

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a biometeorologie



**Vliv zpracování půdy a mulče meziplodiny
na výnos kukuřice**

Bakalářská práce

Autor práce: Milan Procházka

Vedoucí práce: Ing. Josef Holec, Ph.D.

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Josefu Holcovi, Ph.D., vedoucímu bakalářské práce, za jeho odborné vedení a rady, které mi poskytl při řešení mé bakalářské práce.

Vliv zpracování půdy a mulče meziplodiny na výnos kukuřice

Souhrn

Kukuřice je plodina, u níž je pozemek před osetím dlouho nevyužit, její porosty jsou zakládány později na jaře a vzhledem k široké rozteči řádků se pozdě zapojují. Právě tyto faktory ji činí silně náchylnou k projevům půdní eroze. Jednou z metod, jak této degradaci půdy předcházet a co nejvíce ji eliminovat, je využití půdoochranných technologií zpracování půdy. A právě setí kukuřice do mulče meziplodiny výrazně omezuje riziko půdní eroze. Cílem práce je vyhodnotit výnosy kukuřice na zrno v systému s variantami zpracování půdy: s použitím orby, mělkého kypření a setí do mulče umrtných meziplodin – hořčice bílé, svazenky vratičolisté, jetelu nachového a ozimého ječmene.

Na pokusné lokalitě v katastru obce Odřepsy (okres Nymburk) byly založeny parcely s geneticky modifikovanou kukuřicí typu NK603 s použitím výše zmíněných variant. Celkem bylo oseto 54 parcel, pro každou variantu připadlo 9 opakování. Pozemek byl rozdělen do tří bloků s rozdílnou herbicidní ochranou.

V pokusu se výrazně projevil vliv herbicidní ochrany, která zapříčinila rozdíl ve výnosu mezi jednotlivými bloky herbicidní ochrany. Nejlepších výsledků ve všech třech variantách herbicidní ochrany zaznamenala varianta pokusu založená na orbě. Výnosy ve variantách, kde byl porost kukuřice založen v mulči meziplodiny, dosáhly obdobných výnosů jako varianty s mělkým kypřením půdy. Výnosy variant mělkého kypření a mulče meziplodin byly sice nižší, ale výnosově se variantám s orbou přiblížily. Žádná z meziplodin nevykázala průkazný vliv na výnos zrna, jelikož jednotlivé varianty s mulčem meziplodin dosahovaly kolísavých výsledků jak v rámci jednotlivých herbicidních bloků, tak při porovnání jednotlivých bloků mezi sebou. Tudíž nelze jednoznačně říct, který mulč meziplodiny má nejlepší vliv na výnos zrnové kukuřice.

Ačkoliv byly varianty s mulčem oproti orbě méně výnosné, prokázaly i tak svůj potenciál. Pěstování kukuřice je tedy možné i v méně vhodných lokalitách a bez výrazného výnosového propadu a ekonomické ztráty za předpokladu, že je při pěstování kukuřice využit mulč meziplodin, který omezuje vznik půdní eroze.

Klíčová slova: kukuřice, orba, půdoochranné technologie, mulč, meziplodiny

Influence of soil tillage and cover crop mulch on maize yield

Summary

Corn is a crop which is in the land before sowing long unfulfilled, the stands are set up in late spring and is late hooked in row due to wide pitch of lines. These factors make it prone to signs of soil erosion. One method of preventing soil degradation and to eliminate it as much as possible, is the use of soil conservation tillage technology. Only just sowing maize into intercrop significantly reduces the risk of soil erosion. The aim of the thesis is to evaluate the yields of corn for grain in the system with a variety of tillage: using plowing, shallow loosening and mulch deadweight intercrops - mustard, phacelia, purple clover and barley.

On the experimental locality in the municipality Odřepsy (District Nymburk) were established plots of genetically modified maize NK603 type using the above options. A total of 54 plots have been sown for each variant - for 9 reps. The land was divided into three blocks with different herbicide protection.

The experiment showed significantly affect of herbicide protection, which caused the difference in yield between the blocks of herbicide protection. The variant of the experiment based on plowing recorded the best results in all three herbicide protection versions. Revenues where the corn crop was founded in mulch crops reached similar variations in yields as variants with shallow soil loosening. Revenues of shallow loosening variant and mulch crops were far less, but closer to plowing variants. None of the intercrops showed significant effect on grain yield, since different variants with mulch material intercropping reached fluctuating results both within herbicidal blocks, and each block when compared with each other. Thus, it can not be clearly stated that the mulch crops has the best effect on the yield of grain maize.

Although compared to plowing were the variants with mulch material less profitable, they demonstrated even so its potential. Cultivation of corn can therefore be possible in even less suitable locations, and without a significant yield decline and economic losses, provided that it is used intercrops mulch, which reduces the formation of soil erosion.

Keywords: corn, plowing, soil protection technologies, mulch, intercrops

Obsah:

1. Úvod.....	- 8 -
2. Cíl práce.....	- 9 -
3. Přehled literatury.....	- 10 -
3.1 Kukuřice.....	- 10 -
3.1.1 Historie a původ	- 10 -
3.1.2 Biologické zařazení a členění	- 10 -
3.1.3 Botanická charakteristika	- 11 -
3.1.3.1 Kořen	- 11 -
3.1.3.2 Stéblo	- 11 -
3.1.3.3 List	- 12 -
3.1.3.4 Květenství	- 12 -
3.1.3.5 Zrno.....	- 12 -
3.1.3.6 Klíčení zrna.....	- 13 -
3.1.3.7 Rostlina typu C4	- 13 -
3.1.4 Vegetační nároky.....	- 14 -
3.1.4.1 Teplo	- 14 -
3.1.4.2 Voda.....	- 14 -
3.1.4.3 Světlo	- 15 -
3.1.4.4 Půda	- 15 -
3.1.5 Agrotechnika	- 15 -
3.1.5.1 Zařazení v osevním postupu	- 15 -
3.1.5.2 Osivo.....	- 16 -
3.1.5.3 Zpracování půdy	- 17 -
3.1.5.3.1 Klasické zpracování půdy	- 17 -
3.1.5.3.2 Minimalizační a půdoochranné zpracování půdy	- 18 -
3.1.5.4 Založení porostu	- 18 -
3.1.5.5 Kultivace během vegetace	- 19 -
3.1.5.6 Sklizeň	- 20 -
3.1.5.6.1 Sklizeň kukuřice na zrno.....	- 20 -
3.1.6 Geneticky modifikovaná kukuřice	- 20 -
3.1.7 Plochy a výnosy.....	- 21 -

3.1.8 Hnojení a výživa.....	- 22 -
3.1.9 Ochrana proti chorobám, škůdcům a plevelům.....	- 23 -
3.1.9.1 Choroby	- 23 -
3.1.9.2 Škůdci	- 24 -
3.1.9.3 Plevelé.....	- 24 -
3.2 Meziplodiny	- 25 -
3.2.1 Produkční a mimoprodukční funkce	- 25 -
3.2.2 Zefektivnění využití slunečního záření	- 26 -
3.2.3 Půdoochranný význam	- 26 -
3.2.4 Zúrodňovací efekt.....	- 27 -
3.2.5 Vliv na plevelé.....	- 28 -
3.2.6 Vliv na choroby a škůdce	- 29 -
3.2.7 Faktory ovlivňující založení porostu	- 29 -
3.2.8 Negativa meziplodin.....	- 30 -
3.2.9 Vybrané meziplodiny	- 30 -
3.2.9.1 Hořčice bílá.....	- 30 -
3.2.9.2 Svazenka vratičolistá	- 31 -
3.2.9.3 Jetel nachový.....	- 32 -
3.2.9.4 Ječmen ozimý	- 32 -
3.3 Půda a její zpracování	- 33 -
3.3.1 Zpracování půdy	- 34 -
3.3.1.1 Konvenční zpracování půdy	- 34 -
3.3.1.2 Půdoochranné zpracování půdy	- 35 -
3.3.1.2.1 Technologie založení porostu kukuřice do mulče meziplodiny	- 35 -
4. Materiál a metody	- 37 -
5. Výsledky	- 40 -
6. Diskuse.....	- 42 -
7. Závěr	- 45 -
8. Přehled literatury.....	- 46 -
9. Seznam příloh	- 50 -
10. Přílohy.....	- 51 -

1. Úvod

Kukuřice patří mezi tři nejvýznamnější obilniny světa, tomu také odpovídají plochy, které jsou každoročně kukuřicí osety. I v České republice patří kukuřice k významným pěstovaným plodinám. Zrnovou kukuřicí bylo v posledních pěti letech oseto více jak 100 000 ha zemědělské půdy a i význam silážní kukuřice stále stoupá, její plochy se každoročně zvyšují a vypěstovaná biomota nalézá čím dál tím více uplatnění v energetickém průmyslu.

Kukuřice je ale plodina, u níž je pozemek před osetím dlouho nevyužit, její porosty jsou zakládány později na jaře a vzhledem k široké rozteči řádků se pozdě zapojují. A právě tyto faktory ji činí silně náchylnou k projevům půdní eroze.

Jednou z metod, jak této degradaci půdy předcházet a co nejvíce ji eliminovat, je využití půdoochranných technologií zpracování půdy.

Setí kukuřice do mulče meziplodiny výrazně omezuje riziko půdní eroze, jelikož porost meziplodiny chrání půdu již od podzimu a rostlinné zbytky i v jarním období.

Se stoupajícím zájmem o rostlinné produkty z kukuřice souvisí i stále se zvyšující osevní plocha. Avšak ne všechny lokality jsou vhodné pro pěstování kukuřice, tudíž je v zájmu zemědělců i ochrany půdy nalézt metody, které umožní kukuřici úspěšně pěstovat i na těchto méně příznivých (např. svažitéch) pozemcích.

Tato práce se zaměřuje na srovnání výnosů zrnové kukuřice v různých variantách pěstování – klasického konvenčního způsobu založeného na orbě, mělkého zpracování půdy a technologie založení porostu kukuřice do mulče meziplodiny, která omezuje vznik půdní eroze. Právě dobré výnosy potvrzují využitelnost této poslední jmenované půdoochranné metody i v komerčním pěstování kukuřice.

2. Cíl práce

Cílem práce je vyhodnotit výnosy kukuřice na zrno v systému s variantami zpracování půdy: s použitím orby, mělkého kypření a setí do mulče umrtvených meziplodin – hořčice bílé, svazenky vratičolisté, jetelu nachového a ozimého ječmene.

3. Přehled literatury

3.1 Kukuřice

3.1.1 Historie a původ

Archeologické nálezy zbytků kukuřičných zrn a včetně objevené v hrobkách a jeskyních původních obyvatel amerických kontinentů dokazují, že tuto rostlinu znali lidé už před tisíci lety (Špaldon a kol. 1986). Počátky domestikace kukuřice spadají do období před 7 - 10 tisíci lety (Goodman a Galinat 1988).

Jako nejpravděpodobnější lokalitou, kde se kukuřice vyvinula do formy nám známé, se nabízí tropické a subtropické oblasti náhorních planin Střední a Jižní Ameriky. Odtud se pak kukuřice šířila dále na jih a sever kontinentu (Strnadová 2012).

Kukuřice byla a je předmětem mnoha studií. Autoři se však rozcházejí v názorech o jejím původu. Existují dvě hlavní hypotézy o jejím vývoji. První, starší a přetrvávající, hypotéza tvrdí, že primitivní kukuřici člověk vybral buď přímo z jejího nejbližšího žijícího příbuzného teosinty (*Zea mexicana*), nebo z předka obou těchto rostlin. Druhý, také častý, názor se zakládá na faktu, že kukuřice vznikla z dávno zaniklé formy divoké kukuřice a že teosinta je výsledek křížení divoké kukuřice s *tripsacum* (*Tripsacum* spp.), které souvisí se vznikem kukuřice (Galinat 1971).

Svět se o kukuřici poprvé dozvěděl zásluhou Kolumbových výprav do Nového světa. S první (1492) nebo druhou (1494) výpravou se kukuřice dostala do Evropy, přesněji do Španělska. Na krátký čas se kukuřice stala okrasnou rostlinou, než Evropané objevili její pravý význam a začali ji pěstovat. Její přirozená adaptabilita a výnosový potenciál pomohl kukuřici k rychlému rozšíření. Díky rychlému rozšíření a mnohým krajovým názvům se v minulosti objevil i nesprávný názor, že kukuřice je plodinou Starého kontinentu.

Do našich zemí se kukuřice dostala pravděpodobně v 17. století s kočovnými Rómy z Rumunska a Turecka. V té době se ale příliš neuchytila. Svého postavení v zemědělství dosáhla teprve v 60. letech 20. století a od té doby její význam stále narůstá (Strnadová 2012).

3.1.2 Biologické zařazení a členění

Taxonomicky spadá kukuřice setá (*Zea mays* L.) do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a rodu kukuřice (*Zea*). V rámci druhu je pak kukuřice rozdělena do několika poddruhů, avšak hospodářský význam mají jen některé poddruhy. Pěstuje se např. kukuřice obecná, koňský zub, pukancová a cukrová (Zimolka a kol. 2008).

Hospodářsky řadíme kukuřici do obilnin, přesněji do obilnin II. skupiny (Šuk a kol. 1998). Kukuřice je obilnina, která svými nároky na agrotechniku a hnojení připomíná okopaninu (Zimolka a kol. 2008).

3.1.3 Botanická charakteristika

3.1.3.1 Kořen

Kukuřice, stejně jako ostatní lipnicovité, má svazčitý kořenový systém. Podle půdních podmínek pronikají kořeny do hloubky 1,5 až 3 m. Většina kořenů je ale rozvrstvena v orníční vrstvě zhruba do hloubky 20 cm a do 1 m okolo rostliny (Hruška 1962). Šuk a kol. (1998) uvádí, že se kořeny mohou rozkládat v okruhu až 2,5 m, ale při pozdním výsevu nedosahují dále než 0,30 – 0,45 m od rostliny. Způsob zakořeňování je ovlivněn nejen odrůdovou záležitostí, ale také vodními a tepelnými poměry v půdě. Nejmohutnější kořenový systém tvoří obvykle hybridy na rozdíl od samosprašných linií. Při správném termínu výsevu a normálních růstových podmínkách rostou nejprve kořeny horizontálně a až v určité vzdálenosti od rostliny se začínají nořit hlouběji do půdy. Rychlost vývoje kořenů v počátečním období růstu je enormní, rostliny vysoké několik centimetrů disponují až 30 cm dlouhými kořeny. Kukuřice může vytvářet na 3 - 4 nejnižších kolénkách nadzemní vzdušné kořeny, které se mohou změnit v opěrné a chránit rostlinu proti polehnutí a polámání silným větrem (Hruška 1962).

