

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



**Hodnocení různých způsobů aplikace hnojiv při pěstování
kukuřice na siláž**

Bakalářská práce

**Autor práce: Jana Šafářová
Obor studia: Pěstování rostlin**

**Vedoucí práce:
Ing. Jaroslav Tomášek, Ph.D.**

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Hodnocení různých způsobů aplikace hnojiv při pěstování kukuřice na siláž" jsem vypracovala 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 autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.4.2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Jaroslavu Tomáškoví, Ph.D. za odborné vedení, spolupráci a pomoc při tvorbě této bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala vedení a zaměstnancům Výzkumné stanice v Červeném Újezdě, své rodině a přátelům.

Hodnocení různých způsobů aplikace hnojiv při pěstování kukuřice na siláž

Souhrn

Tato práce byla zaměřena na navržení vhodného systému hnojení kukuřice na siláž ve vztahu k produkci sušiny silážní kukuřice, dále byla zaměřena na vyhodnocení obsahu chlorofylu ve vybraných variantách a porovnání hodnot s variantami bez aplikace minerálních hnojiv. K pokusu bylo využito hybridní osivo odrůdy Ronaldinio (FAO 240/250). Byly zasety následující varianty po čtyřech opakováních: 1. varianta – pod patu, 2. varianta – na široko, 3. varianta – bez aplikace minerálního hnojiva, která sloužila jako kontrola. K pokusnému hnojení byly využity hnojiva AMOFOS a PRP-SOL.

Z výsledků pokusu byly zjištěny výnosy všech variant, které byly téměř srovnatelné. V zelené hmotě byl naměřen a vypočítán výnos $30,017 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ u hnojení pod patu, $30,133 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ u hnojení na široko a výnos $31,650 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ u kontrolní varianty, bez aplikace minerálního hnojiva. Po vysušení byl zjištěn výnos $13,947 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (pod patu), $13,131 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (na široko) a $13,784 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (kontrola) v suché hmotě. Z těchto výsledků je patrný obsah sušiny u jednotlivých variant, 46,46 % u pokusného hnojení pod patu, 43,58 % u hnojení na široko a 43,55 % u kontrolní varianty. Z tohoto pohledu lze usuzovat, že nelze jednoznačně prokázat vliv hnojení pod patu na obsah sušiny silážní kukuřice.

Dalším cílem práce bylo vyhodnocení obsahu chlorofylu ve vybraných variantách. Z průměrných hodnot 44,18 SPAD jednotek u hnojené varianty pod patu, 41,61 SPAD jednotek u varianty na široko a 43,51 SPAD jednotek u kontrolní varianty bez aplikace minerálního hnojiva nelze jednoznačně prokázat vliv minerálních hnojiv na obsah chlorofylu v rostlinách kukuřice.

Klíčová slova: kukuřice, hnojení pod patu, chlorofyl, výnos, siláž

The evaluation of different methods for applying fertilizers in the corn cultivation for silage

Summary

This work was focused to propose a suitable system fertilizing silage of corn, which is in relation to the production of dry matter silage of corn. Next part of this work was evaluation of the content of chlorophyll in selected variants and comparison of values with variants without application of mineral fertilizers. Hybrid seed of variety Ronaldinio (FAO 240/250) was used for this experiment. They were planted the following variants after four repetitions: 1st variant – under the heel, 2nd variant – for wide and 3rd variant – without application of mineral fertilizers, which served as a control. Fertilizers AMOFOS and PRP-SOL were used for experimental fertilization.

From the test results, they were found average yields of all variants, which were almost comparable. It was measured and calculated the yield $30,017 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ of green mass at fertilizer under the heel, $30,133 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ at fertilizer for wide and $31,650 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ at the control variant – without application of mineral fertilizer. It was found yield of dry matter $13,947 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (under the heel), $13,131 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (for wide) and $13,784 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ at the control variant, after drying. From this results, it is evident content of dry matter of individual variants, 46,46 % in the experimental fertilization under the heel, 43,58 % in the fertilization for wide and 43,55 % in the control variant. From this perspective, it cannot be conclusively demonstrate effect of fertilization under the heel on the dry matter of maize for silage.

Another purpose of this work was evaluation of the content of chlorophyll in the selected variants. From average values of chlorophyll content 44,18 SPAD units at fertilized variant under the heel, 41,61 SPAD units at variant for wide and 43,51 SPAD units at variant without application of mineral fertilizers, it cannot be conclusively demonstrate effect of mineral fertilizers on the chlorophyll content in the plants of maize.

