochrana (Kukuřice do kapsy, 2012).

Sněť kukuřičná (*Ustilago maydis*) patří mezi nejrozšířenější choroby kukuřice, kterou může infikovat po celou dobu vegetace. Patogen přezimuje na povrchu půdy na rostlinných zbytcích kukuřice pomocí chlamydospor. Spóry mohou přežít v půdě až 10 let. Příznakem snětivosti jsou viditelné deformované útvary – hálky. Ochrana spočívá v zapravení rostlinných zbytků do půdy a střídání plodin, přímá ochrana pomocí fungicidů není možná (Tóth a Kmoch, 2016). Další chorobou je spála kukuřice (*Helminthosporium turcicum*), kdy na listech se objevují šedožluté skvrny, které se postupně zvětšují a redukují asimilační plochu. Listy kukuřice předčasně zasychají. Ochrana spočívá v nepřímých metodách střídání plodiny, zapravení rostlinných zbytků do půdy a výběr odolného hybridu a z přímých metod je možná aplikace fungicidu (Tóth a Kmoch, 2016). Přípravky registrované na helmintosporiázu kukuřice obsahují účinné látky *fluoropyram s prothioconazole* nebo kombinace *prothioconazole s tebuconazole* (Přípravky na ochranu rostlin, 2021).

Rizoktonie – kořenomorka (*Rhizoctonia solani*) význam této choroby v posledních letech narůstá. Rizoktonie je přítomna v podbě trvalého mycelia v půdě i na osivu. Negativně ovlivňuje vývoj a životnost kořenů. Protože působí skrytě na kořeny často se její výskyt přehlédne. Rizoktonie poškozuje kořeny po celou dobu vegetace kukuřice a tím omezuje příjem živin, poškozuje tvorbu palice a redukuje ozrnění (Kukuřice do kapsy, 2012)

Fuzariózy kukuřice (*Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium proliferatum*) se vyskytují ve všech oblastech pěstování obilovin a kukuřice. Příznakem napadení jsou červené nebo bělorůžové mycelium houby na napadených částech rostlin, hniloba na obilkách a bílé či světle růžové povlaky mycelia, které pokrývá klas. Mimo redukce výnosy biomasy produkují houby rodu *fusarium* mykotoxiny, jimiž kontaminovaná krmiva a potraviny mohou způsobovat akutní a chronická onemocnění lidí a zvířat. Ochrana proti tomuto patogenu spočívá v zapravení rostlinných zbytků do půdy, moření osiva a použití fungicidů (Tóth a Kmoch, 2016). Proti fuzariózám je možné využít přípravky obsahující účinné látky *prothioconazole s tebuconazole* či *fluoropyram s prothioconazole* případně je možné využít biologický přípravek obsahující bakterie rodu *Bacillus subtilis* (Přípravky na ochranu rostlin, 2021).

3.4.7 Ochrana proti škůdcům

Škůdci ovlivňují negativně výnos a kvalitu kukuřice po celou dobu její vegetace. Se změnami klimatu a oteplování narůstá jejich význam. Určitou měrou k jejich šíření přispívá i mělké zpracování půdy a také zvyšující se plochy a koncentrace kukuřice v osevním postupu. Ochrana proti škůdcům spočívá v moření osiva insekticidy, aplikací insekticidů během vegetace, střídání plodin a zapravení rostlinných zbytků do půdy (Kukuřice do kapsy, 2012). Drátovci (*Elateridae*) jsou rezavé podlouhlé larvy kovaříků přítomné v půdě do hloubky 30 cm. Působí škody žírem na klíčem zrnu a podzemních částech stébel. Rostliny jsou napadány

ohniskově. Projevem napadení je mezerovitý a nevyrovnaný porost. Ochrana spočívá v insekticidním moření osiva či aplikace insekticidu k osivu souběžně se setím (Kukuřice do kapsy, 2012).

Bzunka ječná (*Oscinella frit*) tato moucha klade vajíčka na listy vscházejících rostlin a larvy poté vyžirají srdčkové listy. Napadené listy jsou zakrnělé a mohou i odumírat. Bzunka má tři generace do roka a na kukuřici škodí nejvíce jedinci první generace (Kazda, 2011). Ochrana spočívá insekticidním moření osiva a aplikace insekticidů do fáze 3. listu (Kukuřice do kapsy, 2012). Na bzunku ječnou jsou registrovány účinné látky *cypermethrin* a *lambda-cyhalothrin* (Přípravky na ochranu rostlin, 2021).

Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubialis*) je běžně se vyskytujícím se škůdcem v porostech kukuřice. Způsobuje významné škody na kukuřici. Vlivem žíru housenek dochází k vyvracení, či lámání rostlin a poškození palic. Vyvrtné otvory jsou vstupní branou pro houbové choroby rodu *Fusarium*. Housenka zavíječe před sklizní sléza dolů k bázi rostliny a v rostlinných zbytcích kukuřice přezimuje až do dalšího jara. Pokud nedojde k nařezání a zapravení rostlinných zbytků do půdy, housenka se přemešní v dospělce v jarním období. Tento škůdce mívá jednu generaci do roka. Ochrana spočívá ve střídání plodin, drcení a zapravení rostlinných zbytků do půdy, aplikace insekticidů a biologická ochrana kdy jsou aplikováni parazitoidé rodu *Trichogramma* (Kolařík a Rotrekl, 2012). Při použití insekticidů se používají přípravky obsahující účinné látky *alfa-cypermethrin*, *chlorantraniliprole*, *deltamethrin* nebo *indoxacarb* případně *lambda-cyhalothrin* (Přípravky na ochranu rostlin, 2021).

Bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera*) působí škody na kořenech v ranných fázích vývoje kdy škodí larvy a dospělci poté škodí na liestech, bliznách a palicích kukuřice (Kolařík a Rotrekl, 2014). Viditelnými znaky napadení jsou zakřivení stébla a po vytažení rostliny z půdy je možné pozorovat chybějící kořenový systém. Takovýto kořenový systém není schopen kukuřici udržet ve vzpřímeném stavu a také zabezpečit její výživu. Dospělci se živí bliznami a pylem čímž brání ve vývoji zrna. Ochrana proti larvám spočívá ve střídání plodin, insekticidním mořením osiva a aplikaci insekticidů do půdy souběžně se setím. Ochrana proti dospělcům je prováděna na základě signalizace aplikací insekticidů (Kukuřice do kapsy, 2012) a využívají se účinné látky *deltamethrin*, *indoxacarb* a *lambda-cyhalothrin* (Přípravky na ochranu rostlin, 2021).

3.4.8 Sklizeň

Při sklizni na zrno je kukuřice fyziologicky připravená při sušíně zrna 60 – 62 %. Zrno by mělo být lesklé a tvrdé, báze by měla mít načernalou vrstvu což značí ukončení ukládání živin. Sklízecí mlátička musí být vybevena adaptérem pro odlamování palic, speciálním košem pro výmlat (pevnost a velké otvory). Otáčky bubnu musí být snižené na 13 – 17 m.s⁻¹. Optimální vlhkost pro výmlat je do 30 %. Při vyšší vlhkosti roste procento ztrát a poškození zrna. Mezní hodnotou vlhkosti je 40 % (Šnobl et al. 2007).

Při sklizni na siláž je optimální sušina sklizené hmoty v rozmezí 30 – 33 %. Sušina rostlin se stanovuje laboratorní analýzou. Rostliny se řežou sklízecí řezačkou na délku od 8 do 14 mm dle obsahu sušiny (Kukuřice do kapsy, 2012).

3.5 Agrotechnika kukuřice seté v hrůbcích

Agrotechnickými požadavky při pěstování kukuřice jsou hrůbky s hrubší strukturou a s rostlinnými zbytky na dně mezihrůbkové rýhy, které redukují erozi a podporují infiltraci, čímž je omezen povrchový odtok. Hrubá struktura povrchu půdy a přítomnost hrubých struktur částic půdy na povrchu omezuje riziko vzniku kapkové eroze, což je primární původce vzniku vodní eroze půdy. Seskupení hrubší struktury půdního povrchu a rostlinných zbytků omezuje možnost rozplavení částic půdy vlivem dešťových kapek. Významný je také fakt, že dešťové kapky dopadají na výrazně větší plochu povrchu půdy. Termín provedení tvorby hrůbek je během podzimu. (Brant et al. 2020). I velmi hrubá struktura hrůbek se do jara rozpadne vlivem povětrnostních podmínek na menší drobtovité agregáty (Horsch, 2011).