3.1.3.2 Stéblo

Kukuřice se vyznačuje vzpřímeným lysým plným stéblem složeným z internodií a pravých plných nodů (kolének). Počet internodií je dán geneticky a liší se u jednotlivých odrůd (hybridů). Výška rostliny je závislá na mnoha vegetačních činitelích: na teplotě, množství srážek před metáním, hustotě porostu, délce dne aj. V našich podmínkách stéblo dorůstá nejčastěji do výšky 110 – 250 cm a je tlusté 20 – 70 mm, v dolní části je silnější než nahoře. Bujnějšího vzrůstu dosahují zpravidla pozdnější hybridy. Internodium, ke kterému přisedá palice, je žlábkovitě rozšířené v důsledku působení tlaku, který na něho vytváří palice během svého růstu. Navíc se takový článek pro zachování rovnováhy rostliny odklání od svislé osy stébla na opačnou stranu než palice. Plná kolénka dodávají stéblu na pevnosti a jsou hustěji zastoupeny ve spodní části rostliny. Z těchto kolének mohou vyrůstat odnože. Jejich počet je závislý na odrůdě, ale obecně platí, že při pěstování kukuřice na zrno ochuzují rostlinu o živiny a mohou snižovat výnos zrna (Hruška 1962).

3.1.3.3 List

Kukuřice má listy dlouze kopinaté s vodorovnou žilnatinou. Listy vyrůstají po jednom na každém kolénku, a to střídavě na protilehlých stranách stébla. Spodní část listu přechází v mohutnou listovou pochvu, která obepíná stéblo a chrání kolénko (Ryšavá a kol. 1996). Diferenciace listů z vegetačního vrcholu končí při vzniku samčího květenství. Počet listů na rostlině kolísá v závislosti na pěstovaném poddruhu, odrůdě a projevuje se i vliv vegetačních podmínek (Hruška 1962). Během vegetace listy postupně odspodu odumírají. Na rostlině rozeznáváme dva typy postavení listových čepelí k povrchu půdy: planofilní (horizontálně postavené) a erektofilní (vertikálně postavené). Postavení listu je důležité především z pohledu využití světelné energie, která do porostu kukuřice dopadá. Moderní odrůdy kukuřice se obvykle vyznačují převahou erektofilně postavených listů. Listy se podílejí na výnosu silážní sušiny z 10 – 20 % (Šuk a kol. 1998).

3.1.3.4 Květenství

Kukuřice je jednodomá rostlina s různopohlavním květenstvím. Základním stavebním prvkem prašníkového květenství (samčího) neboli laty jsou klásky prašníkové, kdežto květenství pestíkové (samičí) čili palice klásky pestíkové (Hruška 1962). Lata začíná kvést od středu a obvykle uvolňuje pyl 4 – 5 dní, při méně příznivých podmínkách může lata kvést až 8 dní. Životnost pylu je poměrně krátká – pouze několik hodin. Samičí květenství obvykle kvete s 1 – 5 denním odstupem od kvetení lavy. Schopnost opylení je u blizny poměrně dlouhá – v ideálních podmínkách až 25 dní. Doba kvetení lavy a palice se vždy navzájem překrývá, tak i v polních podmínkách může dojít k samoopylení. Doba opylení je závislá na teplotě a vlhkosti, při nízké vzdušné vlhkosti a teplejším klimatu odumírají pylová zrna rychleji a opylení nemusí být dokonalé (Šuk a kol. 1998).

3.1.3.5 Zrno

Plodem kukuřice je obilka, která je hladká a nahá (absence pluch). Zbarvení zrn je velmi variabilní, mohou být bílá, žlutá, hnědočervená, fialová, černá, či dokonce u některých hybridů skvrnitá. Zrna v palici mohou být uložena v pravidelných (rovných), spirálovitých, nebo nepravidelných řadách. Embryo je uloženo na boční straně ve spodní části zrna (Ryšavá a kol. 1996). Převážnou část zrna tvoří endosperm (80 – 84 %), ve kterém jsou zastoupeny převážně bílkoviny a oleje.

Zrno kukuřice je významným zdrojem energie. Pro krmné a potravinářské účely disponuje vysokou nutriční hodnotou a stravitelností. Nutriční hodnota je závislá na složení zrna a je ovlivňována půdně klimatickými podmínkami během růstu, agrotechnickými zásahy i posklizňovými úpravami. Zralé zrno obsahuje velké množství škrobu (60 – 70 %), jehož zastoupení se zralostí stoupá, tuku (3 – 6 %), bílkovin (cca 11,5 %), cukru (1,5 - 5 % - se zralostí obsah klesá) a zanedbatelné množství vlákniny – nanejvýš 2 %.

Obsah dusíkatých látek se pohybuje průměrně kolem 10 % a zastoupení popelovin je oproti jiným obilninám nízké, 1,19 – 1,45 % (např. oves má více jak dvojnásobek). Většina minerálních látek je soustředěna do klíčku.

Jako jediná obilnina obsahuje kukuřice vitamín A (především provitamíny A – karoteny). Žluto a červenosemenné formy ho obsahují vysoké množství, bělosemenné formy ho téměř neobsahují. Ve větším zastoupení jsou dále přítomny především vitamíny B₁, B₂, B₆ a E. Nejvyšší obsah vitamínů obsazuje zrno v plné zralosti (Zimolka a kol. 2008).

3.1.3.6 Klíčení zrna

Klíčení obilky (zrna) je jako u ostatních rostlin komplexem biochemických, fyziologických a morfologických pochodů. Zrno potřebuje pro započítí klíčení součinnost vhodných teplotních a vlhkostních podmínek půdy a vzduchu. Obvykle uváděná minimální teplota, při které kukuřičné zrno může klíčit, je 6 °C. Existují již hybridy, které teplotní hranici posunuly na hodnotu 5,4 °C. Růst kořínku při klíčení je značně ovlivněn dostatkem vody. V polních podmínkách se doba klíčení běžně pohybuje v rozmezí 7 - 10 dnů (Hruška 1962).

3.1.3.7 Rostlina typu C4

Způsob, jakým kukuřice fixuje CO₂ při fotosyntéze, ji řadí do rostlin typu C4 (v Hatch-Slackově cyklu tvoří primárně čtyřuhlíkatou sloučeninu – oxalacetát). Typ C4, obvyklý pro tropické rostliny, se vyznačuje vyšší rychlostí fotosyntézy a rovněž vysokou účinností tohoto procesu. Tyto schopnosti jsou podmíněny specifickou stavbou listů, které umožňují vyšší efektivitu ve využití vody a živin při tvorbě sušiny. Oproti rostlinám typu C3 je efektivita až trojnásobná (Zimolka a kol. 2008). Ač má kukuřice poměrně krátkou vegetační dobu, řadí se z polních plodin na přední místa v produkci kyslíku. Kukuřice z jednoho hektaru vyprodukuje zhruba 7,8 t kyslíku, naproti tomu např. ozimé obilniny cca 6,2 t (Šuk 1998).

3.1.4 Vegetační nároky

Jak již bylo zmíněno, kukuřice pochází ze subtropických končin Latinské Ameriky a z toho vyplývají i její nároky na teplo – kukuřice je rostlinou krátkého dne. Tento požadavek byl sice prací šlechtitelů do značné míry zmírněn, avšak vliv dlouhých dnů v našich podmínkách má za následek, že se kukuřice v prvotních stádiích růstu vyvíjí stále pomalu (Záborský a kol. 1973). Jelikož je kukuřice rostlinou, která za krátký časový úsek vytvoří značné množství biomasy s vysokým obsahem energie, potřebuje pro úspěšný růst součinnost vegetačních faktorů, a to tepla, vody, světla a vzduchu (Šuk a kol. 1998). Opomíjet se nesmí ani vliv půdy a živin v ní obsažených. Částečné nesplnění některých růstových nároků lze do určité míry kompenzovat vhodně zvolenou agrotechnikou pěstování (Ryšavá a kol. 1996).

3.1.4.1 Teplo

Kukuřice je rostlina teplomilná a k průběhu celého vegetačního cyklu potřebuje součet tepelné sumy od 1700 do 3120 °C (tepelnou sumou rozumíme součet všech průměrných denních teplot za vegetační období, tedy za duben až září). Pro kukuřici je důležitá výše teplot, ale i jejich průběh během vegetace. Kukuřice má nejen vysoké požadavky na teplotu půdy a vzduchu, ale je citlivá i na kolísání teplot (Šuk a kol. 1998). Rostlina je citlivá na jarní mrazíky. Pokles teploty na -1 až -3 °C částečně poškozuje mladý porost, avšak rostliny dokáží postupně zregenerovat. Kromě krátkodobých mrazíků může nepříznivě ovlivnit vzcházení a růst mladých rostlin i dlouhodobější pokles teplot k 0 °C (Záborský a kol. 1973). Při nízkých teplotách bývají pletiva vodnatá a tím klesá odolnost kukuřice proti chorobám a škůdcům. Teplotu půdy a vzduchu může pěstitel ovlivnit minimálně, některé agrotechnické kroky mohou pěstování napomoci, ale i tak zůstává hlavním řešením vhodný výběr hybridu dle FAO (Šuk a kol. 1998). Škodlivé bývají pro kukuřici i podzimní mrazíky, které mají vliv na výnos a snižují ho. Odolnost rostliny stoupá se stupněm zralosti (Záborský a kol. 1973).

3.1.4.2 Voda

U některých pěstitelů stále převládá názor, že kukuřice je rostlinou suchomilnou, ba dokonce suchovzdornou, avšak kukuřici je nutno považovat za plodinu značně náročnou na vláhu. Některé hybridní odrůdy vykazují nižší nároky na vodu, ale nutno zmínit, že pro dostatečný nárůst biomasy i ony potřebují dostatek vláhy (Záborský a kol. 1973). Kukuřice si umí vodu z půdy dobře osvojit, v závislosti na hloubce zakořenění čerpají kořeny vodu ze 150 - 300 cm.

Kukuřice umí s vodou dobře hospodařit a část potřeby dokáže pokrýt i ze vzdušné vlhkosti (Šuk a kol. 1998).

Transpirační koeficient se u kukuřice pohybuje v rozmezí od 230 do 380. Toto číslo nám udává, kolik gramů vody potřebuje kukuřice na tvorbu jednoho gramu sušiny. Z polních plodin dosahuje kukuřice jedné z nejnižších hodnot, např. pšenice má transpirační koeficient 400, ječmen 520 (Hnilička a Hniličková 2012).

3.1.4.3 Světlo

Kukuřice potřebuje nejen určitou intenzitu osvětlení, ale má také nároky na délku osvětlení v daných vývojových fázích. Kratší den urychluje kvetení, avšak negativně tím působí na počet listů a výšku rostliny. Kukuřice je schopná využívat světlo velmi dobře, proto je důležité pravidelné rozmístění rostlin na pozemku a hustota porostu, aby dopadající záření mohlo být maximálně využito (Šuk a kol. 1998).

3.1.4.4 Půda

Nejvhodnější hodnoty pH jsou pro kukuřici v rozmezí 6,0 – 6,5, avšak v porovnání s jinými plodinami (např. slunečnicí) není citlivost k nedodržení vhodného pH tak vysoká. Podobně je na tom kukuřice i s fyzikálním stavem půdy a dokáže se vyrovnat i s horší strukturou půdy (Ryšavá a kol. 1996).

3.1.5 Agrotechnika

3.1.5.1 Zařazení v osevním postupu

Kukuřice není plodinou, která by byla náročná na zařazení v osevním postupu a vyžadovala speciální předplodinu. Přesto se jako nejvhodnější předplodiny jeví luskoviny, víceleté pícniny a okopaniny hnojené statkovými hnojivy. Avšak v praxi k zařazení kukuřice za tyto tzv. luxusní předplodiny dochází zřídka. Nejčastěji je kukuřice řazena mezi dvě obilniny a slouží jako přerušovač obilných sledů. V takovém případě je nejvhodnější předplodinou ozimá pšenice (Vrzal a kol. 1995). Jako méně vhodná obilná předplodina se jeví sladovnický ječmen, který je značně omezen dusíkatým hnojením (Ryšavá a kol. 1996). Obecně platí, že kukuřici vyhovují předplodiny, které v půdě zanechávají dostatek organické hmoty (Hruška 1962).

Z výsledků Borrelliho a kol. (2014) lze soudit, že kukuřice v osevním postupu poskytuje stabilnější výnosy a její výnos postupně stoupá s délkou osevní rotace oproti monokultuře.

Kukuřici lze však úspěšně pěstovat i několik let po sobě. Tento systém hospodaření ale klade zvýšené nároky na agrotechniku pěstování. Je potřeba hnojit vysokými dávkami hnojiv, kvalitně zapravit posklizňové zbytky a používat herbicidy a insekticidy v ochraně porostů. Hlavní nebezpečí při pěstování kukuřice v monokultuře spočívá v nashromáždění hmyzích škůdců a mikroorganismů v půdě způsobujících onemocnění kukuřice a ve zvyšujícím se riziku půdní eroze. Proto je nezbytné na pozemcích se sklonem více jak 3 – 5 % zavedení protierozních postupů (Martin 2006).

3.1.5.2 Osivo

Jedním z nejdůležitějších pěstitelských opatření v pěstování kukuřice je vhodný výběr osiva. Šlechtitelským úsilím se otevřela možnost pěstovat kukuřici i v lokalitách, ve kterých to díky klimatickým podmínkám nebylo dříve možné. Takovou možnost přineslo vyšlechtění hybridních odrůd a uvedení jejich osiva na trh. Hybridní odrůdy kukuřice dělíme podle délky vegetační doby. Délku vegetační doby vyjadřuje číslo ranosti, tzv. číslo FAO. Podle výrobní oblasti volíme vhodné osivo ze skupin FAO. Rozdíl o 10 čísel FAO znamená rozdíl ve zralosti 1 - 2 dny, eventuálně 1 – 2 % sušiny. Číslo FAO obvykle podmiňuje počet rostlin na hektar, který však je ještě ovlivněn kvalitou osiva a půdně klimatickými podmínkami (Šuk a kol. 1998).

Podle Zea Sedmihorky (2004) nestačí znát v dnešní době pouhé číslo FAO. Jednotlivé hybridní odrůdy jsou vyšlechtěny pro určité podmínky a směry využití (na zrno či siláž). Z tohoto důvodu je nutné znát nároky hybridů na prostředí (voda, teplo, živiny, stanoviště) a s pěstitelským cílem zvolit pro hybrid vhodné stanoviště.

Předpokladem úspěšného pěstování je použití kvalitního osiva s vysokými biologickými hodnotami. Jedná se o několik požadavků, které jsou u kukuřice sledovány. Osivo musí podle platných evropských norem vykazovat minimální klíčivost 92 % (Šuk a kol. 1998). S klíčivostí bývá obvykle spojován chladový test, s jímž se ověřuje vhodnost osiva pro časný výsev, které bývají spojeny s chladnějšími a vlhčími podmínkami (Petr 1989). Čistotu osiva (min. 99,5 %) je nutno dodržet především pro založení porostů přesnými secími stroji. Světoví producenti osiv deklarují genetickou čistotu osiva kukuřice s hodnotami min. 95 % (Šuk a kol. 1998).

3.1.5.3 Zpracování půdy

Tak jako u ostatních polních plodin, tak i u kukuřice je zpracování půdy a následné založení porostu jednou z podstatných činností rozhodujících o konečné efektivitě pěstování. Zvolený postup zpracování půdy musí brát v úvahu stanovištní podmínky, pozici kukuřice v osevním postupu, předplodinu a její posklizňové zbytky a stav půdy. Moderní stroje na zpracování půdy nabízejí v současnosti široký výběr technologických postupů. Pro kukuřici je možné využít jak klasické zpracování půdy založené na orbě, tak i minimalizační postupy a technologie kladoucí důraz na půdoochrannou kultivaci (Zimolka a kol. 2008).

3.1.5.3.1 Klasické zpracování půdy

Zpracování půdy spojené s orbou, způsob převažující v našich podmínkách, můžeme z časového a technického hlediska rozdělit na dvě části: na podzimní a na jarní přípravu půdy. Samotné orbě by měla předcházet podmítka provedená v co možná nejkratším termínu po sklizni předplodiny (Zimolka a kol. 2008). Podmítka šetří půdní vláhu a současně ničí plevel. Orbou vytváříme vhodné podmínky pro zachycení podzimní a zimní vláhy, na kterou kukuřice velmi dobře reaguje. Kvalitně provedená orba ve vhodném termínu vytvoří ideální podmínky pro jarní přípravu půdy tak, že v jarním období omezí počet vstupů na pozemek a předejde použití smyku. Z tohoto důvodu se, především v sušších oblastech, doporučuje strhnout smykem hrubou brázdu již na podzim (Šuk 1998).

Vrzal a kol. (1995) uvádí, že jarní orba, či dokonce její úplné vynechání vedou ke snížení výnosu. Ale Ryšavá a kol. (1996) přichází s názorem, že negativní vliv jarní orby lze odstranit či minimalizovat orbou (se současným urovnáním pozemku) provedenou těsně před předseťovou přípravou půdy.

Jak Vrzal a kol. (1995), tak i Šuk (1998) se shodují, že kukuřice je z pohledu nároků na zpracování půdy plodinou velmi náročnou a jen kvalitně a hluboko zpracovaná půda umožňuje rozvoj jejího mohutného kořenového systému.

Jarní přípravu půdy zahájíme ihned, jakmile to klimatické a půdní podmínky dovolí. Obvykle se jarní zpracování půdy rozděluje na dvě fáze. V prvním kroku pozemek urovnáme a prokypříme a ve druhé fázi vytvoříme seťové lůžko. Pracovní operace mají zabezpečit rychlé prohřátí půdy, zajistit dostatek vzduchu pro klíčení a vzcházení zrna, šetřit s půdní vláhou, podle potřeby hnojit minerálními hnojivy a podpořit růst plevelů a jejich následnou likvidaci (Zimolka a kol. 2008). Pro zpracování půdy použijeme brány, nebo raději moderní stroje

s kombinovanými pracovními orgány (kompaktory / kombinátory), které vytvoří seťové lůžko pouze na hloubku setí kukuřice (5 – 10 cm). Pracovní operace nesmějí půdy utužit a přesušit. Velké kukuřičné zrno s dostatkem zásobních látek podněcuje k zanedbání kvalitní předseťové přípravy a samotného setí. Ale právě toto podcenění vede mnohdy k neúspěchům při pěstování kukuřice (Šuk 1998).

3.1.5.3.2 Minimalizační a půdoochranné zpracování půdy

V minimalizačních technologiích přípravy půdy pod kukuřici převládají metody založené na mělkém, případně středně hlubokém, kypření na podzim a mělkém kypření na jaře před setím. K setí se pak využívají speciální secí stroje, které si umějí poradit s hrubě zpracovanou vrstvou půdy. Často jsou secí stroje doplněny o mechanismy, které umožňují podpovrchovou aplikaci minerálních hnojiv (tzv. hnojení pod patu). Z pohledu půdního a životního prostředí je používání minimalizačních technologií pozitivní, jelikož se především omezuje riziko eroze a snižuje se proplavení pohyblivých forem dusíku do spodních vod. Půdoochranné metody spojené s výsevem kukuřice do mulče meziplodiny navíc obohacují půdu o snadno rozložitelnou organickou hmotu. Vliv omezeného zpracování půdy na výnos kukuřice se pak liší v závislosti na zvolené technologii pěstování, klimatických a půdních podmínkách stanoviště (Zimolka a kol. 2008). Šuk (1998) uvádí, že minimální zpracování půdy vede k ekonomickým úsporám, především za orbu, ale zároveň zpravidla roste spotřeba herbicidů a minerálních hnojiv.

3.1.5.4 Založení porostu

Jen správně založený porost kukuřice může dosáhnout vysoké a kvalitní produkce ve všech užitkových směrech pěstování. Chyby, kterých se při založení dopustíme, se následnou agrotechnikou opravují jen velmi těžko (Zimolka a kol. 2008). Setí je tedy velmi důležitou operací, jelikož porost kukuřice nemá, např. oproti pšenici ozimé, autoregulační schopnost (Vrzal a kol. 1995). Již před samotným založením porostu musíme mít na paměti několik důležitých bodů, které v konečném součtu promlouvají do úspěšnosti pěstování. Jedná se o vhodně zvolený hybrid do půdně klimatických podmínek stanoviště, kvalitu osiva, správný výsevek, kvalitu setí a s ní související hloubku setí, rovnoměrné rozmístění zrn na ploše a samotný termín provedení.

Díky variabilitě hybridů můžeme kukuřici vysévat v širokém časovém pásmu, které odpovídá období od poloviny dubna do 10., resp. 15. května. Osivo by nemělo do země přijít dříve, než bude půda prohřáta alespoň na 6 °C, aby byly zajištěny podmínky nutné pro klíčení zrna. Výsevky provedené po 10. až 15. květnu znamenají obvykle pokles výnosu i o 15 a více procent a prodlužuje se termín dozrávání (Zimolka a kol. 2008).

Hloubku setí nám ovlivňuje půdní druh, kalibrace osiva (hmotnost tisíce semen) a termín výsevu. Na těžkých, vlhkých půdách sejeme mělčeji, jelikož tyto půdy bývají chladnější a mohly by nastat potíže se vzházením (Šuk a kol. 1998). Obvykle se hloubka setí pohybuje v rozmezí od 3 do 4 cm (Ryšavá a kol. 1996).

Doporučená meziřádková vzdálenost je 70 - 75 cm a vzdálenost rostlin v řádku od sebe se obvykle pohybuje v rozmezí od 12 – 15 cm do 30 cm. Toto rozmístění rostlin zajišťuje dostatek světla pro fotosyntézu, prohřátí půdy a snižují se ztráty způsobené sklizní (Zimolka a kol. 2008).

Založení porostu kukuřice v současné době téměř výhradně probíhá pomocí přesných secích strojů, které zajistí požadovaný výsevek, rovnoměrnou hloubku setí a rozmístění rostlin na ploše. Nerovnoměrná hloubka setí a organizace porostu má za následek jak snížení výnosu, tak i kolísání kvality produktů (Šuk a kol. 1998).

3.1.5.5 Kultivace během vegetace

Již po zasetí je možné nově založený porost uválet (nedoporučují se hladké válce). Válení provádíme především na lehčích a sušších půdách, abychom podpořili obnovu půdní kapilarity a tím snížili riziko nerovnoměrného klíčení semen kukuřice.

Pro odplevelení a provzdušnění pozemku můžeme přistoupit k plečkování. Tento zásah se nejvíce hodí na těžkých půdách a tam, kde se tvoří škraloup. Plečkujeme do hloubky výsevu a při dalším případném zásahu se hloubka snižuje.

Z časového a finančního pohledu je mechanická kultivace porostů (vláčení a plečkování) náročná, a proto bývá především v konvenčním systému obhospodařování půdy vypouštěna a plně nahrazena herbicidní ochranou, ať preemergentně, či postemergentně aplikovanými přípravky (Zimolka a kol. 2008).

3.1.5.6 Sklizeň

O termínu a způsobu provedení sklizně rozhoduje zvolený pěstitelský cíl. Drtivá většina ploch kukuřice je sklizena buď na zrno, nebo pro silážní účely. Svá specifika má sklizeň semenářských porostů a velmi okrajovou záležitostí jsou porosty kukuřice určené pro zelené krmení.

3.1.5.6.1 Sklizeň kukuřice na zrno

Sklizeň zrnové kukuřice v našich podmínkách probíhá nejčastěji v průběhu měsíce října (Zimolka a kol. 2008). Technickou stránku sklizně nejčastěji zajišťují sklízecí mlátičky opatřené adaptéry pro sklizeň širokořádkových plodin a pro odlamování palic. Kukuřice na zrno je připravená ke sklizni, pokud je zrno tvrdé, lesklé a na bázi má načernalou vrstvu, která signalizuje konec ukládání živin. Obsah sušiny v zrně se pohybuje v rozmezí 60 - 62 %, což odpovídá fyziologické zralosti (Vrzal a kol. 1995). Zimolka a kol. (2008) uvádí, že v tomto období se ze zrna přestane voda uvolňovat fyziologickými procesy a následné uvolňování vody je ovlivněno pouze mechanickými činiteli (průběh počasí, organizace porostu, situování pozemku, typ hybridu). Avšak optimální vlhkost zrna pro sklizeň je do 30 %. Při této vlhkosti dosahují ztráty nedomlácením nejnižších hodnot – 2 % a poškození zrna se pohybuje v rozmezí 5 – 8 %. Sklizeň je možno provést i při vyšší vlhkosti zrna, tím ale klesá výkonnost sklízecí mlátičky, jelikož dochází k zalepování a ucpávání sít a žaluzií, což současně vede ke zvýšení ztrát a k poškození zrna (Ryšavá a kol. 1996).

Po sklizni se pro zachování kvality zrna, potlačení mikrobiální činnosti a pro bezpečné skladování relativně vlhké zrno dosouší na 14 % vlhkost (Zimolka a kol. 2008).

3.1.6 Geneticky modifikovaná kukuřice

Geneticky modifikovaná kukuřice je výsledkem genetického inženýrství, což je moderní metoda šlechtění. Do rostliny (organismu) je pomocí transgenózy přenesen požadovaný gen (nebo geny) o známé funkci a s jasným cílem. Genetickým inženýrstvím můžeme získat vlastnosti a znaky, které by běžnými šlechtitelskými metodami (např. hybridizací) nebyly získatelné, nebo by byly časově zdlouhavé.

V zemědělské praxi se nejčastěji setkáváme s geneticky modifikovanou kukuřicí, která si nese geny umožňující toleranci k herbicidní látce, nebo geny, díky nimž si rostlina produkuje toxin účinný proti hmyzím škůdcům.

Geneticky modifikované organismy podléhají přísným legislativním normám a směrnicím. Z tohoto důvodu je v současné době pro komerční pěstování v Evropské unii přístupná pouze jediná GM plodina. Jedná se o Bt-kukuřici MON 00810-6 (každá modifikovaná plodina má svůj specifický identifikátor). Tato rostlina obsahuje geny, které pocházejí z půdní bakterie *Bacillus thuringiensis*. Rostlina produkuje protein Bt-toxin, kterým získá odolnost proti škůdcům. V našich podmínkách se jedná především o larvy zavíječe kukuřičného.

Pěstování GM kukuřice může odstranit některé problémy pěstování, zlepšit ekonomiku pěstování a zvýšit kvalitu produktů, přesto vyvstává otázka jejího dopadu na životní prostředí v budoucnu (Zimolka a kol. 2008).

3.1.7 Plochy a výnosy

V roce 2014 (údaje k 31. 5. 2014) bylo v České republice oseto kukuřicí 335 984 ha zemědělské půdy, tj. 13,6 % celkové osevní plochy. Z toho bylo vyseto 100 453 ha kukuřice na zrno (4,1 %) a 235 531 ha tvořily plochy kukuřice na zeleno a na siláž (9,5 %). Oproti předchozímu roku plochy kukuřice na zrno klesly o 10,3 % a plochy kukuřice silážní a na zeleno naopak mírně vzrostly (o 7,7 %).

Průměrný výnos v České republice za rok 2013 činil u zrnové kukuřice 6,97 t.ha⁻¹ a u kukuřice na zeleno a na siláž 32,66 t.ha⁻¹. Celkem se sklídilo 675 380 tun zrna a 7 635 367 tun kukuřice silážní a na zeleno (Český statistický úřad 2015).

Poklesu ploch se v roce 2014 opět neubráníla Bt-kukuřice MON 00810-6 a potvrdila tak dlouhodobý trend, že zájem o tuto GM kukuřici v České republice v posledních letech upadá. Oseto bylo 1754 ha zemědělské půdy (oproti roku 2013 nastal pokles o 806 ha). Od svého vrcholu v roce 2008 plochy každoročně klesají, snižuje se i počet pěstitelů. Podle pěstitelů převažující negativa (administrativní zátěž, dodržování přísných pravidel a dražší osivo) nevyváží pozitiva spojená s bezpečnou ochranou porostů proti larvám zavíječe kukuřičného a kvalitnější a vyšší produkcí (Jordán 2014).

3.1.8 Hnojení a výživa

Kukuřice má z pohledu výživy a hnojení svá specifika. Pokud chceme při sklizni dosáhnout vysokých a kvalitních výnosů, je nutné její potřeby respektovat.

Kritické období ve výživě kukuřice nastává již v počátcích její vegetace. U kukuřice se potýkáme s pomalým počátečním růstem, kdy kořenový systém není dostatečně vyvinut (nedošlo ještě k prokořenění půdního profilu) a tím je omezena i příjmová schopnost pro živiny, především pro fosfor. Vysoká potřeba živin nastává v období intenzivního růstu nadzemní hmoty (prodlužovací růst). Obvykle toto období spadá do měsíců června a července. Rostlina tehdy přijme 70 – 75 % všech živin. Kukuřice díky dlouhé vegetační době dobře využívá živiny uvolněné v půdě při mineralizaci organických látek.

Kukuřice je plodina, pro kterou je vhodné použití statkových hnojiv. Můžeme využít chlévský hnůj v dávce do 40 t.ha⁻¹ (vhodná je aplikace na podzim, kdy je podzimní orbou zaorán), močůvku, např. v jarním období při přípravě půdy i kejdu. Z hlediska využití kejdy je kukuřice jednou z nejvhodnějších plodin. Aplikovat kejdu můžeme v podzimním i jarním období, případně ji použít během vegetace pro přihnojení.