Základem hrůbkové technologie je kypřič pro tvorbu hrůbek. Radličkový kypřič má geometrii a rozmístění radliček, aby při zpracování vznikaly hrůbky se středy budoucího řádku kukuřice 0,75 m od sebe. Kypřič má čtyři řady radlic, z nichž první dvě zpracovávají půdu mezi řádky a zadní dvě řady tvoří hrůbky. Pracovní hloubka radliček je v rozmezí 0,20 až 0,35 m podle podmínek stanoviště. Výška hrůbek po provedení kypření je mezi 0,20 až 0,40 m, přičemž do jara dojde ke slehnutí hrůbek a jejich výška je 0,10 až 0,20 m (Horsch, 2011).

Pro snadné založení porostu kukuřice seté je nezbytné, aby tvorba hrůbek probíhala v přímém směru a aby i navazující trajektorie kypřiče měli stejnou rozteč mezi řádky. Pro bezproblémový výsev je vhodné používat stroje o shodném záběru pro tvorbu hrůbek a následné setí. Pracovní souprava traktoru a kypřiče by měla být řízena GPS a autopilotem s využitím přesného RTK (Real Time Kinematik) signálu. Pro korekční signál RTK slouží zařízení instalované na dvoře podniku. Trajektorie hrůbek vytvořených na podzim jsou uloženy a dále jsou využité pro výsev kukuřice na jaře. Samotný výsev probíhá na střed hrůbku (Horsch, 2011).

Z pohledu termínu setí kukuřice do hrůbek je podle Horsche (2011) možné začít s výsevem o sedm až deset dnů dříve než při konvenčním zpracování půdy. Dobře slehlé hrůbky jsou vhodným setovým lůžkem pro kukuřici a s ohřátím půdy na 8 °C je možné začít s výsevem.

Hnojení kukuřice se provádí částečně pod patu při setí, tedy 50 mm pod osivo a 60 mm vedle výsevní drážky. Optimální dávka dusíku při hnojení pod patu je mezi 25 – 35 kg na hektar a při výběru formy dusíku je potřeba aby obsah nitrátové formy byl nízký, protože jinak by došlo k nežádoucímu nadměrnému vývoji nadzemní části. Zbytek dusíku je možné aplikovat plošně před setím nebo od stádia čtvrtého listu do porostu. Fosfor a draslík hnojit dle zásobenosti půd. Na dobře zásobených lokalitách hnojení pod patu v dávce 20 – 30 kg P₂O₅ podpoří rotliny v ranných fázích vývoje, hlavně v nepříznivých podmínkách (Horsch, 2011).

Ochrana kukuřice proti plevelům je prováděna stejným způsobem jako u konvenčních postupů pěstování kukuřice. Horsch (2011) uvádí, že díky hrubé struktuře hrůbku jsou vytvořeny nepříznivé podmínky pro klíčení plevelů a uvádí příměr u orby kde trvá dlouhou dobu, než hrubá brázda zezelená rostoucími plevelnými rostlinami.

Sklizeň kukuřice seté v hrůbcích probíhá stejným způsobem, jak bylo popsáno v předchozí kapitole.

4 Metodika

4.1 Pokusná lokalita

Pokusné pozemky se nacházely v katastrálním území Boseň a Kněžmost v okrese Mladá Boleslav, nadmořská výška lokality je přibližně 262 m n. m. Na pozemku Kaplansko v katastrálním území Boseň a pozemku Pazderna v katastrálním území Kněžmost je půda hlinitopísčité s minimálním podílem skeletu, půdní typ hnědozem s hlubokým orničním profilem. Uvedené pozemky jsou devět let zpracovány bezorebně a osm let jsou pojezdy po pozemcích řízeny v systému Controlled Traffic Farming (CTF) v rastru 36 metrů a rozchodem podvozků mechanizace 3 metry. V praxi to znamená, že jsou využívány pracovní záběry strojů v násobcích 6 m a to tak, že hluboké kypření 6 m, mělké kypření a setí 12 m, sklizeň 12 m, hnojení a postřik plodin 36 m. Poježděná plocha je tak výrazně minimalizována oproti náhodným pojezdům a využití různých pracovních záběrů strojů. Pracovní hloubka strojů při zpracování půdy se střídá a kombinuje se mělké s hlubokým kypřením bez obracení půdy. Výsledky agrochemického zkoušení půdy (AZP) na pokusných pozemcích uvádí tabulka č. 1:

Tab. 1: Výsledky agrochemického zkoušení půdy (AZP) na pokusných pozemcích (rok hodnocení a kdo ho provedl).

Půdní blok	pH	P (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Ca (ppm)
Kaplansko	6,3	78	324	231	2370
Pazderna	7,4	174	251	138	5890

Srážkové úhrny jsou převzaty z meteorologické stanice v Dolním Bousově, ležící od pokusných pozemků vzdušnou čarou 8 km. Hodnoty naměřené v letech 2017 až 2020 jsou uvedeny v tabulce č. 2 a 3:

Tab. 2: Úhrny ročních srážek v jednotlivých měsících v letech 2017 – 2020 (mm). Zdroj dat

rok/měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	celkem
2017	42,5	28,4	52	84	38,4	100,3	113,8	72,9	55,1	99,5	38,5	54,7	780,1
2018	51,7	5,2	43,6	37	36,4	57,8	22,2	37,3	36,2	42,7	12	72,1	454,2
2019	58,9	28,8	44,7	27,5	72,7	24,7	29,2	51,4	52	46,7	65,4	28,9	530,9
2020	18,3	80,2	42,9	12,4	88,2	153,1	29	119,8	58,3	53,8	19,1	17,5	692,6

Tab. 3: Průměrné teploty v jednotlivých měsících v letech 2017 – 2020 (°C). zdroj dat

rok/měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	průměr
2017	-5,1	1,7	6,4	8,2	14,8	18,5	19	19,1	12,6	10	4,8	1,7	9,3
2018	2,6	-2,5	1,8	13,4	17,7	18,7	21	22	15,1	11,2	5,7	2,2	10,7
2019	-0,5	1,5	6,2	10,5	11,7	22	20	20,2	14	10	6,9	2,9	10,4
2020	1,1	4,4	4,5	9,6	11,8	17,6	18,5	19,7	15	10,4	4,9	3,2	10,1

4.2 Schéma pokusu, zpracování půdy a agrotechnika porostů

Velikost pokusných parcel činila 100 x 12 m. Šířka pokusných parcel odpovídala jednomu pracovnímu záběru secího stroje a sklízecí mlátičky. Pokusné parcely neměly opakování. V rámci pokusů byly hodnoceny tři technologie zpracování půdy, jak je uvedeno v tabulce 4. První variantou byla tvorba hrůbků na podzim a výsev kukuřice seté na jaře bez přípravy půdy na střed hrůbků. Pro tvorbu hrůbků byl použit prototyp kypřiče Horsch (Horsch, Německo), pracovní hloubka činila 0,2 m. Druhou variantou byla tvorba hrůbků na podzim s kypřením do hloubky 60 mm před setím kukuřice seté, pro kypření hrůbků byl použit krátký talířový kypřič Horsch Joker 12 RT (Horsch, Německo). Třetí variantou bylo přímé setí kukuřice bez předset'ové přípravy půdy, na pokusné parcele po sklizni předplodiny proběhlo pouze kypření do hloubky 0,25 m dlátovým kypřičem Horsch Tiger 6 AS (Horsch, Německo) a následně byla parcela ponechána bez jakéhokoliv zpracování půdy.

Na pokusných pozemcích, kde byly pokusy realizovány, byla předplodinou pšenice ozimá. Sláma byla sklízecí mlátičkou při sklizni, která proběhla 15.7. 2019 nařezána a ponechána na pozemku. Poté na parcele s tvorbou hrůbků proběhla podmítka do hloubky 80 mm krátkým talířovým kypřičem Horsch Joker 12 RT, dne 20.7. 2019. Na parcele s přímým setím proběhlo kypření do hloubky 0,25 m strojem Horsch Tiger 6 AS osazeným dlátý Mulch Mix. Na parcele s tvorbou hrůbků bylo po mělkém zpracování půdy dne 25.8. 2019 provedeno hluboké kypření do hloubky 0,4 m prototypem podrýváků Horsch. 1.9. 2019 bylo provedeno mělké kypření do hloubky 50 mm za účelem rozmělnění hrud a srovnání povrchu půdy po hloubkovém kypření strojem Horsch Joker 12 RT. Dne 26.9. 2019 byly vytvořeny hrůbky, pracovní hloubka činila 0,2 m. Při tvorbě hrůbků nebylo do středu budoucího řádku kukuřice ukládáno hnojivo. Současně při tvorbě hrůbků proběhlo ozelenění vícekomponentní směsí vymrzajících meziplodin jetele, svazenky a vikve.