Racionální hnojení kukuřice je založeno na potřebách rostliny. Hnojení dusíkem probíhá obvykle ve dvou fázích. Převážná část dusíkatého hnojiva se většinou aplikuje před setím – tzv. základní hnojení (dávka až 120 kg.ha⁻¹). Vhodná hnojiva představují síran amonný (SA), močovina (MO) a DAM. Vysoké dávky dusíku před setím však neodpovídají dynamice odběru rostlinou, kdy maximální příjem dusíku nastává v období prodlužovacího růstu. Proto je snaha přesunout podstatnou část N-hnojení do vegetačního období a tím omezit možné ztráty N. Ale při běžném přihnojení N dochází k poškození porostů (popálení paždí listů), proto je nutné používat aplikační metody, které hnojivo dostanou pod listy – na povrch půdy. K přihnojení během vegetace přistupujeme v období, kdy rostliny kukuřice dosáhly výšky 20 – 40 cm. Volíme LAV, MO či DAM v dávce 20 – 70 kg na hektar.

Dávky fosforu, draslíku a hořčíku určuje obsah jejich přijatelných forem v půdě. Již v počátcích vegetace vykazuje kukuřice vysoké nároky na příjem fosforu, proto realizujeme aplikaci fosforečných hnojiv již před setím – nejčastěji společně s dusíkem. Pro splnění nároků na fosfor vykazuje dobré výsledky tzv. hnojení pod patu. Při setí kukuřice je speciálními aplikátory společně s osivem ukládáno do jeho okolí (4 – 5 cm pod úroveň a do stran) hnojivo, např. amofos. Dodržení vzdálenosti je důležité z hlediska neovlivnění vzcházejivosti zrna se současným maximálním využitím poskytnutých živin.

Na nedostatek draslíku reaguje kukuřice výrazněji než na absenci fosforu. Při vyšší dávce (např. draselných solí) se doporučuje provést aplikaci již na podzim (Vaněk 2007).

3.1.9 Ochrana proti chorobám, škůdcům a plevelům

Moderní metody ochrany porostů kukuřice mají vycházet ze zásad integrované ochrany rostlin. Fungující systém ochrany se opírá o kombinaci klasické chemické ochrany a používání různých opatření, která náleží do nepřímých metod ochrany, tj. především preventivní a podpůrná opatření, která mají zamezit napadení škodlivými organismy. Mnohé kroky nemusejí být na první pohled patrné (volba pozemku, používání zdravého a čistého osiva, osevnické postupy, zpracování půdy, hnojení aj.). Význam podpůrných a preventivních opatření je z pohledu ochrany rostlin dlouhodobější, nicméně i přes dodržení maxima principů nenahradí chemickou ochranu, která má v ochraně kukuřice své nezastupitelné místo (Talich 2013).

3.1.9.1 Choroby

Kukuřice je vystavena houbovým chorobám od jejího zasetí až po sklizeň. Různá onemocnění způsobují rody *Fusarium* spp., *Diplodia* spp., *Pythium* spp. a *Helminthosporium* ssp. Kromě nepravidelného a mezerovitého vzcházení jsou jejich běžnými příznaky různé degradace pletiv, které v konečném měřítku vedou nejčastěji k lámání stébel. Významné nebezpečí představuje rod *Fusarium*, jenž je producentem mykotoxinů, které mohou znehodnotit zrno i silážní hmotu. Houby přezimují v rostlinných zbytcích i na osivu. Infekce probíhá přes kořeny nebo skrze poškozená pletiva v nadzemních částech rostliny. Vedle preventivních opatření (výběr odrůdy, termín setí, vyvážené hnojení, nepěstovat kukuřici po kukuřici, zapravování rostlinných zbytků aj.) spočívá ochrana především v moření osiva a v boji proti zavíječi kukuřičnému.

Další chorobou kukuřice bývá obecná snětivost kukuřice (*Ustilago maydis*), která se na rostlinách objevuje od června do sklizně a tvoří různě velké nádory obsahující chlamydospory, jež slouží jako zdroj zamoření půdy i porostu (spory mohou infikovat rostliny až následný rok). Vstupní branou pro infekci jsou poškozená (ale pouze mladá, rostoucí) pletiva. Sněť netvoří mykotoxiny, vyšší napadení (20 % a vyšší) může zhoršit fermentaci siláží. V současnosti nejsou povoleny žádné chemické přípravky na přímou ochranu a z pohledu biologie patogena nelze využít moření osiva, proto je nutné dodržovat preventivní opatření -

např. zaorávku posklizňových zbytků, střídání plodin, ochranu proti bzunce ječné (Talich 2013).

3.1.9.2 Škůdci

Nejzávažnějším škůdcem je v současnosti zavíječ kukuřičný. Jeho housenky vyžírají dřev lodyh, včetně palic i zrna v palicích. Při silném napadení dochází k lámání napadených částí. Kruhové otvory po žíru housenek (s typickými shluky drti a výtrusů) se stávají vstupní branou houbových patogenů, především rodu *Fusarium*. Přezimují dorostlé housenky ve spodních částech stébel i lodyhách jiných rostlin. Z preventivních opatření má velký význam střídání plodin a důkladné rozdrčení posklizňových zbytků s jejich zaoráním. Hospodářské ztráty tkví nejenom ve sníženém výnosu a kvalitě produktů, ale i v přítomnosti mykotoxinů.

Formou účinné ochrany je použití transgenních odrůd Bt-kukuřice, které v buňkách syntetizují tzv. delta-toxin (Cry 1Ab). Housenky, které pozřou pletivo s tímto proteinem, postupně snižují příjem potravy a do několika hodin až dnů hynou. Pěstování Bt-kukuřice je dosud neúčinnější metodou ochrany proti zavíječi kukuřičnému.

Závažným škůdcem se stává také bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera*). Larvy sžírají kořenový systém rostliny a dospělci škodí žírem na květech, zrnech v mléčné zralosti i listech. Přezimují vajíčka nakladená do půdy. Larvy se líhnou od poloviny května. Největší tlak dospělců spadá do období od poloviny července do počátku září. Chemická ochrana spočívá v používání insekticidních mořidel a půdních insekticidů při setí či v době líhnutí larev. Preventivní postupy ochrany zahrnují dodržování osevních postupů a nevysévání kukuřice v blízkosti loňských porostů. Určité odrůdy Bt-kukuřice jsou účinné i na bázlivec.

Zvýšený výskyt a poškození v porostech kukuřice v posledních letech zaznamenáváme u bzunky ječné (*Oscinella frit*). Na mladých rostlinách kukuřice škodí larvy první generace, které se líhnou v období vzcházení až do období čtvrtého listu. Larvy poškozují srdéčkové listy, a tak dochází k deformacím v růstu. Pro omezení výskytu bzunky je potřeba zařadit do osevních sledů obilnin a kukuřice přerušovací plodinu a v místech výskytu je vhodné přistoupit k insekticidnímu moření (Talich 2013).

3.1.9.3 Plevel

Jako širokořádková plodina je kukuřice velmi náchylná na zaplevelení. Vzhledem k termínu setí a klasickému zpracování půdy se potýkáme především se skupinou tzv. pozdně jarních

plevelů (např. merlíky, laskavce, ježatky) a s vytrvalými plevely, které na pozemcích mohou vykazovat vysokou odolnost a konkurenční schopnost, a proto je nutné mnohdy jejich likvidaci provádět v předstihu před založením porostů.

S minimalizačními a půdoochrannými technologiemi založení porostů se spektrum plevelů stává variabilnější, nebo naopak určité zpracování půdy a biomasa meziplodiny vyselektují několik určitých plevelných druhů (Talich 2013).

3.2 Meziplodiny

Meziplodiny jsou plodiny, které v zemědělských systémech využíváme pro vytvoření biologického pokryvu půdy v období, kdy na pozemku není zaseta hlavní kulturní plodina (Brant 2008). Mnohostranné pozitivní účinky, které pěstování meziplodin přináší, byly nespočetněkrát v zemědělské praxi potvrzeny. Nicméně pokles stavu dobytka v 90. letech a na přelomu tisíciletí se negativně podepsal i na celkových plochách meziplodin (odpadl význam krmivové složky (event. rezervy), který některé meziplodiny plnily). Ale své právoplatné místo si meziplodiny v systémech rostlinné výroby opět vydobývají. S rostoucí nezbytností ochrany životního prostředí znamenají meziplodiny důležitý biologický faktor s příznivým vlivem na půdu, kvalitu i výnos rostlinných produktů (Vach 2009).

3.2.1 Produkční a mimoprodukční funkce

Pěstování meziplodin podporuje produkční i mimoprodukční funkce zemědělství. Tyto dvě funkce v systému pěstování meziplodin na orné půdě nelze pro jejich vzájemné propojení jednoznačně odlišit. Přesto se každá ubírá svým směrem. Mimoprodukční funkce se převážně orientují na ochranu a zachování přírodních zdrojů, dále slouží jako prostředek stabilizace toků energie a hmoty v krajinném prostoru. Produkční funkce zahrnují integrované systémy hospodaření na orné půdě, které mají sloužit k lepšímu využití přírodních podmínek a energomateriálových dodatků. Požadavkem při zefektivnění dodatkových vstupů energie je dosažení výnosu a kvality sklizených produktů.

Jedním ze základních důvodů, proč jsou meziplodiny používány v systémech hospodaření na orné půdě, je produkce biomasy. Množství vytvořené biomasy je dáno kvantitativními a kvalitativními procesy, které v rostlině probíhají. Tyto procesy ovlivňují biotické a abiotické podmínky prostředí, ve kterém rostlina roste. O využitelnosti dané meziplodiny pro konkrétní lokalitu rozhoduje několik ukazatelů: celková produkce biomasy a její dynamika nárůstu,

efektivní využití sluneční energie, schopnost fixace živin, vláhové nároky rostliny, intenzita a hloubka prokořenění půdy a fytosanitární vlastnosti (Brant 2008).

3.2.2 Zefektivnění využití slunečního záření

Vytvořením rostlinného pokryvu na orné půdě v mezíporostním období pomocí biomasy meziplodin významně přispíváme ke zvýšení využití sluneční energie (Brant 2008). Meziplodiny jakožto autotrofní organismy získávají svou energii fixací energie slunečního záření (Procházka a kol. 1998). Děje se tak v procesu fotosyntézy, kdy je energie slunečního záření transformována do organických struktur. Výsledkem je tvorba biomasy. Meziplodiny se tak zapojují do koloběhu uhlíku, vody a minerálních látek v zemědělských agrosystémech. Je to o to podstatnější, že tuto úlohu meziplodiny plní v období, kdy zemědělská půda není oseta žádnou kulturní plodinou (Brant 2008). Awal a kol. (2006) uvádí, že právě účinné využití slunečního záření je jedním z primárních kritérií pro zařazení meziplodin do zemědělských systémů. S ohledem na roční průběh slunečního záření na severní polokouli a fixaci slunečního záření meziplodinami v mezíporostním období (počátek mezíporostního období v podmínkách České republiky spadá na přelom měsíců července a srpna) potvrzuje Brant (2008) pěstování meziplodin jako opodstatněné. Činí tak s odkazem na výsledky Hupfera a Chmielewského, kteří zjistili, že nejvyšší hodnoty globální radiace během roku v oblasti střední Evropy jsou v období května až srpna.

3.2.3 Půdoochranný význam

V současnosti dochází v České republice k závažným degradacím půdy. Degradace je zdoluhavý a mnohdy neviděný proces, který může mít za následek zničení produkčních i mimoprodukčních funkcí půdy. Mezi hlavní poškozující faktory patří zejména eroze, úbytek organické hmoty, acidifikace a její kontaminace. Tyto děje spolu mnohdy souvisejí a postupně vytvářejí řetězovou reakci, jejíž výsledek může být velmi těžko napravitelný (Budňáková a Jacko 2012). Lal (2001) vidí degradaci půdy urychlenou erozí jako závažný problém 21. století. Flohrová (1998) přichází s úvahou, že rostoucí nebezpečí půdní eroze je mj. důsledkem ekonomického tlaku na zemědělce, kteří jsou nuceni zjednodušovat osevní postupy, tím bohužel dochází k poklesu přísunu organické hmoty do půdy. Eroze, zejména vodní, se stává vážným problémem v ochraně životního prostředí. Dochází k miliardovým škodám při zaplavování intravilánů, ale nevyčíslitelné škody smyvem tkví právě ve ztrátě

jemných humusových částic, které jsou nositeli půdní úrodnosti (Badalíková a Hrubý 2009). Kvalita půdy je při vodní (i větrné) erozi nevratně poškozována (Flohrová 1998). Kromě poškozování půdy dochází při erozi i k dalším negativním efektům: zvyšuje se vláhový deficit a vysychavost, klesá hladina spodních vod, smyvem se znečišťují vodní zdroje pesticidy a hnojivy (Badalíková a Hrubý 2009).

Vach (2009) poukazuje na to, že ozelenění orné půdy po období co možná nejdelší je důležitým faktorem ochrany životního prostředí a že včas a správně založené porosty meziplodin chrání půdu před nepříznivými povětrnostními vlivy. Proto právě meziplodiny sehrávají v eliminaci větrné a vodní eroze významnou roli. Tvoří nenahraditelnou složku při protierozních opatření v širokořádkových plodinách, jako je např. kukuřice (Brant 2008). Flohrová (1998) uvádí, že je kukuřice z hlediska erozního nebezpečí považována za velmi problematickou díky typickým širokým řádkům a pomalému počátečnímu růstu. Meziplodiny chrání půdu před větrnou erozí svým pokryvem v meziporostním, zimním i jarním období, eventuálně ve formě umrtvené biomasy i po zasetí kulturní plodiny. Vegetační vrstva meziplodin chrání půdu před destruktivním dopadem dešťových kapek, zpomaluje rychlost odtoku vody a rostliny nepřímo působí i na půdní vlastnosti (např. pórovitost a propustnost pro vodu). Při pěstování kukuřice se často používají systémy eliminace eroze, které ochranu řeší založením porostů do vymrzajících či nevymrzajících meziplodin (Brant 2008).

Janeček (2007) uvádí, že omezení nebezpečí erozí pomocí meziplodin závisí na zapojení jejich porostu, výšce a olistění rostlin a době, jakou budou půdu pokrývat. Z toho vyplývá, že nejvyšší protierozní účinek vykazují ty meziplodiny, které mají rychlý počáteční růst, vysokou produkci biomasy a listovou plochu si udržují v podzimním, eventuálně i v zimním období, nebo chrání půdu i po zmrznutí ve formě mulče, či na jaře obrůstají (Vach 2009).

3.2.4 Zúrodňovací efekt

Midmore (1993) poskytuje údaje dokazující, že plochy vhodné pro zemědělskou výrobu stagnují, či klesají. Tak je tomu i v České republice (Humpálová-Blechtová 1998). Současně však narůstá požadavek na zvýšení výnosů. Zvýšení produktivity je možné pomocí účinnějšího zapojení meziplodin do zemědělských systémů (Midmore 1993). Půdní úrodnost (podle Javůrka (2010) představuje půdní úrodnost komplex vlastností, které v půdním prostředí vytváří pro rostliny optimální prostředí pro růst a vývoj) se odráží ve výnosu, který je nicméně z velké části tvořen z půdních zásob. Tento trend, kdy je z půdy odčerpáno více živin, nežli je dodáno, není dlouhodobě udržitelný. Půdní úrodnost postupně klesá a může dojít až k devastaci půdy.

Proto je nutné bilanci vyvážit. Obnovu půdní úrodnosti či její udržení je možné zajistit dodáním minerálních a statkových hnojiv a organické hmoty, např. z meziplodin (Humpálová-Blechtová 1998). Meziplodiny se podílí na zvýšení biologické aktivity půdy, zlepšují strukturu ornice, prokypřují i spodnější vrstvy, a tak snižují další postupné utužování půdy (Vach 2009). Svými kořeny a jejich aktivitou zlepšují meziplodiny fyzikální vlastnosti půdy (Midmore 1998). Dostatečně souvislý pokryv biomasy chrání půdu před neproduktivním výparem (Vach 2009). Z dlouhodobého pohledu hrají svou roli meziplodiny i na zvýšení obsahu humusu v půdě (Brant 2008).

Důležitá je také role meziplodin v rámci omezení ztrát živin (především dusíku) vyplavením. Rostliny dostupný dusík v půdním profilu poutají a ten tak nemůže být ztracen vymýváním (Frohlová 1998).

Vach (2009) uvádí, že zapojení meziplodin do systému hospodaření představuje pro pěstitele dlouhodobou investici, která se v následujících letech může projevit zlepšenou úrodností a zlepšenými půdními vlastnostmi.

3.2.5 Vliv na plevel

Jednou z hlavních funkcí meziplodin je i jejich vliv na regulaci plevelů (Brant 2008). Vach (2009) poukazuje na skutečnost, že tak meziplodiny činí zejména v meziorostním období. Tento úkol nelze hodnotit pouze z agrotechnického hlediska, ale je dobré si uvědomit i dopad na životní prostředí, protože je omezeno či úplně vypuštěno použití chemických přípravků (Brant 2008). Zemědělské systémy, které v osevních postupech využívají meziplodiny, vykazují menší výskyt plevelů. Růst plevelů a nárůst jejich biomasy (v konečném měřítku i tvorba semen) je omezen meziplodinami, jelikož ty slouží jako konkurenti v boji o životní prostor, vodu a světlo (Liebman a Dyck 1993). Szumigalski a Van Acker (2005) poukazují na fakt, že zapojení meziplodin do systému regulace plevelů nemusí vždy nutně přinášet jejich větší potlačení.

Nejednoznačný význam v regulaci plevelů plní tzv. strniskové meziplodiny, které jsou nejčastěji zakládány do podmítnuté půdy. Semena plevelů, která leží na povrchu půdy, jsou tedy podmínkou zapravena do půdy, což může mít vliv na jejich klíčivost a dormanci. Mimo jiné by také měly strniskové meziplodiny omezovat výdrol předplodiny.

Podstatnou roli v regulaci plevelů hraje také konkurenceschopnost meziplodiny vůči plevelnému spektru (Brant 2008).

3.2.6 Vliv na choroby a škůdce

Flohrová (1998) uvádí, že současný trend s úženými osevními postupy prospívá a napomáhá k šíření některých škůdců a chorob, dodává však, že je možné tento stav zvrátit používáním meziplodin. Kromě pozitivní eliminace škodlivých organismů může nevhodné zařazení meziplodiny do osevního postupu naopak vézt k rozšíření a nárůstu škodlivosti chorob a škůdců. Z fyto-sanitárního hlediska mohou meziplodiny působit na škodlivé organismy z několika úhlů. Meziplodiny eliminují škodlivé organismy v půdním prostředí formou alelopatického působení kořenů, nebo se chovají jako nepřátelské rostliny. Přítomností meziplodin v agrosystému může vzrůst druhová pestrost organismů, zvyšuje se výskyt přirozených nepřátel a může dojít k podpoře půdní mikrobiální aktivity. Důležitá je také již zmíněná úloha meziplodin v otázce omezení plevelů jakožto hostitelských organismů (Brant 2008).

3.2.7 Faktory ovlivňující založení porostu

I přes mnohostranné a pozitivní přednosti, které meziplodiny do zemědělských systémů přinášejí, je nutné zvážit, zda k jejich pěstování přistoupit. Aby meziplodiny mohly splnit to, co se od nich očekává, je potřeba, aby i ony měly k růstu podmínky, které potřebují. Jedná se převážně o půdně klimatické nároky, které využití a úspěšné pěstování některých meziplodin na daném stanovišti vylučují (Flohrová 1998).

Viditelným přínosem pěstování meziplodin je nárůst její biomasy. Ať se již jedná o nadzemní či podzemní hmotu, bývá zpravidla na pozemku ponechána a ovlivňuje tím pozitivně energetickou bilanci stanoviště. Pro maximální využití potenciálu meziplodin je tedy potřeba zajistit optimální podmínky pro produkci biomasy, což obnáší dodržení několika agrotechnických požadavků.

Porost meziplodiny, zejména strniskové, by měl být včas založen. Je třeba volit takové spektrum meziplodin, které nebude z fyto-sanitárního hlediska v osevním postupu negativem, vybrat takové odrůdy pro danou lokalitu, které nebudou především v teplejších oblastech předčasně zakvétat (s nástupem kvetení ustává produkce podzemní i nadzemní biomasy), zvolit takové zpracování půdy a způsob setí, které umožní rychlé klíčení a růst rostlin. Po obilné předplodině se doporučuje přihnojit dusíkem, aby nedošlo k dusíkové depresi (Brant 2008).

Důležitým limitem při pěstování strniskových meziplodin jsou povětrnostní podmínky. Rozhodují jak o klíčení, růstu a vývoji, tak i o konečné produkci živé hmoty. Významně také ovlivňují délku vegetační doby, která by měla trvat minimálně 6 – 8 týdnů. Vegetační doba výrazně ovlivňuje výnosovou jistotu meziplodin. Potřebné množství dešťových srážek pro dobré výnosy biomasy strniskových meziplodin se pohybuje v rozmezí 160 – 180 mm. Důležitá je však i dostupnost vody v okolí kořenů. Nedostatek půdní vláhy v hloubce setového lůžka může mít vliv na rovnoměrné vzcházení a tím i na konečný nárůst biomasy.

Je nutné mít na paměti, že malý a nedostatečně zapojený porost neplní plně svou funkci (Vach 2009).

3.2.8 Negativa meziplodin

Kromě výše popisovaných pozitivních vlastností může zařazení meziplodin do osevního postupu přinášet i komplikace a nežádoucí problémy (Vach 2009). Pěstování meziplodin může negativně ovlivnit i následnou plodinu. Problémy obvykle nastávají tehdy, pokud stanoviště neodpovídá půdně klimatickým požadavkům meziplodiny a porost byl technologicky špatně založen. Jako negativní působení meziplodin lze vyjmenovat několik problémů: snížení celkové půdní zásoby vody porostem meziplodiny, nebo zpracováním půdy k meziplodině a přesušení horní vrstvy ornice; rozvoj chorob a škůdců díky špatně zvolenému druhu meziplodiny; zvýšení výskytu plevelů a půdní zásoby semen v důsledku špatného zpracování půdy, nevhodného druhu či slabého porostu meziplodiny; negativní zhoršení podmínek pro setí, klíčení a růst následné plodiny způsobené příliš vysokou produkcí biomasy, nebo koncentrací biomasy v horní vrstvě půdy, eventuálně fytotoxicitou vyvolanou rozkládající se hmotou meziplodin (Brant 2008).

3.2.9 Vybrané meziplodiny

3.2.9.1 Hořčice bílá

Hořčice bílou (*Sinapis alba* L.) botanicky řadíme do čeledi brukvovité (*Brassicaceae*). Rostlina se vyznačuje bohatým kořenovým systémem převážně v horní vrstvě ornice. Stonek bývá rovný, hodně rozvětvený, vysoký 60 – 80 cm. Listy jsou vykrajované a chlupaté (Fábry a kol. 1975).

Hořčice byla původně plevelnou rostlinou vyskytující se v obilninách a lnu, teprve několik posledních staletí je vnímána jako plodina - olejnína. Hořčice bílá je nejdůležitějším druhem

hořčice v České republice. Uplatnila se zejména v potravinářském průmyslu – k výrobě stolních hořčic. Kromě pěstování na semeno se však hořčice bílá uplatňuje i jako meziplodina. V tomto směru pěstování zaujímá v posledních letech dominantní roli vzhledem k nízkým cenám osiva a pěstitelské nenáročnosti a přizpůsobivosti (Zehnálek 2005). Skutečnost potvrzuje i Mikšík a kol. (2008), který uvádí, že téměř 50 % produkce osiva v České republice je využito na založení strniskových a vymrzajících porostů meziplodin a na zelené hnojení. V tomto směru pěstování patří v produkci biomasy hořčice bílá mezi tři nejproduktivnější plodiny. Znamé jsou také její fyto-sanitární účinky, kdy napomáhá ve snižování výskytu některých škodlivých organismů. Je však nevhodné její zařazení do osevních systémů s vysokým zastoupením řepky ozimé jakožto brukvovité plodiny. Tehdy hořčice bílá napomáhá šíření houbových chorob a celé škály hmyzích škůdců brukvovitých.

Založení vymrzajícího či nevymrzajícího porostu hořčice provádíme do mēlce zpracované a urovnané půdy, ve výsevku až 20 kg.ha⁻¹ (v závislosti na odrůdě a kvalitě osiva). Takto vysoký výsevek by měl eliminovat vliv horších podmínek v době založení (sucho, zpracování půdy, vysoký obsah posklizňových zbytků) a předcházet tak mezerovitým a slabým porostům (Procházka 2005). Porost hořčice bílé vymrzá při -5 °C (Čapek 2006).

3.2.9.2 Svazenka vratičolistá

Mezi významné meziplodiny patří i svazenka vratičolistá (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) z čeledi stružkovcovité (Brant 2008). Jedná se o jednu z nejrozšířenějších meziplodin, která spolu s hořčicí bílou patří k nejvýnosnějším a výnosově nejstabilnějším strniskovým meziplodinám (Konečná 2010). Tato jednoletá plodina dosahuje výšky 50 až 80 cm a je dobře olistěna vícenásobně zpeřenými listy (Šitner 1997). Díky svým výrazně modrým květům, umístěným v hustých vrcholových, spirálovitě stočených vijanech, je svazenka v krajině nezaměnitelným estetickým prvkem. Svazenka je významnou medonosnou rostlinou, jelikož i v září a říjnu produkuje neopomenutelné množství nektaru (pyl produkuje až do samotného zmrznutí). Je to nenáročná plodina, kterou lze sít jen do povrchově připravené půdy, avšak lépe vzchází a roste v dobře zpracované půdě (Pátý 2005). Výsevek se pohybuje v rozmezí 10 až 20 kg.ha⁻¹ (Šitner 1997). Svazenka vzchází dobře i za sušších podmínek. Pro uspokojivý nárůst hmoty jí stačí 50 - 60 dnů ((Pátý (2005) uvádí, že v této době začíná nakvétat) a již po čtyřech týdnech zastíňuje 85 % půdy. Má výbornou předplodinovou hodnotu (Konečná 2010) a její velkou předností je, že během celé vegetace netrpí žádnými chorobami

ani škůdci. Je znám její fyto-sanitární účinek, který je ceněn především v osevních systémech s vysokým zastoupením brukvovitých, kde potlačuje hád'átka (Šitner 1997).

Štěpánek (2011) uvádí, že svazenka díky svému bohatě větvenému kořenovému systému a mulči, který pokrývá půdu, umožňuje pěstovat kukuřici i na velmi svažitéch pozemcích. Pro založení kvalitního porostu svazenky s dobrou výkoností následné kukuřice radí dodržet několik zásad: výsev by měl navazovat okamžitě po podmítce předplodiny (výsevek zhruba 10 kg.ha⁻¹); pro lepší růst je dobré porost mírně přihnojit. Aby svazenka plnila svou funkci ochranného mulče i po vymrznutí, je vhodné zakládat porost kukuřice bezorebnými secími stroji, jejichž disky půdu při uložení zrna pouze prokrojí.

3.2.9.3 Jetel nachový

Jetel nachový (*Trifolium incarnatum*), též známý jako inkarnát či růžák, je jednoletá kulturní jetelovina. Přímé nepatrně větvené lodyhy nesou vrcholová květenství – vejčité až podlouhlé strbouly typické purpurově červené barvy (event. růžové, bílé, žlutobílé). Kořenový systém je chudší, ale vyvíjí se poměrně rychle. Vyhovují mu lehčí výhřevné půdy s dostatkem vláhy. Od ostatních jetelovin se inkarnát liší způsobem založení porostu – vysévá se bez krycí plodiny ve výsevu 25 – 30 kg.ha⁻¹. Brzký výsev podporuje jeho odolnost vůči nepříznivým klimatickým podmínkám. Nesnáší dlouho ležící sněhovou pokrývku a holomrazy (červené typy inkarnátu se zdají být odolnější vymrzání).

Kromě využití inkarnátu jako ozimé meziplodiny může tento jetel posloužit jako pícnina, kvalita píce je však oproti jiným jetelovinám horší (Pelikán a Hofbauber 2002).

3.2.9.4 Ječmen ozimý

Ječmen patří k nejdéle známým obilninám. U ječmenu ozimého (*Hordeum vulgare*) rozlišujeme formy s dvouřadým a víceřadým klasem. K jeho přednostem patří vysoký výnosový potenciál, tolerantnost k horším půdním podmínkám (Křen a kol. 1998) a nenáročnost na předplodinu – často je řazen i po ozimé pšenici (Faměra 2001). Kopecký a Lekeš (1967) uvádí, že z obilnin umí ječmen ozimý nejlépe využívat zimní vláhu. Kladně je hodnocena i jeho dobrá konkurenční schopnost vůči plevelům. K nevýhodám v pěstování ječmene ozimého patří jeho větší náchylnost k houbovým chorobám (Křen a kol. 1998) a problémy spojené se zimovzdorností – odnožovací uzel snese teploty do -15 °C, to omezuje areál pěstování (Špunar 2001).

Podle výrobní oblasti provádíme výsev od 10. září do 5. října (Křen a kol. 1998). Včasný výsev podmiňuje počet vytvořených odnoží (Faměra 2001).

Ozimý ječmen se používá převážně pro krmivářské účely (Křen a kol. 1998). Novější využití ozimého ječmene spočívá v půdoochranných technologiích, při kterých je volen díky své slabší konkurenční schopnosti vůči kukuřici. Jedná se o výsev obilných pásů bezprostředně po výsevu kukuřice (Tippl a kol. 2001).