Na jaře na všech pokusných parcelách dne 6.4. 2020 proběhla aplikace neselektivního herbicidu s účinnou látkou *glyphosate*. U varianty s kypřením hrůbků před setím byl použit před výsevem kukuřice seté talířový kypřič Horsch Joker 12 RT, pracovní hloubka činila 60 mm. Setí kukuřice proběhlo 20.4. 2020 soupravou složenou z traktoru Case IH Magnum 380 CVX RowTrack a přesného secího stroje Horsch Maestro 16.75 SW do hloubky 60 mm. Výsevek byl 80000 semen na hektar a současně při výsevu bylo pod patu ukládáno hnojivo. Na parcele s přímým setím proběhl výsev stejnou soupravou strojů a rovněž bylo uloženo hnojivo pod patu. Na parcelách s hrůbků byl vyset hybrid DKC 3969 a na parcele s přímým setím byl vyset hybrid KWS 2522. Pokusné varianty byly hnojeny, ošetřovány podle stavu porostů a vývoje škodlivých činitelů shodně.

Tab. 4: Technologie zakládání porostů jednotlivých variant.

Varianta	předplodina	zpracování půdy po sklizni	hloubkové kypření	Urovnání povrchu půdy	základní zpracování půdy	předseťové zpracování půdy	setí
hrůbky	pšenice oz.	Horsch Joker 12 RT 80 mm	Dlátový kypřič - prototyp 0,4 m	Horsch Joker 12 RT 50 mm	Tvorba hrůbků - prototyp 0,2 m	-	Horsch Maestro 16.75 SW
hrůbky kypření	pšenice oz.	Horsch Joker 12 RT 80 mm	Dlátový kypřič - prototyp 0,4 m	Horsch Joker 12 RT 50 mm	Tvorba hrůbků - prototyp 0,2 m	Horsch Joker 12 RT 60 mm	Horsch Maestro 16.75 SW
přímé setí	pšenice oz.	Horsch Tiger 6 AS 0,25 m	-	-	-	-	Horsch Maestro 16.75 SW

4.3 Hodnocené charakteristiky

4.3.1 Teplota a vodní potenciál půdy

Průběhy teploty půdy byl měřen senzory TT3 (EMS Brno) a hodnoty vodního potenciálu byly stanoveny pomocí senzorů SP3 (EMS Brno). Oba typy senzorů byly instalovány na jaře po zasetí kukuřice seté dne 23.4. 2020. Senzory byly umístěny v zónách pod seťovým lůžkem, a to v hloubkách 0,1, 0,2 a 0,3 m. Instalace senzorů je uvedena na Obrázcích 1 a 2. Měřené veličiny byly zaznamenávány v hodinových intervalech. Získané hodnoty ze senzorů byly zpracovány v programu Mini 32, [ver. 10.02.13](#) (EMS Brno, CZ) a následně graficky znázorněny v programu Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, USA).



Obr. 1 Instalované senzory



Obr. 2 Instalace senzorů do půdy

4.3.2 Pokryvnost rostlinnými zbytky

Pokryvnost rostlinnými zbytky mezi řádky kukuřice na jednotlivých variantách zpracování půdy byla stanovena 23.4. 2020 po výsevu kukuřice seté.

Pokryvnost byla stanovena použitím infračervené fotografie. Nejprve byl na povrch půdy u jednotlivých pokusných variant úhlopříčně umístěn rámeček o rozměrech 0,5 x 0,5 m. Poté proběhlo fotografování fotoaparátem Panasonic Lumix DMC-G5 (Osaka, Japonsko)

s infračerveným filtrem Hoya R72 (Saitama, Japonsko). U každé hodnocené variantě byly provedeny čtyři snímky povrchu půdy. Infračervené fotografie s rozlišením 8 Mpx byly převedeny na černou barvu pro pozadí a bílou barvu pro rostlinné zbytky v programu Photoshop (Adobe Photoshop CS5, Adobe Systems Software, Dublin, Irsko). Následně procentická pokryvnost povrchu půdy rostlinnými zbytky byla stanovena na základě přítomnosti kalibračních bodů velikosti na pozadí.

4.3.3 Vývoj kořenové soustavy kukuřice

Hodnocení vývoje kořenové soustavy bylo provedeno 18.6. 2020. Z každé pokusné varianty byly odebrány tři rostliny. Rostliny byly šetrně vyjmuty z půdy, kořenový systém byl omyt vodou a následně byly celé rostliny včetně kořenové soustavy nafoceny fotoaparátem Panasonic Lumix DMC-G5 (Osaka, Japonsko) s infračerveným filtrem Hoya R72 (Saitama, Japonsko). Infračervené fotografie s rozlišením 8 Mpx byly převedeny na černou barvu pro pozadí a bílou barvu pro rostliny kukuřice v programu Photoshop (Adobe Photoshop CS5, Adobe Systems Software, Dublin, Irsko). Přípravu rostlin pro fotografování na černém podkladu dokumentuje Obrázek 3. Vývoj kořenové soustavy kukuřice byl následně hodnocen opticky.



Obr. 3 Rostlina kukuřice na černém podkladu

4.3.4 Hmotnost nadzemní biomasy

Nejdříve byla stanovena polní vzházivost na každé variantě, která proběhla 16.5. 2020. Odběr vzorků pro hodnocení produkce nadzemní biomasy byl proveden 18.6. 2020. Odebíraly se nadzemní části rostlin kukuřice seté. Rostliny byly odříznuty zároveň s povrchem půdy. Dále byla stanovena hmotnost 100 % sušiny. Rostliny byly dosušeny v sušičce při nastavené teplotě 105 °C. Po vysušení se provedlo zvážení na digitální váze, čímž se stanovila hmotnost nadzemní biomasy.

Rostliny se odebíraly úhlopříčně přes jednotlivé řádky v délce 6 m a v počtu 12 kusů na každou variantu pokusu. Rostliny byly seříznuty těsně nad povrchem půdy. Počet rostlin na jednotku plochy byl stanoven počtem rostlin v řádku od délce 2 m. Počet rostlin byl stanovován na totožných místech s odběrem rostlin pro stanovení biomasy.

4.3.5 Výnos semen

4.3.5.1 Výnos semen stanovený výpočtem

Palice z rostlin pro stanovení výnosu semen byly odebrány z pokusných parcel v době zralosti dne 21.10. 2020. Palice byly odebrány z počtu 20 rostlin u každé pokusné varianty. Palice byly odebírány úhlopříčně přes řádky kukuřice na pokusných parcelách. Následně z palic byly ihned odstraněny listy z důvodu vysoké vlhkosti, v důsledky čehož by mohly být odebrané vzorky znehodnoceny vlivem hniloby. Palice byly poté dosušeny v sušičce při teplotě 80 °C po dobu 4 dnů. Následně byla stanovena hmotnost celé palice hmotnost semen, dále počet zrn na palici a hmotnost vřetene. Veškeré hmotnosti byly na 100 % sušiny. Následně byl podle počtu rostlin na metr čtvereční a přepočtení na jeden hektar a dále hmotnosti semen na rostlinu vypočítán výnos semen na hektar.

4.3.5.2 Výnos semen stanovený sklízecí mlátičkou

Porost kukuřice seté byl sklizen sklízecí mlátičkou Claas Lexion 8900 TerraTrac s 16-ti řádkovým kukuřičným adaptérem Geringhoff Rota Disc. Při sklizni měl být mapován výnos, avšak vlivem poruchy čidel pro snímání průtoku semen a nedostatku času pro odstranění závady z důvodu velmi vlhkých podmínek při sklizni vlivem nadměrných srážek v podzimním období nedošlo k mapování výnosu a následné tvorbě výbosové mapy.

4.4 Statistické vyhodnocení

Pro hodnocení bylo použito metody analýzy jednoduchého třídění (ANOVA, Tukey, hladina významnosti 95%). Data byla zpracována programem Statgraphics®Plus (Statgraphics Technologies, Inc. The Plains, Virginia)

5 Výsledky

5.1 Zpracování půdy a agrotechnika porostů

Základní zpracování půdy u hrůbkových variant proběhlo 26.9. 2019. U varinaty přímého setí bylo kypření provedeno po sklizni předpolodiny 15.7. 2019. Stav pozemků na jednotlivých pokusných variantách před setím dne 16.4. 2020 je uveden na Obrázcích 4 – 7. Příložené snímky dokumentují drobtovitou strukturu hrůbku a na variantě přímého setí lze pozorovat, že výdrol řepky odolal aplikaci účinné látky *glyphosate*.

Výška hrůbků činila před výsevem 0,12 m. Po provedení výsevu kukuřice byl secím strojem vytvořen pás holé půdy o šířce 0,12 m na vrcholu hrůbku a šířka hrůbku činila 0,35 m.



Obr. 4 Hrůbky s umrtveným mulčem meziplodin



Obr. 5 Struktura půdy v hrůbku



Obr. 6 Parcela s variantou přímého setí kukuřice



Obr. 7 Struktura půdy na parcele s přímým setím kukuřice

Agrotechnika byla na všech pokusných variantách identická a je uvedena v tabulce 5

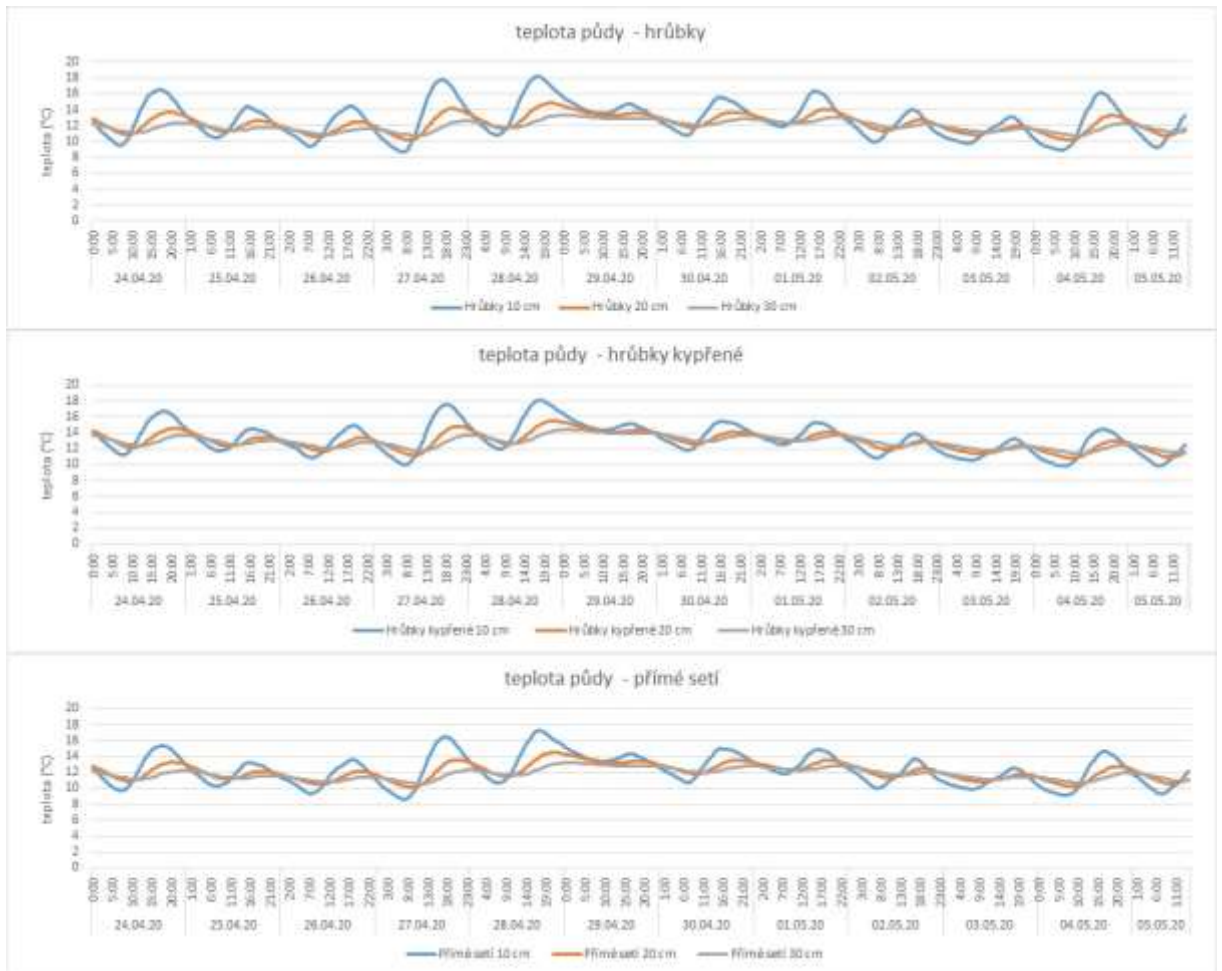
Tab. č. 5: Termíny agrotechnických zásahů na pokusných parcelách

datum aplikace	Produkt	účinná látka/prvek	účel aplikace	dávka na ha
6.4.	Glister Ultra	<i>glyphosate</i>	regulace plevelů	3 l
20.4.	DAP Síran amonný	N, P N, S	hnojení pod patu	150 kg 50 kg
22.4.	Gardoprim Plus Gold 500 SC	<i>Terbutylazine,</i> <i>S-metolachlor</i>	regulace plevelů	2,5 l
2.5.	Močovina	N	hnojení	360 kg
26.5.	Callisto 480 SC	<i>mesotrione</i>	regulace plevelů	0,25 l

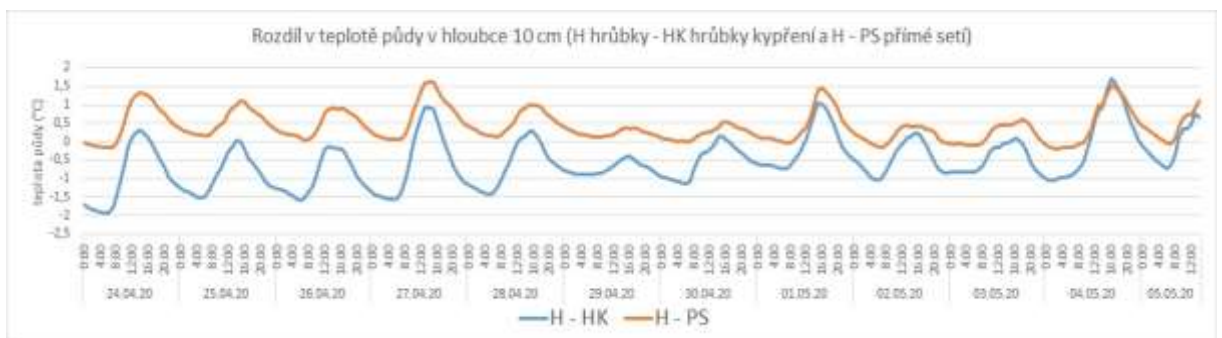
5.2 Teplota a vodní potenciál půdy

Průběh teplot na pokusných parcelách v jednotlivých vrstvách půdy uvádí Obrázek 8. U variant s hrůbky a přímým setím docházelo v nočních hodinách oproti nakypřeným hrůbkům k poklesu teploty půdy v hloubce půdy 0,1 m. V hloubce půdy 0,2 a 0,3 m byly v průběhu měření chodu teploty přes den zaznamenány teploty půdy vyšší u varianty s hrůbky oproti variantám kypřených hrůbků a přímého setí. Průběhy teplot se na pokusných parcelách pohybovaly po celou dobu měření nad hodnotou 8°C. Na Obrázku 9 jsou vyhodnoceny rozdíly teplot v hloubce půdy 0,1 m. Varianta s hrůbky je zde brána jako kontrolní, to znamená že od

dané teploty byla odečtena teplota z jiné varianty, hodnoceny tedy jsou rozdíly mezi hrůbký a kypřenými hrůbký, dále rozdíly mezi hrůbký a přímým setím. Záporné hodnoty zachycují, že teplota na hodnocené variantě oproti teplotě půdy na variantě s hrůbký byla vyšší a naopak. Nejvyšší hodnoty teploty půdy v hloubce 0,1 m byly u varianty kypřených hrůbků a nejnižší na variantě s přímým setím. Rozdíly činily asi 1,5 °C ve prospěch či neprospěch kontrolní varinaty.