3.3 Půda a její zpracování

Na počátku si připomeňme, co to vlastně půda je a co pro nás znamená. Hauptman a kolektiv autorů (2009) se shodli na definici, že půda je nejsvrchnější částí zemské kůry, tvořená směsí minerálních součástí, odumřelé organické hmoty a živých organismů. Je vertikálně členěna, propojená se svým podložím a vzniká ze zvětralin nebo nezpevněných minerálních a organických sedimentů.

Půda je tedy neobnovitelný přírodní zdroj, který tvoří charakteristickou tvář krajiny. Je to neodmyslitelná součást zemědělských systémů, nenahraditelný prostor, prostředek, díky kterému dochází k výrobě rostlinných produktů ať pro potravinářské účely, živočišnou výrobu (krmiva a steliva), výrobu surovin pro průmysl, či v neposlední řadě pro rozrůstající se energetické využití (Hůla a kol. 1997).

Celková plocha využitelného zemědělského půdního fondu České republiky k 1. 1. 2012 činí 4 230 ha (53 % z celkové výměry půdního fondu ČR). Z toho necelých 2 920 tis ha představuje orná půda. Hospodaří se však na méně kvalitních půdách. Zhruba 60 % zemědělského půdního fondu jsou půdy méně úrodné až málo úrodné, orných půd je cca 54 % průměrných a podprůměrných, a pouze 40 % půd je nadprůměrně úrodných.

Velkým problémem současnosti je v České republice ztráta a poškození zemědělské půdy. Rizika představují např. acidifikace (43 % půd je vysoce ohrožených), utužení (49 % zemědělské půdy), zastavování území (v roce 2008 byl odhad denní ztráty 14 ha), a eroze (Budňáková a Jacko 2012). Lal (2003) uvádí, že půdní eroze je nejrozšířenější formou degradace půd. Vodní erozi je v ČR ohroženo téměř 50 % zemědělské půdy a větrnou erozi je potencionálně ohroženo přibližně 14 % zemědělské půdy (Budňáková a Jacko 2012).

3.3.1 Zpracování půdy

Zpracování půdy má v systémech zemědělské výroby významné postavení. Náleží k faktorům, které značným způsobem ovlivňují půdní úrodnost, biologickou aktivitu půdních organismů, fyzikální vlastnosti půdy a stabilizují výnos a kvalitu sklizených produktů. Kultivací půdy vytváříme příznivé podmínky pro růst a vývoj kulturních plodin. Zpracováním půdy také rušíme staré porosty (Škoda a Cholenský 1993).

Rozličné klimatické podmínky stanovišť a vlastnosti půd (např. zrnitostní složení, úhrn srážek, průměrná teplota vzduchu) často promlouvají do možností, jak můžeme půdu pro pěstování kulturních plodin zpracovat. Neopomenutelným, ba stále důležitějším faktorem, který v současnosti i v budoucích letech bude promlouvat do způsobu zpracování půdy, je stupeň ohrožení půdy erozí (Hůla a kol. 1997). S tím souhlasí i Badalíková a Hrubý (2009), kteří potvrzují, že zpracování půdy má podstatný vliv na erozi. Vhodně zvoleným technologickým postupem můžeme vodní (nejvíce jsou ohroženy svažité pozemky a plochy širokořádkových plodin) i větrnou erozi výrazně omezit (Hůla a kol. 1997).

Volba technologie zpracování půdy je také, kromě možností daných půdně klimatickým charakterem stanoviště a nároky plodiny na půdní prostředí, ovlivněna časovou a ekonomickou náročností jednotlivých pracovních operací (Procházková a Pavlíčková 2011).

Zpracování půdy nemusí znamenat pouze zlepšení stavu půdy a vytvoření vhodných podmínek pro růst následné plodiny. Při nevhodném způsobu zpracování půdy (např. termín a technologie provedení) může dojít ke zhoršení půdních podmínek. Tyto chyby se pak projevují v nevyrovnaném porostu, ve sníženém využití vody plodinou, ve snížené účinnosti hnojiv, ve zvýšeném výskytu chorob, škůdců a plevelů.

Způsoby zpracování půdy lze rozdělit podle intenzity, hloubky a způsobů kypření půdy na konvenční a půdoochranné zpracování půdy (Hůla a kol. 1997). Výsledná technologie zpracování půdy má být ekonomicky efektivní a šetrná k životnímu a půdnímu prostředí (Procházková a Pavlíčková 2011).

3.3.1.1 Konvenční zpracování půdy

Konvenční systémy zpracování půdy zahrnují podmlátku a předseťové zpracování půdy, jsou především spojeny s používáním klasického nářadí – pluhu. Plužní těleso nejenže půdy obrací, ale i ji kypří, mísí a drobí. V současnosti neexistuje žádný zemědělský stroj, který by dokázal všechny tyto funkce pluhu v jedné operaci zcela nahradit (Škoda 1995). Obracením, kypřením,

mísením a drobením půdy chceme dosáhnout dobrého strukturního stavu půdy. Těmito činnostmi ovlivňujeme mnoho dějů v půdě – např. vodní a vzdušný režim, biologickou činnost a půdní strukturu.

Zpracování půdy, zvláště pak orba, je jedním z energeticky nejnáročnějších pracovních postupů v zemědělské výrobě. I z toho důvodu (navíc v kombinaci s nepříznivými půdně klimatickými podmínkami) se často přistupuje ke zpracování půdy v redukované podobě (Hůla a kol. 1997).

Montgomery (2007) přináší údaje o tom, že stupeň ohrožení erozí je na konvenčně zpracovaných půdách přibližně 1 - 2x vyšší oproti riziku vzniku eroze na půdách pod vegetačním pokryvem.

3.3.1.2 Půdoochranné zpracování půdy

Kupusta a kol. (1996) vyjádřili domněnku, že rostoucí zájem o redukované zpracování půdy značí, že zájem o tuto technologii poroste i v budoucnu.

Principem půdoochranného zpracování půdy je redukce intenzity základního zpracování půdy bez obracení zpracovávané půdy a šetrné kypření se snahou dosáhnout stabilní půdní struktury a ponechat na povrchu či v jeho blízkosti rostlinné zbytky. Při cíleném ponechání většího množství rostlinné hmoty na povrchu či při jejím minimálním zapravení do vrchní vrstvy ornice hovoříme o výsevu do mulče (Hůla a kol. 1997).

Berner a kol. (2008) se zmiňují, že půdoochranné (redukované) zpracování půdy přináší mnoho benefitů v oblasti úrodnosti půdy a úspory energie, ale současně upozorňují, že nevýhoda této technologie spočívá ve zvýšené spotřebě minerálních hnojiv a herbicidů.

Cannell (1985) uvádí, že posklizňové zbytky rostlin mohou být hlavní překážkou mělkého zpracování půdy.

3.3.1.2.1 Technologie založení porostu kukuřice do mulče meziplodiny

Výsev kukuřice do mulče je jednou z hlavních variant ochranného zpracování půdy k této plodině (Hůla a Procházková 2008) a vyznačuje se vysokou protierozní účinností (Janeček 2007).

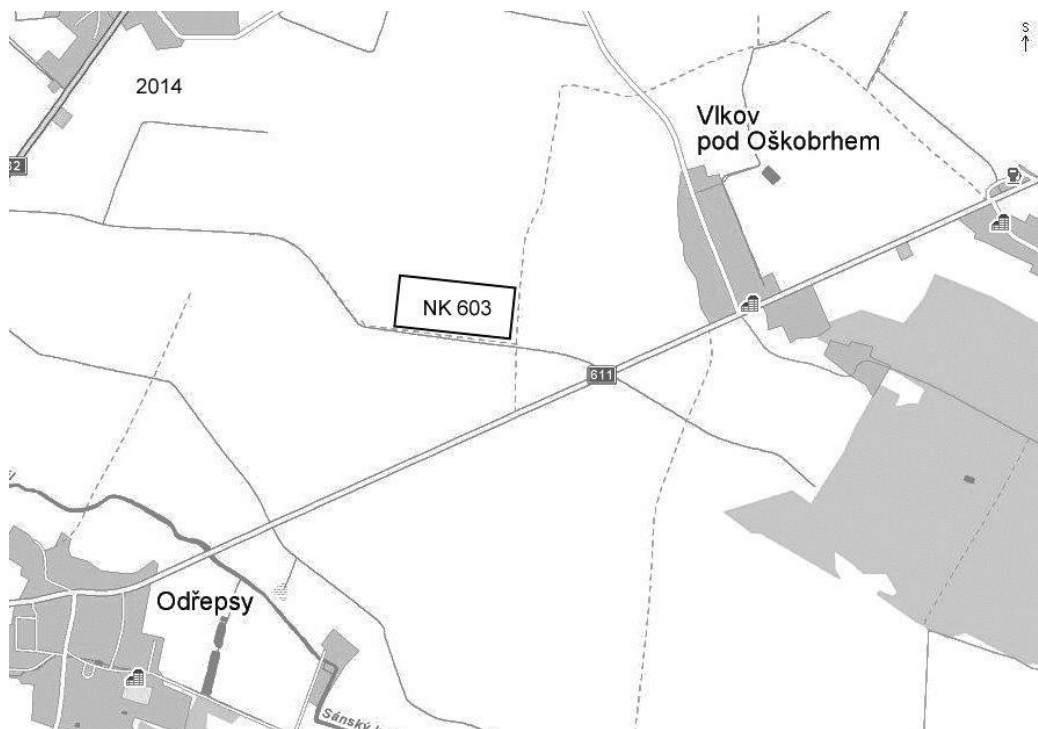
Po sklizni meziplodiny se provádí podmítka. Pokud je půda utužená, je možné provést i hlubší kypření, ale nesmí dojít k obrácení zpracované půdy. Výsev meziplodiny provádíme co nejdříve, aby meziplodina využila zbylý vegetační čas pro svůj růst. Na jaře se obvykle aplikuje

neselektivní herbicid (umrtvení přezimujících či ozimých meziplodin a plevelů). Následuje přímé setí kukuřice přesným secím stojem (vhodné aplikovat k osivu hnojivo) do mulče meziplodiny (Hůla a kol. 2003).

Janeček (2007) uvádí, že tato technologie je vhodná jen pro půdy s dobrou strukturou, neutuženou a dobře zpracovatelnou. Rostlinné zbytky meziplodin by v době setí kukuřice měly být již zčásti odumřelé a dobře vysušené.

4. Materiál a metody

Pokus byl založen v katastru obce Odřepsy v okrese Nymburk. Půdním typem náleží pozemek do kategorie černozem oglejená. Pozemek není pod závlahou a podle hydrotermického koeficientu patří do oblasti optimálně zavlažené. Průměrná roční teplota vzduchu činí 8,9 °C a průměrný roční úhrn srážek činí 559 mm. Celkově lze území zařadit do klimatického okrsku mírně teplého, mírně suchého, převážně s mírnou zimou. Náleží do mírně teplé klimatické oblasti.



Obr. č. 1: Umístění pozemku v krajině

Pro pokus byla použita geneticky modifikovaná kukuřice NK603 společnosti Monsanto, která nese gen, díky němuž je tolerantnější ke glyfosátu. Jednalo se o silážní hybrid, který byl však na pozemku ponechán do zralosti zrna vhodného pro jeho sklizeň.

Po sklizni předplodiny - pšenice ozimé - byla provedena podmítka celého pozemku.

Pozemek byl podle předem určeného klíče rozdělen na jednotlivé pokusné parcely, obsevové pásmo a manipulační plochy. Velikost parcely byla 30 x 18 metrů. Pro každou variantu připadlo 9 pokusných parcel. Celkově tak vzniklo 54 parcel.

Z důvodu velkého výskytu vzrostlého pcháče osetu (*Cirsium arvense*) byl 22. 5. 2014 na pozemek plošně aplikován Roundup v dávce 3 l.ha⁻¹.

Padesát čtyři pokusných parcel bylo rozděleno do tří bloků (H1 – H3), každý s rozdílnou postemergentní herbicidní ochranou.

První blok byl 10. 6. 2014 ošetřen přípravkem MaisTer v dávce 150 g.ha⁻¹.

Druhý blok byl ošetřen 10. 6. 2014 přípravkem Split RR Roundup Rapid v dávce 2,4 l.ha⁻¹ a 24. 6. 2014 přípravkem Roundup Rapid v dávce 2,4 l.ha⁻¹.

Třetí blok byl ošetřen 10. 6. 2014 přípravkem TM RR Roundup Rapid v dávce 2,4 l.ha⁻¹ a 24. 6. 2014 přípravkem Guardian Extra v dávce 2,6 l.ha⁻¹.

Jiná chemická ochrana porostu nebyla provedena.

Pro lepší orientaci byly na pozemku zhruba při výšce kukuřice 40 cm zmulčovány manipulační uličky a plochy. Tím se sjednotil i počet řad kukuřice na jednotlivých parcelách.

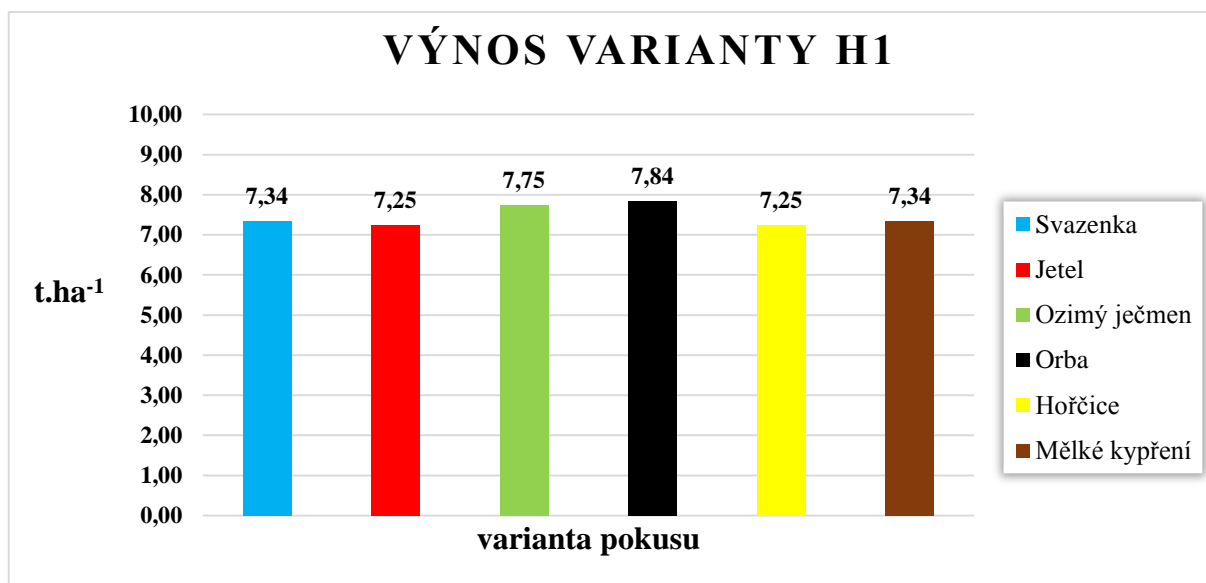
Počátkem července bylo provedeno měření výšky kukuřic na každé pokusné parcele. Měřila se vždy výška 10 rostlin v řadě. Vybírala se průměrná řada bez extrémních odchylek vzrůstu.