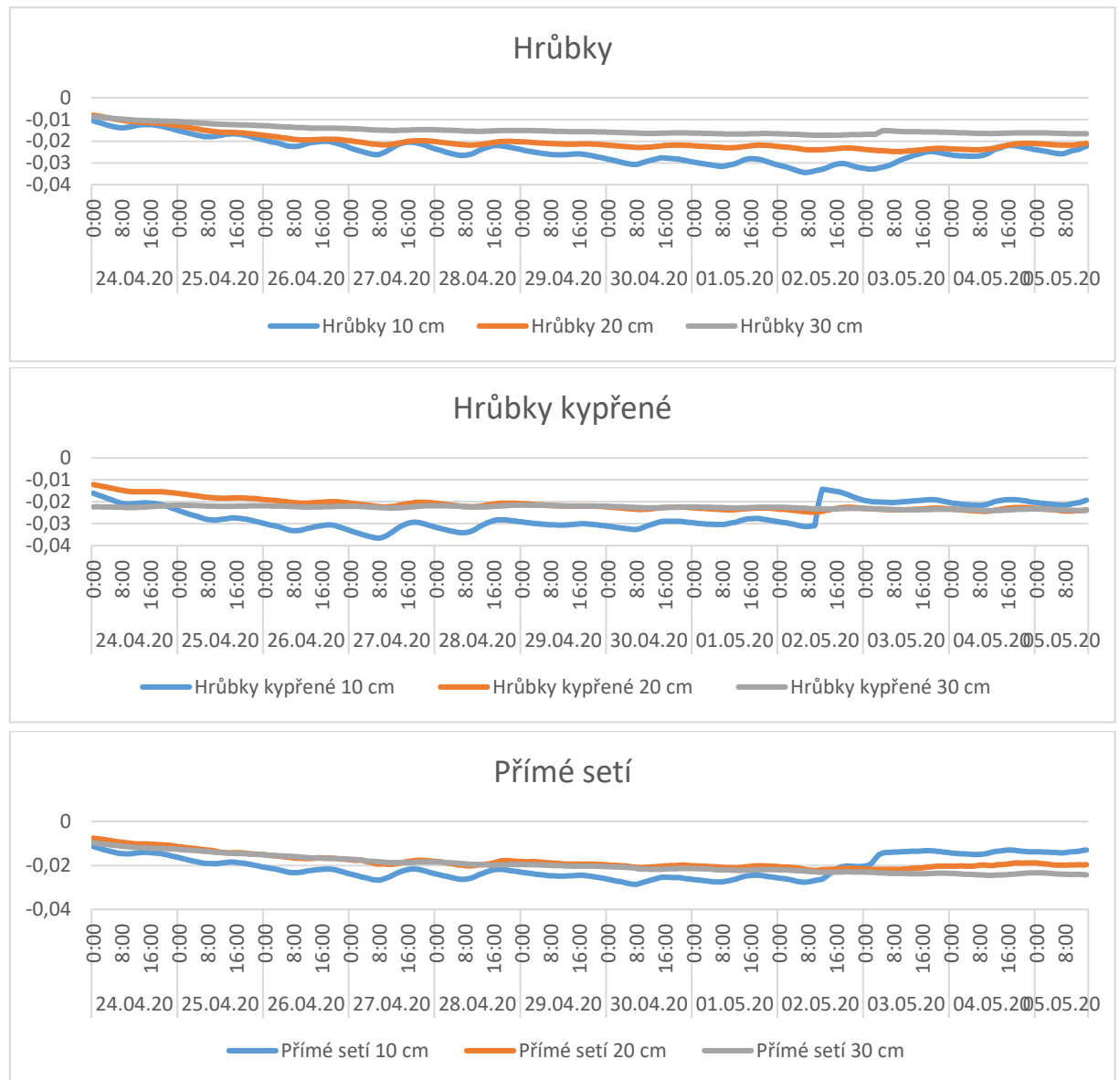
Obr. 8: Denní průběh teplot na jednotlivých variantách zpracování půdy.



Obr. 9: Rozdíl v teplotě půdy v hloubce 0,1 m mezi jednotlivými variantami.

Hodnoty vodního potenciálu půdy od výsevu do začátku května (Obrázek 10) klesly na obou variantách s hrůbký na hodnotu -0,35 MPa v hloubce 0,1 m, varianta přímého setí vykazovala vyšší hodnoty vodního potenciálu, a tedy vyšší dostupnost vody pro rostliny než

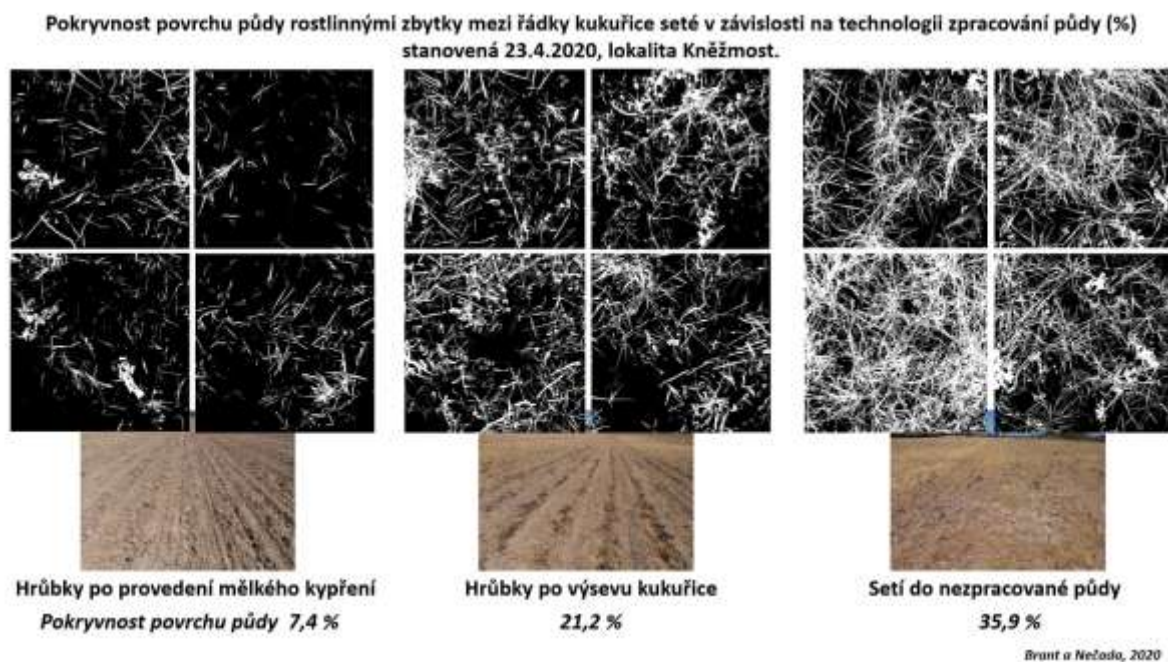
obě varianty hrůbků. Vlivem srážek v květnu se u všech pokusných variant hodnoty vodního potenciálu pohybovaly v rozmezí -0,1 až -0,15 MPa. Hrůbky v hloubce 0,1 m po srážkách vykazovaly nižší dostupnost vody pro rostliny než kypřené hrůbky a přímé setí, v hloubkách 0,2 a 0,3 m byly hodnoty vodního potenciálu půdy shodné u všech variant.



Obr. 10 Hodnoty naměřeného vodního potenciálu půdy

5.3 Pokryvnost rostlinnými zbytky

Hodnoty pokryvnosti půdy rostlinnými zbytky jsou uvedeny v Obrázku 11. Z hodnocení pokryvnosti půdy rostlinnými zbytky vychází, že nejvyšší hodnoty bylo dosaženo na variantě přímého setí. Nakypření hrůbků znamenalo významný pokles pokryvnosti povrchu půdy rostlinnými zbytky.



Obr. 11 Hodnoty pokryvnosti povrchu půdy

5.4 Vývoj kořenné soustavy kukuřice a hmotnost nadzemní biomasy

V první řadě byl stanoven počet rostlin hektar, který u varinaty hrůbky činil 66667 ks, varianta kypřených hrůbků vykazovala 66250 ks a přímé setí rovněž 66250 ks rostlin. Stanovené počty rostlin byly základem i pro další výpočty. Vývoj kukuřice na pokusných parcelách neprobíhal jednotně, na obou varintách byl zaznamenán obdobný vývoj, přičemž na parcele s přímým setím byl vývoj rostlin opožděnější. Vývoj rostlin zachycuje Obrázek 12. Na Obrázcích 13 – 15 je možné pozorovat u varinaty s hrůbků, že rozvoj kořenného systému kukuřice směřoval do boků hrůbků. U přímého setí byla kořenná soustava slabší.