Sklizeň proběhla 3. 11. 2014 pod dohledem kontrolních úřadů. Nejprve byl posekán obsev. Každá parcela byla posekána zvlášť, zvážena na polních vahách a byl odebrán vzorek, ze kterého byla na přenosném vlhkoměru změřena vlhkost zrna.

Jelikož se jednalo o geneticky modifikovanou kukuřici, bylo všechno zrno rozdrceno a rozmetadlem na poli rozházeno.

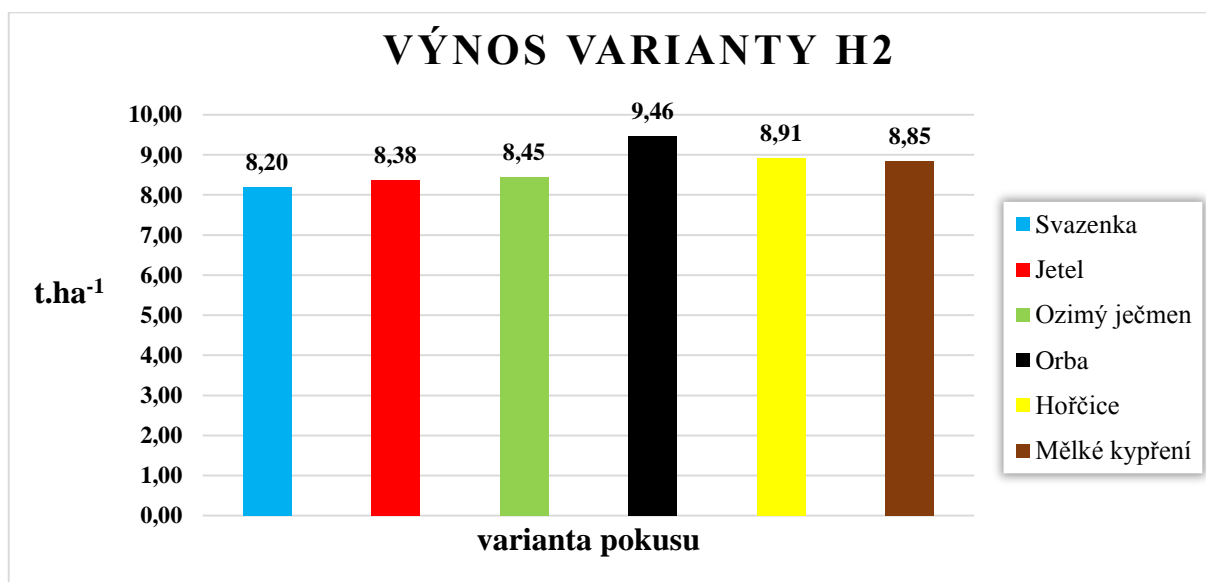
Pro jednotnost výsledků byly jednotlivé výsledky s rozdílnou vlhkostí přepočítány na 14 % vlhkost a pro vypovídající hodnotu přepočteny výnosy z plochy jedné parcely (30 x 18 metrů) na výnos z plochy jednoho hektaru.

5. Výsledky



Graf č. 1: Výnos varianty H1

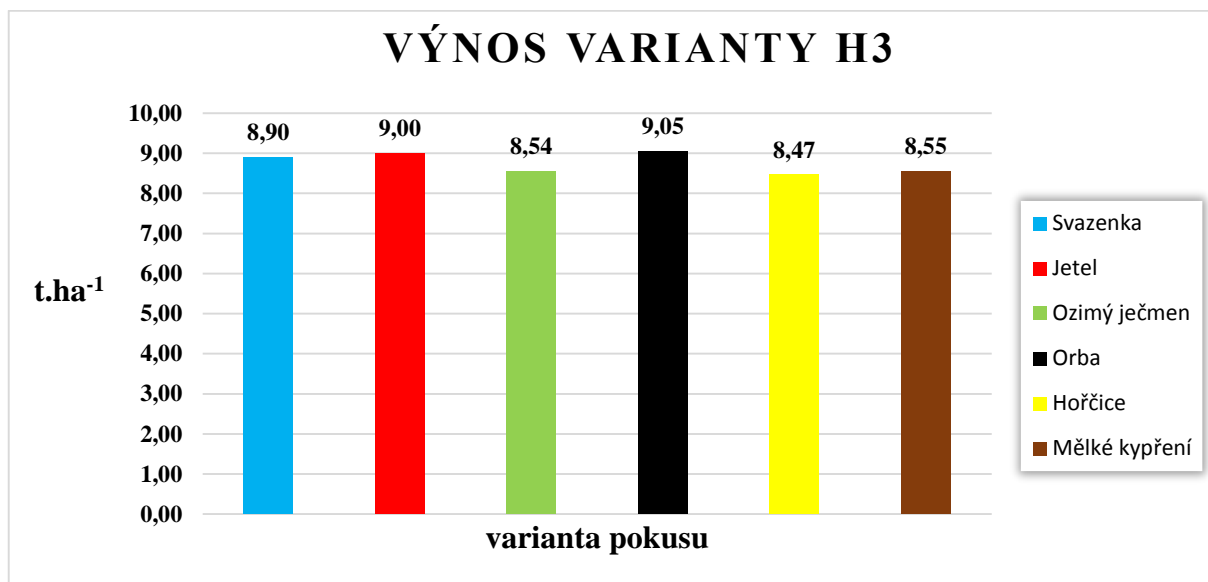
Jak ukazuje graf č. 1, nejvyššího výnosu kukuřičného zrna ve variantě herbicidní ochrany H1 dosáhla varianta orby 7,84 t.ha⁻¹. Za orbou se s nepatrným odstupem ve výnosu umístila varianta s ozimým ječmenem (7,75 t.ha⁻¹). Shodných výnosů (7,34 t.ha⁻¹) dosáhly varianty se svazenkou vřetáčolistou a mělkým kypřením půdy. Nejnižší výnosy ve variantě H1 poskytl shodně jetel nachový s hořčicí bílou, a to 7,25 t.ha⁻¹.



Graf č. 2: Výnos varianty H2

V grafu č. 2 můžeme vidět, že nejvyšší výnos kukuřičného zrna ve variantě herbicidní ochrany H2 poskytla varianta orby – 9,46 t.ha⁻¹. S odstupem zhruba půl tuny ve výnosu se za orbou

umístila varianta s hořčicí bílou ($8,91 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Třetího nejlepšího výnosu dosáhla varianta s mělkým kypřením půdy ($8,85 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Dále následovala varianta s ozimým ječmenem ($8,45 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), jetelem nachovým ($8,38 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) a nejnižšího výnosu zrna dosáhla varianta se svazenkou vrtičolistou ($8,20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$).



Graf č. 3: Výnos varianty H3

Graf č. 3 ukazuje, že ve variantě herbicidní ochrany H3 byla s $9,05 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ nejvýnosnější varianta orby, s nepatrným odstupem ve výnosu zrna se za orbu zařadily varianta s jetelem nachovým ($9,00 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) a varianta se svazenkou vrtičolistou ($8,90 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). S téměř shodnými výnosy zaujímají čtvrté a páté místo varianta s mělkým kypřením půdy ($8,55 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) a varianta s ozimým ječmenem ($8,54 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Nejnižší výnos ve variantě H3 dosáhla varianta s hořčicí bílou – $8,47 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

6. Diskuse

Na základě zhodnocení informací z odborné literatury a vlastních výsledků pokusu můžeme zmínit několik témat k diskusi.

Nepopiratelným faktem je, že v České republice dochází k nenávratnému ničení půdního fondu. Přirozeným změnám půda podléhá odpradáвна, avšak mnohé změny, většinou negativního rázu, jsou výsledkem lidské činnosti.

Řešit riziko půdní eroze je nutná záležitost, jelikož půda je pro nás zdrojem obživy, a pokud vezmeme v potaz, že Lal (2003) uvádí půdní erozi jako nejzávažnější formu degradace půdy, a uvědomíme si stav v České republice, kdy je zhruba 50 % zemědělské půdy ohroženo vodní a 14 % větrnou erozí (Budňáková a Jacko 2012), může to v konečném měřítku spolu s faktem, že z velké části hospodaříme na méně úrodných půdách, přinášet značné problémy ve výrobě rostlinných produktů.

Při zvážení všech okolností není vždy jednoduché se rozhodnout, kterou metodu zpracování půdy zvolit, avšak jak uvádí Procházková a Pavlíčková (2011), má být výsledná technologie nejlépe současně ekonomicky efektivní a šetrná k půdnímu a životnímu prostředí.

S poznatkem Badalíkové a Hrubého (2009), že zpracování půdy má podstatný vliv na vznik eroze, nebude od věci posoudit jednotlivé technologie zpracování půdy zvoleného v pokusu.

Po desítky let byla základním pracovním úkonem orba. Tato činnost je v zemědělství silně zakořeněna a mnohý systém – především ten konvenční, je na ní založen i v současnosti. V pěstování kukuřice má orba své nezastupitelné místo. Je to tradiční, mnoha lety vyzkoušený způsob, jak zpracovat půdu pod kukuřicí. To potvrzují i Šuk a kol. (1998), kteří zmiňují, že kukuřice reaguje na orbu velmi dobře. Toto tvrzení svými výsledky potvrzuje i Zemský zemědělský ústav v Gülzowu v Meklenbursku-Předním Pomořansku. Pracovníci ústavu zakládali 4 varianty pokusů – hlubokou orbu pluhem, hluboké kypření, mělké kypření a kypření s mělkou orbou pluhem. Nejlepších výnosů dosahovala silážní kukuřice právě ve variantě orby, u ostatních metod zpracování půdy klesal výnos až o 1 t.ha⁻¹ (ÚZPI 2008).

Pozitivní vliv orby na výnos kukuřice potvrzují i výsledky našeho pokusu. Varianta s orbou poskytla ve všech třech variantách herbicidní ochrany nevyšších výnosů. Připsat to lze nejspíše hluboce zpracovanému profilu ornice, ve kterém kukuřice mohla iniciovat svůj růst, a částečně asi i vláze, kterou orba mohla v podzimním a zimním období zachytit. Méně pravděpodobný se vzhledem k pozdnímu termínu setí kukuřice jeví vliv prohřátí půdy, které nám jinak u zoraných a ošetřených pozemků v jarním období urychluje vstup na pozemek.

Orba však patří k energeticky nejnáročnějším pracovním úkolům (Hůla a kol. 1997) a Montgomery (2007) uvádí, že na konvenčně zpracovaných půdách je riziko eroze 1 – 2x vyšší oproti ozeleněné půdě. I z toho vychází snaha nalézt a používat technologie, které omezí energetické vstupy a riziko vzniku eroze, ale současně nebude výnos kukuřice radikálně klesat. Cannell (1985) poukazuje na fakt, že mělké zpracování půdy může být srovnatelné s orbou.

Naše výsledky variant s mělkým kypřením půdy dosáhly v pokusu spíše průměrných výnosů. Způsobené to může být úzkým profilem zpracované půdy, ve kterém se kořenům hůře prorůstalo hlouběji ke zdrojům vláhy, ačkoliv přípravu půdy na jaře provedl rotační kypřič s aktivně poháněnými pracovními tělesy.

Skutečnost, že meziplodiny sehrávají v eliminaci půdní eroze v pěstování kukuřice významnou roli, zmiňuje již Brant (2008). Jenže je nutné si položit otázku, jaký vliv tato půdoochranná technologie pěstování kukuřice v mulči meziplodiny na výnos kukuřice má. V nastolené situaci a konkurenci jde v dnešní době především o zisk. Pokles stavu dobytka měl za následek ztrátu statkových hnojiv – hmoty, která pozitivně působí na půdní vlastnosti. Z celkového pohledu má dnes jen malá část podniků živočišnou výrobu. Takže přísun organické hmoty do půdy je pouze na úrovni posklizňových zbytků. Proto si myslím, že cesta vede skrze meziplodiny.

Využití meziplodin pro tvorbu mulče je v příznivých oblastech pro pěstování kukuřice pouze na zvážení pěstitelů, ale pro méně vhodné, např. svažité pozemky, je to z půdoochranného hlediska nezbytná záležitost.

Výsledky Bonnera a kol. (2014) dokazují, že i při využití půdoochranných technologií, jako je no-till a ozelenění půdy přes zimu, lze zajistit dostatek silážní hmoty kukuřice pro výrobu biopaliv.

Dobré zkušenosti s využitím mulče meziplodiny, přesněji hořčice bílé, při pěstování kukuřice mají i v podniku Zemet, s.r.o., hospodařícím na Zlínsku. Zde díky mulči hořčice pěstují kukuřici i na svažitých pozemcích a dosahují srovnatelných výnosů zrna i v porovnání s tradiční technologií pěstování kukuřice (Vaňatová 2002).

Obdobné pozitivní zkušenosti s pěstováním kukuřice v mulči na svažitých pozemcích má i Štěpánek (2011), který však jako meziplodinu zvolil svazenko vratičolistou.

Výnos byl pravděpodobně ovlivněn i pozdním setím (13. 5. 2014), jelikož Zimolka a kol. (2008) uvádí, že výsevy po 10. až 15. květnu bývají obvykle o 15 a více procent nižší.

Při vypuštění dusíkatého hnojení by se pravděpodobně projevil větší vliv jetele nachového na výnos, který jakožto jetelovina váže díky symbióze s hlízkovými bakteriemi vzdušný dusík. Takto získaný dusík by mohl být následně rozdílovým faktorem ve výnosu zrna.

Výnosy zrnové kukuřice v našem pokusu ve variantách s využitím mulče meziplodin byly velmi variabilní a kolísavé, tudíž nelze jednoznačně říci, která z meziplodin má na výnos kukuřice nejlepší vliv.

Avšak rozdíly ve výnosu klasického zpracování půdy pod kukuřicí - orby - a variant s použitím mulče meziplodiny nejsou tak značné. U varianty herbicidní ochrany H1 se rozdíl ve výnosu pohybuje od 90 do 590 kg.ha⁻¹ a podobně na tom je i varianta H3, kde je rozdíl ve výnosu 50 - 580 kg.ha⁻¹. Nejvyšší rozdíl ve výnosu zrna je znát ve variantě H2, který činí 550 - 1260 kg.ha⁻¹.

Herbicidní ochrana porostu promlouvala pravděpodobně do výnosu více než samotný vliv varianty (orba, mělké zpracování, mulč meziplodin). Průměrně nejvyšších výnosů dosáhla varianta H3, která byla ošetřena přípravkem TM RR Roundup Rapid v dávce 2,4 l.ha⁻¹ a přípravkem Guardian Extra v dávce 2,6 l.ha⁻¹. Tato kombinace se tedy jeví jako nejschůdnější volba pro výnos zrna v pokusu. Naopak celkově nejnižších výnosů jednotlivých variant dosáhla varianta herbicidní ochrany H1, kde byl použit přípravek MaisTer, který má účinnou látku na bázi sulfonamočoviny, vůči které kukuřice zřejmě prokazovala nízkou toleranci, což vedlo ke snížení výnosu.

Pokus byl sice založen na kvalitních půdách s dostatkem vláhy během vegetace a přihnojen 180 kg.ha⁻¹ močoviny při setí, to však nesnižuje výsledek, kterého dosáhl. Pokud vezmeme v potaz, že průměrné výnosy zrnové kukuřice v roce 2013 činily 6,97 t.ha⁻¹ (Český statistický úřad 2015) a náš nejnižší průměrný výnos zaznamenaly varianty s jetelem nachovým a hořčicí bílou (shodně 7,25 t.ha⁻¹) ve variantě H1, ve variantě H2 - svazenka vratičolistá (8,20 t.ha⁻¹) a hořčice bílá s 8,47 t.ha⁻¹ ve variantě H3, tak stále zbývá rezerva (rozdíl) ve výnosu oproti průměrným výnosům v České republice. Takže jsem došel k názoru, že nic nebrání využití mulče meziplodin při pěstování kukuřice na méně vhodných (svažitých) pozemcích a případné výmluvy pěstitelů na snížený výnos nejsou opodstatněné.

7. Závěr

Na základě zhodnocení vlastního pokusu můžu potvrdit, že technologie zpracování půdy a založení porostu skutečně ovlivňuje výnos zrnové kukuřice.

V pokusu se výrazně projevil vliv herbicidní ochrany, která zapříčinila rozdíl ve výnosu mezi jednotlivými bloky herbicidní ochrany. Nejlepších výsledků ve všech třech blocích herbicidní ochrany zaznamenala varianta pokusu založená na orbě. Výnosy ve variantách, kde byl porost kukuřice založen v mulči meziplodiny, dosáhly obdobných výnosů jako varianty s mělkým kypřením půdy. Výnosy variant mělkého kypření a mulče meziplodin byly sice nižší, ale výnosově se variantám s orbou přiblížily. Žádná z meziplodin nevykázala průkazný vliv na výnos zrna, jelikož jednotlivé varianty s mulčem meziplodin dosahovaly kolísavých výsledků jak v rámci jednotlivých herbicidních bloků, tak při porovnání jednotlivých bloků mezi sebou. Tudíž nelze jednoznačně říct, který mulč meziplodiny má nejlepší vliv na výnos zrnové kukuřice.

Ačkoliv byly varianty s mulčem oproti orbě méně výnosné, prokázaly i tak svůj potenciál. Pěstování kukuřice je tedy možné i v méně vhodných lokalitách a bez výrazného výnosového propadu a ekonomické ztráty za předpokladu, že je při pěstování kukuřice využit mulč meziplodin, který omezuje vznik půdní eroze.

8. Přehled literatury

- [1]. Awal, M. A., Koshi, H., Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*. 139 (1-2). 74-83.
- [2]. Badalíková, B., Hrubý, J. 2009. Využití netradičních meziplodin při protierozní ochraně půdy. *Zemědělský výzkum. Troubsko*. p. 10. ISBN: 978-80-86908-11-3.
- [3]. Berner, A., Hildermann, I., Fließbach, A., Pfiffner, L., Niggli, U., Mäder, P. 2008. Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. *Soil and Tillage Research*. 101 (1-2). 89-96.
- [4]. Bonner, I. J., Muth, D. J., Koch, J. B., Karlen, D. L. 2014. Modeled impacts of cover crop and vegetative barriers on corn stover availability and soil quality. *BioEnergy Research*. 7 (2). 576-589.
- [5]. Borrelli, L., Castelli, F., Ceotto, E., Cabassi, G., Tomasoni, C. 2014. Maize grain and silage yield and yield stability in a long-term cropping system experiment in Northern Italy. *European Journal of Agronomy*. 55. 12-19.
- [6]. Brant, V. [ed.]. 2008. *Meziplodiny*. Kurent. České Budějovice. p. 86. ISBN: 978-80-87111-10-9.
- [7]. Budňáková, M., Jacko, K. 2012. *Situační a výhledová zpráva: Půda*. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. p. 100. ISBN: 879-80-7434-088-8.
- [8]. Cannell, R. Q., 1985. Reduced tillage in north-west Europe – a review. *Soil and Tillage Research*. 5 (2). 129-177.
- [9]. Čapek, J. 2006. Polarka – hořčice bílá. *Zemědělský týdeník*. 9 (27). 11.
- [10]. Český statistický úřad. Plocha osevů. Czso. [cit. 8. 2. 2015] Dostupné z <http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?voa=tabulka&cislotab=ZEM0020UU&&kapitola_id=11>.
- [11]. Český statistický úřad. Sklizeň zemědělských plodin. Czso. [cit. 8. 2. 2015] Dostupné z <http://vdb.czso.cz/vdbvo/tabparam.jsp?voa=tabulka&cislotab=ZEM0030UU&&kapitola_id=11>.
- [12]. Fábry, A., Bechyně, M., Blažek, F., Derco, M. 1975. *Řepka, hořčice, mák a slunečnice*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. p. 358.
- [13]. Faměra, O. 2001. Založení porostu ozimých obilnin rozhoduje o úrodě. *Farmář*. 7 (9). 30-31.
- [14]. Flohrová, A. 1998. *Význam meziplodin v systému hospodaření na půdě*. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. p. 40. ISBN: 80-86153-90-8.

- [15]. Galinat, W. C. 1971. The Origin of Maize. *Annual Review of Genetics*. 5. 447-478.
- [16]. Goodman, M. M., Galinat, W. C., 1988. The history and evolution of Maize. *Critical Reviews in Plant Science*. 7 (3). 197-220.
- [17]. Hauptman, I., Kukul, Z., Pošmourný, K., Bičík, I. 2009. Půda v České republice. Consult. Praha. p. 255. ISBN: 80-903482-4-6.
- [18]. Hnilička F., Hniličková, H. 2012. Vodní režim polních plodin. *Úroda*. 60 (8). 36-37.
- [19]. Hruška, J. 1962. Monografie o kukuřici. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. p. 906.
- [20]. Hůla, J., Abrham, Z., Bauer, F. 1997. Zpracování půdy. Brázda. Praha. p. 140. ISBN: 80-209-0265-1.
- [21]. Hůla, J., Janeček, M., Kovaříček, P., Bohuslávek, J. 2003. Agrotechnická protierozní opatření. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. p. 48. ISSN: 1211-3972.
- [22]. Hůla, J., Procházková, B. 2008. Minimalizace zpracování půdy. Profi Press. Praha. p. 248. ISBN: 978-80-86726-28-1.
- [23]. Humpálová-Blechtová, A. 1998. Význam a možnosti využití zeleného hnojení v zemědělské praxi. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. p. 34. ISBN: 80-86153-97-5.
- [24]. Janeček, M. 2007. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. p. 76. ISBN: 978-80-254-0973-2.
- [25]. Jordán, H. Plochy s geneticky modifikovanou kukuřicí v České republice dlouhodobě klesají. *Eagri*. 27. 4. 2014. [cit. 8. 2. 2015]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2014_plochy-s-geneticky-modifikovanou.html>.
- [26]. Kapusta, G., Krausz, R. F., Matthews, J. L., 1996. Corn yield is equal in conventional, reduced, and no tillage after 20 years. *Agronomy Journal*. 88 (5). 812-817.
- [27]. Konečná, A. 2010. Svazka jako významná meziplodina. *Úroda*. 58 (5). 65.
- [28]. Kopecký, M., Lekeš, J. 1967. Agrotechnika ozimého ječmene. Ústav vědeckotechnických informací. Praha. p. 21.
- [29]. Křen, J., Benada, J., Flašarová, M., Hubík, K. 1998. Metodika pěstování ozimých obilnin. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž. Kroměříž. p. 143. ISBN: 80-902545-2-7.
- [30]. Lal, R. 2001. Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*. 12 (6). 519-539.
- [31]. Lal, R. 2003. Soil erosion and the global carbon budget. *Environment International*. 29 (4). 437-450.

- [32]. Liebman, M., Dyck, E. 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Applications*. 3 (1). 92-122.
- [33]. Martin, J. H., Waldren, R. D., Stamp, D. L. 2006. Principles of field crop production. Prentice Hall. New Jersey. p. 954. ISBN: 0-13-025967-5.
- [34]. Midmore, D. J. 1993. Agronomic modification of resource use and intercrop productivity. *Field Crop Research*. 34 (3-4). 357-380.
- [35]. Mikšík, V., Prášilová, M., Zukalová, H., Vašák, J. 2008. Hořčice. *Zemědělský týdeník*. 11 (7). 9-11.
- [36]. Montgomery, D. R. 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the national Academy of Sciences of the United States of America*. 104 (33). 13268-13272.
- [37]. Pátý, F. 2005. Svazenka a její využití. *Včelařství*. 58 (9). 17.
- [38]. Pelikán, J. 2002. Netradiční jeteloviny, jejich význam a pěstování. *Úroda*. 50 (5). Tematická příloha Jeteloviny. 9-12.
- [39]. Petr, J. 1989. Rukověť agronoma. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. p. 688. ISBN: 80-209-0062-4.
- [40]. Procházka, J. 2005. Hořčice bílá jako meziplodina. *Úroda*. 53 (2). 10-11.
- [41]. Procházka, S., Krekule, J., Macháčková, I., Šebánek, J. 1998. Fyziologie rostlin. Academia. Praha. p. 484. ISBN: 80-200-0586-2.
- [42]. Procházková, B., Pavlíčková, B. 2011. Minimalizační technologie zpracování půdy a množství jejich využití při ochraně půdy a krajiny. Mendelova univerzita. Brno. p. 39. ISBN: 978-80-7375-524-9.
- [43]. Ryšavá, B., Longauerová, J., Mazúr, M., Truksa, J. 1996. Pestovanie kukurice. Ústav vedecko-technických informácií pre pôdohospodárstvo ÚVTIP. Nitra. p. 55. ISBN: 80-85330-28-8.
- [44]. Strnadová, D. 2012. Z historie zemědělství. Národní zemědělské muzeum. Praha. p. 147. ISBN: 978-80-86874-40-1.
- [45]. Szumigalski, A., Van Acker, R. 2005. Weed Suppression and crop production in annual intercrops. *Weed Science*. 53 (6). 813-825.
- [46]. Škoda, V. Současné a nové trendy ve zpracování půdy. *Agris* [online]. 14. 12. 1995. [cit. 2. 3. 2015]. Dostupné z <http://www.agris.cz/Content/files/main_files/63/141178/skoda.pdf>.
- [47]. Škoda, V., Cholenský, J. 1993. Konvenční a perspektivní způsoby zpracování a kultivace půdy. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva ČR. Praha. p. 64. ISBN: 80-7105-048-2.

- [48]. Špaldon, E., Chybová, E., Milka, D. 1986. Rostlinná výroba. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. p. 714.
- [49]. Špunar, J. 2001. Ozimý ječmen a jeho perspektiva. Úroda. 49 (4). Příloha Ozimý ječmen. 1-2.
- [50]. Štěpánek, P. 2011. Svazanka pustí kukuřici i na svahy! Agromanuál. 6 (2). 54.
- [51]. Šuk, J., Balík, J., Jambor, V., Kohout, V., Loučka, R., Táborský, V., Vrzal, J., Jacobe, P. 1998. Kukuřice. VP AGRO, Kněžves. p. 131. ISBN: 80-86153-99-1.
- [52]. Šutner, P. 1997. Svazanka – ideální meziplodina. Zemědělec. 5 (37). 9.
- [53]. Talich, P. [ed.]. 2013. Metodická příručka integrované ochrany rostlin proti chorobám, škůdcům a plevelům: Polní plodiny. Česká společnost rostlinolékařská. Praha. p. 360. ISBN: 978-8-02-02480-4.
- [54]. Tippl, M. 2001. Protierozní agrotechnika zlepšuje půdní vlastnosti a chrání půdu před erozí. Farmář. 7 (9). 62-64.
- [55]. ÚZPI. Toleruje kukuřice zpracování půdy bez použití pluhu? Agris. [online]. 23. 9. 2008. [cit. 29. 3. 2015]. Dostupné z <<http://www.agris.cz/clanek/160594>>.
- [56]. Vach, M. 2009. Pěstování strniskových meziplodin. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. p. 34. ISBN: 978-80-7427-009-3.
- [57]. Vaňatová, P. Setí do mulče vyřešilo erozi. Úroda. [online]. 17. 5. 2002. [cit. 29. 3. 2015]. Dostupné z <<http://uroda.cz/seti-do-mulce-vyresilo-erozi/>>.
- [58]. Vaněk, V. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press. Praha. p. 176. ISBN: 976-80-86726-25-0.
- [59]. Vrzal, J., Novák, D., Procházka, O. 1995. Základy pěstování kukuřice a jednoletých píceňin. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky. Praha. p. 32. ISBN: 80-7105-097-0.
- [60]. Záborský, J. 1973. Pěstování kukuřice. Ústav vědeckotechnických informací Čs. akademie zemědělské. Praha. p. 28.
- [61]. Zea Sedmihorky. 2004. ZEA Systém. Zea Sedmihorky. Turnov. p. 12.
- [62]. Zehnálek, P. 2005. Odrůdy hořčic registrované v ČR. Úroda. Tematická příloha: Hořčice. 53 (2). 6-7.
- [63]. Zimolka, J. a kol. 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. Profi Press. Praha. p. 200. ISBN: 978-80-86726-31-1.

9. Seznam příloh

Foto č. 1: Kukuřice ve variantě orby

Foto č. 2: Kukuřice v mulči

Foto č. 3: Porost hořčice bílé na podzim

Foto č. 4: Porost hořčice bílé na jaře

Foto č. 5: Porost svazenky vratičolisté na podzim

Foto č. 6: Porost svazenky vratičolisté na jaře

Foto č. 7: Porost jetele nachového na podzim

Foto č. 8: Porost jetele nachového na jaře

Foto č. 9: Porost ozimého ječmene na podzim

Foto č. 10: Porost ozimého ječmene na jaře

10. Přílohy



Foto č. 1: Kukuřice ve variantě orby



Foto č. 2: Kukuřice v mulči



Foto č. 3: Porost hořčice bílé na podzim



Foto č. 4: Porost hořčice bílé na jaře



Foto č. 5: Porost svazenky vratičolisté na podzim



Foto č. 6: Porost svazenky vratičolisté na jaře



Foto č. 7: Porost jetele nachového na podzim.



Foto č. 8: Porost jetele nachového na jaře



Foto č. 9: Porost ozimého ječmene na podzim



Foto č. 10: Porost ozimého ječmene na jaře