Při hodnocení nadzemní biomasy rostlin činila průměrná suchá hmotnost rostliny na hrůbcích 6,66 g, kypřené hrůbky 5,76 g a přímé setí 4,56 g.



Obr. 12 Vývoj nadzemních a podzemních částí kukuřice



Obr. 13 Kořenová soustava – hrůbky



Obr. 14 Kořenová soustava – kypřené hrůbky



Obr. 15 Kořenová soustava – přímé setí

5.5 Výnos semen

Výnosy semen na jednotlivých variantách uvádí tabulka č. 6. Rozdíly ve výnosu mezi variantami hrůbky a kypřené hrůbky nebyly statisticky průkazné, nižší výnos oproti hrůbkům byl zaznamenán u přímého setí. Palice odebrané z parcel před sklizní mlátičkou dokumentují obrázky 16 – 18.

Tab. 6: Výnosy semen na jednotlivých variantách

Výnosové parametry zrnové kukuřice a výnos zrna v závislosti na technologii zpracování půdy a setí na lokalitě Kněžmost, sklizeň proběhla 21.10.2020. Odlišné indexy v rámci sloupců dokumentují statisticky průkazné rozdíly mezi průměry v rámci sloupce (hladina významnosti 95%, ANOVA, Tukey).

varianta	počet rostlin na ha (kusy)	suchá hmotnost celé palice (g)	suchá hmotnost zrna v palici (g)	suchá hmotnost vřetene (g)	počet zrn v řadě na palici	počet řad zrn na palici	počet zrn v palici (kusy)	výnos zrna (t/ha, 100% sušina)
hrůbky	66667 a	210,2 b	184,8 b	25,4 a	33,9 a	17,0 b	579 b	12,319 b
hrůbky kypření	66250 a	211,3 b	186,3 b	25,0 a	32,7 a	17,6 b	578 b	12,342 b
přímé setí (jiný hybrid)	66250 a	179,4 a	152,2 a	27,2 a	37,7 b	13,9 a	521 a	10,084 a

Brant a Nečada, 2020



Obr. 16 Odebrané palice z varianty přímé setí



Obr. 17 Palice odebrané z varianty hrůbky



Obr. 18 Palice odebrané za varianty kypřené hrůbky

6 Diskuze

6.1 Teplota a vodní potenciál

Měření teploty půdy na pokusných variantách vykázalo kladný vliv na ohřívání půdy ve středu řádku rostlin na parcele s hrůbky oproti parcelám s nakypřenými hrůbky a přímým setím. To je v souladu s tvrzením Horsche (2011), který uvádí rychlejší ohřev a zrání půdy v jarním období oproti jiným půdoochranným technologiím jako jsou celoplošné mělké zpracování půdy nebo setí do vymrzající mezplodiny. Dále u hrůbků docházelo v raných fázích vegetace k poklesu teploty půdy v hloubce 0,1 m během noci v porovnání s nakypřenými hrůbky a přímým setím. U přímého setí byly po celou dobu měření zjištěny nižší teploty půdy a také menší výkyvy teplot během dne a noci. Stejný poznatek uvádějí ve své práci Baker et al. (1996). Odhrnutí rostlinných zbytků z povrchu půdy vystavuje půdy vyššímu slunečnímu záření což vede k většímu ohřevu půdy přes den a ochlazení v noci, přímé setí se vyznačuje menšími výkyvy teplot. K významnějšímu ohřevu půdy docházelo až od druhé poloviny května na všech variantách pokusů.

Hodnoty vodního potenciálu u jednotlivých variant pokusů vykázaly dostatek vody pro dobrý vývoj rostlin kukuřice. Na druhou stranu je rychlejší ohřev vrcholů hrůbků doprovázen s rychlejším vysycháním svrchní vrstvy půdy v porovnání s přímým setím do nezpracované půdy. Na variantě přímého setí vykazovaly naměřené hodnoty minimální výkyvy oproti hrůbkovým variantám a od začátku května vykazovaly vyšší hodnoty než hrůbkové varianty v hloubce 0,1 m. V hloubkách 0,2 a 0,3 byly naměřené hodnoty vodního potenciálu shodné u všech variant pokusů. Vyšší dostupnost vody na variantě přímého setí je spojena s chladnější půdou vlivem minimálního pohybu s půdou, které je spojeno se ztrátou vody. Obdobné zjištění uvádějí i Baker et al. (1996), kteří popisují, že minimální narušení povrchu půdy vede k tomu, že v hloubce kolem uloženého osiva je vyšší dostupnost vody oproti intenzivnímu zpracování půdy.

6.2 Pokryvnost půdy rostlinnými zbytky

Provedená hodnocení pokryvnosti půdy rostlinnými zbytky vykázaly nejvyšší hodnotu na variantě přímého setí, tato hodnota splňuje požadavky Ministerstva zemědělství, kdy je v rámci splnění podmínek Cross Compliance zabezpečit, aby povrch půdy byl při pěstování plodin s nízkou ochrannou funkcí proti erozi pokryt v době setí hlavní plodiny minimálně 20 % rostlinných zbytků. Tuto podmínku ještě splňovala technologie s hrůbky. Avšak provedení kypření hrůbků před setím kukuřice vedlo k výraznému poklesu pokryvnosti povrchu půdy rostlinnými zbytky pod vyžadovanou hranici k zajištění protierozní ochrany půdy. Zjištěné výsledky pokryvnosti se rozcházejí se zjištěními autorů DeJong-Hudges a Daigh (2017), kteří uvádí obvyklou pokryvnost rostlinnými zbytky u hrůbkových technologií mezi 40 – 50 %, zpracování půdy před setím u bezorebných technologií 20 – 30 %. Rozdílná zjištění v množství pokryvnosti rostlinných zbytků mohou být zapříčiněna, tím, DeJong-Hudges a Daigh (2017) uvádí svá zjištění z USA z oblasti kukuřičného pásu, kde v osevních postupech převládá

kukuřice na zrno, jejíž velké množství biomasy zůstává na pozemcích a dlouhou dobu se rozkládá, a tedy zajišťuje dlouhou dobu ochranou funkci před erozí půdy. Naproti tomu na pokusných parcelách byla předplodina pšenice a rovněž byl proveden výsev meziplojin, avšak se jedná o snadno rozložitelnou hmotu a činností půdních organismů rychle degraduje a následně je problém splnit i u bezorebných systémů ministerstvem požadovanou minimální pokryvnost půdy.

6.3 Vývoj kořenové soustavy kukuřice

Na variantách hrúbky a kypřené hrúbky byl zjištěný rozvoj kořenové soustavy kukuřice dobrý, u varianty přímého setí byla zjištěna slabší kořenová soustava. Je potřeba zmínit, že rostliny na parcele s přímým setím byly opožděnější ve vývoji, a tedy i kořenová soustava byla méně rozvinutější. Na pomalejší vývoj kořenové soustavy mohl mít i vliv, že kořeny hůře pronikají do nezpracované spodní vrstvy. Podle Hůly et al. (2002) může být při přímém setí ztíženo pronikání kořenů do hlubších vrstev půdy. U hrůbků byly zjištěno, že kořeny kukuřice se vyvíjely ke stranám hrúbky, což lze přisuzovat tomu, že při hlubokém kypření může docházet ke ztuhnutí stěn kypřené rýhy. Na základě zjištění lze konstatovat, že intenzivnější zpracování půdy mělo pozitivní vliv na vývoj kořenové soustavy kukuřice seté a poznatky jsou v souladu s tvrzením Horsche (2011), jenž uvádí pozitivní vliv hrůbků na rychlejší vývoj kukuřice jednak tím, že půda se rychleji prohřívá a také díky tomu, že půda obsahuje více vzduchu než u jiných půdoochranných technologií zpracování půdy.

6.4 Hmotnost nadzemní biomasy a výnos semen

Zjištěná hmotnost rostlin při hodnocení produkce nadzemní biomasy byla nejvyšší u varianty s hrúbky a nejnižší hmotnost rostlin byla zjištěna na parcele s přímým setím. Rozdíl v hmotnosti rostlin u těchto variant činil 32 %. I zde byl patrný pozitivní vliv hrůbkových technologií na rychlejší vývoj rostlin a uvolňování živin z půdy což je v souladu s poznaky Hůly (1999) jenž uvádí pozitivní vliv zpracování půdy na mineralizaci živin v půdě.

Přepočtený výnos podle hodnocených palic nebyl statisticky průkazný u variant hrúbky a kypřené hrúbky, při porovnání nejvyššího výnosu, který byl na parcele kypřené hrúbky s parcelou s přímým setím byl rozdíl ve výnose 18 % v neprospěch přímého setí. Jelikož se jednalo o jednorocní pokus a průběh sezony 2020 byl srážkově bohatý nepodařilo se ověřit pozitivní vliv na dostupnost vody pro rostliny u technologií přímého setí a tím pozitivní vliv na výnos oproti intenzivnějšímu zpracování půdy. Zjištěné hodnoty prokázaly pozitivní vliv zpracování půdy na výnosotvorné prvky kukuřice a jsou v souladu s poznaky Horsche (2011), který uvádí že hlubší zpracování půdy bez jejího obracení přináší v řadě ročníků vyšší výnosovou jistotu. Bohužel se nepodařilo vytvořit vlivem závady a času výnosovou mapu. Celkový průměrný skutečný výnos sklizený sklízecí mlátičkou byl na půdním bloku Kaplansko, na němž proběhla tvorba hrůbků o výměře 77,54 ha 10,72 t/ha a výnos na půdním bloku Pazderna o výměře 7,95 ha na kterém bylo uplatněno přímé setí činil 9,75 t/ha. Rozdíl ve výnose činil 9 %. Půdní blok Kaplansko byl rozdělen na menší bloky s výměrou do 30 ha pásy o šířce 6 m na kterých byla vyseta květučící směs rostlin pro podporu opylovačů.

7 Závěr

- Rozdíly teplot v půdě byly vyšší u obou hrůbkových variant v porovnání s přímým setím
- Hodnoty vodního potenciálu vykazovaly dobrou dostupnost vody rostlinám u všech variant pokusů
- Byl prokázán pozitivní vliv přímého setí na pokryvnost povrchu půdy rostlinnými zbytky.
- Byl zjištěn pozitivní vliv intenzivnějšího zpracování půdy na produkci nadzemní biomasy.
- Největší dynamika vývoje nadzemní biomasy byla zaznamenána u obou hrůbkových postupů oproti přímému setí
- Byl pozorován znatelně větší objem kořenů u hrůbkových variant
- Byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly ve výnosech semen kukuřice s ohledem na zpracování půdy.
- Nejvyšší výnos semen byl zaznamenán u kypřených hrůbků.

8 Seznam literatury

Adee, E. A. 2019. Tillage Study for Corn and Soybeans: Comparing Vertical, Deep, and No-Tillage, Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports: Vol. 5: Iss. 6.

AHDB, Arable soil management – Cultivation and crop establishment. 2020. 4-23.

Baker, C. J., Saxton, K., E., 2007. No-tillage seeding in conservation agriculture. 2nd ed. Cambridge, MA: Published jointly by Food and Agriculture Organization of the United Nations and Cabi Pub. ISBN: 92-5-105389-8.

Beranová, L., Javor, T., Staněk, L. 2019. Hluboké kypření a hnojení půdy pro kukuřici. Ekotech magazín **35**: 16-18.

Birkás, M., Jug, D., Kisić, I. 2014. Book of Soil Tillage. Published by Szent Istvan University Press on behalf of Márta Birkás, 2100 Gödöllő Páter Károly u. 1. ISBN: 978-963-269-447-4.

Bowman, G., 1997. Steel in the field: a farmer's guide to weed-management tools. Beltsville, Md.: Sustainable Agriculture Network. ISBN: 188862602X.

Brant, V., 2021. Základy zpracování půdy (1). Agromanuál **16**: 122-124.

Brant, V., 2021. Základy zpracování půdy (2). Agromanuál **16**: 110-111.

Brant, V. Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté. Praha: Agrární komora České republiky, 2020. ISBN: 978-80-88351-13-9.

Brant, V. 2019. Pomocné plodiny v pěstebních systémech polních plodin. Praha: Agrární komora České republiky. ISBN: 978-80-88351-03-0.

Brant, V., Nýč M., Kroulík, M., Zábranský, P., Škeříková, M. 2017. Technologické postupy optimalizace tvorby seťového lože s využitím systémů zonálního hnojení: certifikovaná metodika. Kurent České Budějovice. ISBN: 978-80-87111-67-3.

Brenndörfer, M., 1994. Bodenbearbeitung und Bestellung – Stand und neue Erkenntnisse. In: Wettberbsfähige und umweltverträgliche Landwirtschaft, KTBL – Arbeitspapier. **210**: 37-44.

Brunotte, J., Hollmann, P., Sommer, C., Roth, Ch., 1996. Nutzen-Kosten Vergleich zum Erosionsschutz mit Mulchsaatverfahren. Landtechnik, **51**: 12-13.

Brown, G. 2018. Dirt to Soil. Chelsea Green Publishing, White River Junction, Vermont. ISBN: 978-1-60358-763-1

DLG Ausschuss für Öko-Landbau, DLG-Ausschuss für Technik in der Pflanzenproduktion, Köller, K.H., Vinzent, B., Demmel, M., 2019. Mechanische Unkrautregulierung – Technik für die Praxis. DLG e. V. Fachzentrum Landwirtschaft. Frankfurt am Main.

Horsch, M. 2011. Ridge till system. Terra Horsch. 2011. **02**: 6-10.

Hůla, J. 2010. Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí: uplatněná certifikovaná metodika. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. ISBN: 978-80-86884-53-0.

Hůla, J., Procházková, B. 2002 Vliv minimalizačních a půdoochranných technologií na plodiny, půdní prostředí a ekonomiku. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. ISBN: 80-7271-106-7.

Hůla, J. 2000. Půdoochranné technologie zakládání porostů plodin: (technika v půdoochranných technologiích). Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. ISBN: 80-7271-060-5.

Hůla, J., Maer, V., 1999. Technologické systémy a stroje pro zpracování půdy. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. Praha. Mechanizace (modrá ř.). ISBN: 80-7105-187-x.

Isbister, B., Blackwell, P., Riethmüller, G., Davies, S., Whitlock, A., Neale, T. 2013. Controlled Traffic Farming Technical Manual. Department of Agriculture and Food, Western Australia. ISBN: 978-0-9923323-03.

Klopfenstein, A., 2021. Row Spacing. 2020 eFields Report. **4**: 95.

Köller, K., Linke, Ch., 2006. Úspěch bez pluhu. Zemědělský týdeník. Praha. ISBN: 80-87002-00-8.

Kovaříček, P., Hůla, J., Nýč, M., Abrham, Z., Pražan, R., Čedík, J., Gerntdová, I., Stehlík, M., Vlášková, M. 2017. Užití kypřičů v technologiích zpracování půdy bez orby: metodická příručka. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. ISBN: 978-80-7569-001-2.

Kovaříček, P., Abrham, Z., Hůla, J., Plíva, P., Vlášková, M., Renčiuková, V., Stehlík, M., 2016. Technologie a ekonomika pěstování plodin v podmínkách s různým stupněm ohrožení vodní erozí. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha. ISBN: 978-80-86884-98-1.

Kovaříček, P., 2014. Systém hospodaření s cílem omezit nežádoucí zhutnění půdy a zvýšit propustnost půdy pro vodu: uplatněná certifikovaná metodika. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. ISBN: 978-8086884-78-3.

Kovaříček, P., 2012. Technologie a ekonomika zvyšování protierozní odolnosti půdy zapravením organické hmoty: uplatněná certifikovaná metodika. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha. ISBN: 978-80-86884-69-1.

Křen, J., Neudert, L., Procházková, B., Smutný, V., Hůla, J., 2015. Obecná produkce rostlinná. Mendelova univerzita v Brně. Brno. ISBN: 978-80-7509-327-1.

KWS. 2012. Kukuřice do kapsy

Lessiter, F., 2018. From Maverick to Mainstream – A History of No-Till Farming. Lessiter Media. Brook Field, WI 53008-0624. ISBN: 978-0-944079-21-8.

Madgoff, F., Van Es, H., 2009. Building soils for better crops – Sustainable soil management. Sustainable Agriculture Research and Education (SARE) program. Brentwood, MD 20722. ISBN: 978-1-888626-13-1.

Morgan, R. P. C., 2005. Soil erosion and conservation. Third edition. Malden: Blackwell Publishing. ISBN 978-1405117814.

No-Till Farmer, 2018. No-Till Planting Green: Getting Started. Lessiter Media. Brook Field, WI 53008-0624.

Novotný, I., et al. 2017. Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. Ministerstvo zemědělství a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. ISBN: 978-80-7434-362-9

Schönberger, H. 2020. Bodenbearbeitung für Winterraps. Info - N.U. Agrar GmbH. 2020 (14). 158.

Schönberger, H. 2020. Alternativen zu Herbiziden in Mais. N.U. Agrar GmbH. 2020 (9). 105-106.

Schönberger, H. 2020. Düngung zu Mais. N.U. Agrar GmbH. 2020 (7). 83.

Schönberger, H. 2020. Mechanische Unkrautregulierung. N.U. Agrar GmbH. 2020 (4). 37.

Petr, J., et al. 1988. Rukověť agronoma. Státní zemědělské nakladatelství – Praha. ISBN: 80-209-0062-4.

Procházková, B., 2011. Minimalizační technologie zpracování půdy a možnosti jejich využití při ochraně půdy a krajiny: uplatněná certifikovaná metodika. Mendelova univerzita, Brno. ISBN: 978-80-7375-524-9.

Sharratt, B.S., McWilliams, D.A. 2005. Microclimatic and rooting characteristics of narrow-row versus conventional-row corn. Agronomy Journal, vol. 97 (4). 1129-1135.

Soil Management Guide, 2008. Manitoba Agriculture, Food and Rural Initiatives.

Sommer, C., 1997. Bodenbearbeitung. In: Keller, E.R. et al.: Grundlagen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Stuttgart, Verl. Eugen Ulmer: 242-276.

Škoda, V., Cholenský, J., 2002. Konvenční a perspektivní způsoby zpracování a kultivace půdy. 2. upr. vyd. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha. ISBN: 80-7271-125-3.

Šnobl, J., Pulkrábek, J. 2005. Základy rostlinné produkce. Vyd. 2., přeprac. Česká zemědělská univerzita, Praha. ISBN: 978-80-213-1340-8.

Thomas, F., Archambeaud, M., Les couverts végétaux-Gestion pratique de l'interculture. Editions France Agricole, 1ère édition, 2013. ISBN: 978-2-85557-262-8.

Upadhyaya, M. K., Blackshaw, R. E. 2007. Non Chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology (Cabi Publishing (First ed.)). CABI. ISBN: 9781845932909

Vach, M., Javůrek, M. 2009 Ekologická optimalizace hlavních pěstitelských opatření pro polní plodiny. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. ISBN: 978-80-7427-007-9.

Vaněk, V., Balík, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press, Praha. ISBN: 978-80-86726-79-3.

Zimmer, G., Zimmer-Durand, L., 2017. The Biological Farmer: A Complete Guide to the Sustainable and Profitable Biological System of Farming. ACRES U.S.A., 2017, Austin Texas. ISBN: 9781601731340.

9 Internetové zdroje

Butler, G., 2019. Aqua-Till liquid coultter - GRDC. *Home - GRDC* [online]. Copyright © [cit. 01.04.2021]. Dostupné z: <https://grdc.com.au/resources-and-publications/grdc-update-papers/tab-content/grdc-update-papers/2019/03/aqua-till-liquid-coultter>

DeJong-Hudges, J., Daigh, A. 2017. (PDF) Upper Midwest Tillage Guide - Part 2: Tillage implements, purpose and ideal use. ResearchGate | Find and share research [online]. Copyright © 2008 [cit. 05.04.2021]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/320297346_Upper_Midwest_Tillage_Guide_-_Part_2_Tillage_implements_purpose_and_ideal_use

DeJong-Hudges, J., Vetsch, J., 2007. On-Farm Comparison of Conservation Tillage Systems for Corn Following Soybeans. University Digital Conservancy Home [online]. Copyright © 2014 Regents of the University of Minnesota. [cit. 02.03.2021]. Dostupné z: <https://conservancy.umn.edu/handle/11299/48314>

Dekalbasgrowdeltapine.com. 2015. Corn Row Spacing Guide: Pros and Cons of Different Spacings. *302 Found* [online]. Copyright ©2020 Bayer Group, All Rights Reserved. [cit. 27.03.2021]. Dostupné z: <https://www.dekalbasgrowdeltapine.com/en-us/agronomy/pros-and-cons-of-different-corn-row-spacing.html>

Duiker, S.W., Myers, J.C., Blazure, L.C., 2016. Soil Health in field and forage crop production | NRCS Pennsylvania . [online]. Dostupné z: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/pa/soils/health/?cid=nrcseprd940817>

Hervé, L., Cheval, J., Sarthou, J.P., 2016. Reduced-tillage – Dictionary of agroecology. Dictionnaire d'agroécologie – Ressource multimédia, pédagogique dédiée à l'agroécologie [online]. Dostupné z: <https://dicoagroecologie.fr/en/encyclopedia/reduced-tillage/>

Hrčková, K., 2020. Koreňová sústava kukurice - Naše Pole. *Naše pole®*: odborný mesačník pre pestovateľov poľných plodín [online]. Copyright ©Naše pole 2019. Všetky práva vyhradené. [cit. 15.3.2021]. Dostupné z: <https://nasepole.sk/korenova-sustava-kukurice/>

Jasa, P. 2007. Tips for No-tilling Corn on Corn: Planting Considerations | CropWatch | University of Nebraska–Lincoln. CropWatch | University of Nebraska–Lincoln [online]. Dostupné z: <https://cropwatch.unl.edu/tips-no-tilling-corn-corn-planting-considerations>

Javor, T., Staněk, L., Beranová, L. 2018. Inovace meziřádkové kultivace porostů silážní kukuřice - Články - Agromanuál.cz. Profesionální informace pro agronomy - Agromanual.cz [online]. Copyright © 2020 [cit. 18.02.2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/inovace-meziradkove-kultivace-porostu-silazni-kukurice>

Larson, Z., 2018. Planting Green Impacts on Corn Emergence www.extension.psu.edu. Dostupné z: <https://extension.psu.edu/planting-green-impacts-on-corn-emergence>

Littlefield, A.D., 2012. The Dust Bowl: How Far Have We Come? | No-Till Farmer. No-Till Farmer | The No-Till Authority Since 1972 [online]. Copyright ©2021. All Rights Reserved [cit. 06.03.2021]. Dostupné z: <https://www.no-tillfarmer.com/articles/1970-the-dust-bowl-how-far-have-we-come>

Luna, J., Staben, M., 2003 Using Strip Tillage in Vegetable Production Systems. Dostupné z: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em8824.pdf>

Kazda, J., 2011. Bzunka ječná a zelenuška žlutopásá - Články - Agromanuál.cz. Profesionální informace pro agronomy - Agromanual.cz [online]. Copyright © 2020 [cit. 24.03.2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/bzunka-jecna-a-zelenuska-zlutopasa>

Kolařík, P., Rotrekl, J., 2014. Bázlivec kukuřičný - hmyzí škůdce kukuřice - Články - Agromanuál.cz. Profesionální informace pro agronomy - Agromanual.cz [online]. Copyright © 2020 [cit. 24.03.2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/bazlivec-kukuricny-hmyzi-skudce-kukurice>

Kolařík, P., Rotrekl, J., 2012. Škůdce kukuřičných polí - zavíječ kukuřičný - Články - Agromanuál.cz. Profesionální informace pro agronomy - Agromanual.cz [online]. Copyright © 2020 [cit. 24.03.2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/skudce-kukuricnych-poli-zavijec-kukuricny>

Novák, P., Mašek, J., 2020. Technologie zpracování půdy s ohledem na erozní ohrožení - Články - Agromanuál.cz. Profesionální informace pro agronomy - Agromanual.cz [online]. Copyright © 2020 [cit. 26.03.2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/technologie-zpracovani-pudy-s-ohledem-na-erozni-ohrozeni>

Tóth, P., Kmoch, M., 2016. Významné choroby kukuřice - Články - Agromanuál.cz. Profesionální informace pro agronomy - Agromanual.cz [online]. Copyright © [cit. 18.03.2021]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/vyznamne-choroby-kukurice>

Umanitoba.ca. 2015. Weed Management Options: In-crop Tillage. *University of Manitoba* [online]. Dostupné z: https://www.umanitoba.ca/outreach/naturalagriculture/weed/files/nonchemical/till_incrop_e.htm