Keywords: maize, fertilizing under the heel, chlorophyll, yield, silage

Obsah

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1 | Úvod..... | 1 |
| 2 | Cíl práce..... | 4 |
| 3 | Literární rešerše | 5 |
| 3.1 | Botanická charakteristika | 5 |
| 3.1.1 | Kořeny | 5 |
| 3.1.2 | Stéblo | 6 |
| 3.1.3 | List | 6 |
| 3.1.4 | Květenství..... | 6 |
| 3.1.5 | Kukuřičné zrno | 6 |
| 3.1.6 | C4 rostliny | 7 |
| 3.2 | Agrotechnika..... | 8 |
| 3.2.1 | Příprava půdy | 8 |
| 3.2.2 | Zakládání porostu | 9 |
| 3.2.3 | Setí | 9 |
| 3.2.4 | Výběr vhodného hybridu | 10 |
| 3.2.5 | Číslo ranosti FAO | 10 |
| 3.2.6 | Sklizení | 11 |
| 3.3 | Teorie tvorby výnosu | 12 |
| 3.3.1 | Výnosový potenciál | 12 |
| 3.3.2 | Chlorofyl..... | 12 |
| 3.3.3 | Kvalita kukuřičné siláže | 12 |
| 3.5 | Výživa | 14 |
| 3.5.1 | Dusík..... | 14 |
| 3.5.2 | Fosfor | 15 |
| 3.5.3 | Draslík | 15 |
| 3.5.4 | Bór..... | 15 |
| 3.5.5 | Zinek..... | 16 |
| 3.5.6 | Hnojení organickými hnojivy | 16 |
| 3.5.7 | Hnojení průmyslovými hnojivy | 17 |
| 3.6 | Faktory snižující výnos a kvalitu | 18 |
| 3.6.1 | Abiotické faktory..... | 18 |
| 3.6.2 | Biotické faktory | 19 |
| 3.7 | Problémy s pěstováním kukuřice | 24 |
| 3.7.1 | Eroze | 24 |
| 3.7.2 | GMO kukuřice | 24 |
| 4 | Materiál a metody | 26 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 4.1 | Charakteristika stanoviště – Červený Újezd..... | 26 |
| 4.1.1 | Obecná charakteristika lokality | 26 |
| 4.1.2 | Půdní podmínky | 26 |
| 4.2 | Agrotechnika pokusu..... | 27 |
| 4.2.1 | Popis použitých přípravků a hnojiv | 27 |
| 5 | Výsledky | 29 |
| 5.1 | Vliv hnojení na produkci sušiny silážní kukuřice | 29 |
| 5.2 | Obsah chlorofylu | 31 |
| 6 | Diskuse | 33 |
| 7 | Závěr | 34 |
| 8 | Seznam literatury | 35 |

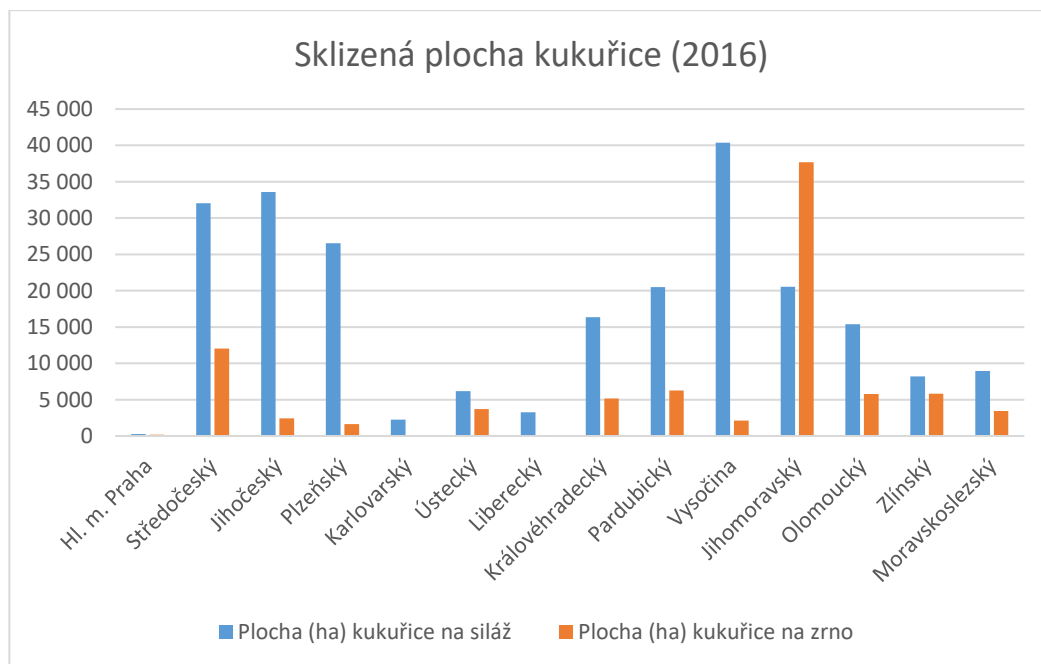
1 Úvod

Význam kukuřice pro lidstvo je zřejmý z toho, že se dnes pěstuje v pěti světadílech. Objevením Ameriky se stala majetkem celého světa a spolu s pšenicí a rýží je nejdůležitější obilninou ve výživě lidí, dnes i významnou krmnou, průmyslovou a energetickou plodinou. Z porovnání osevních ploch, celkové sklizně a výnosů těchto tří hlavních obilnin vyplývá, že kukuřice je nejen nejproduktivnější, ale poskytuje zároveň nejlepší předpoklady pro další růst svých výnosů. Kdyby se totiž pěstovala kukuřice v podmínkách jako rýže (uměle zavlažovaná), byla by její celková sklizeň přibližně dvojnásobná (Zimolka a kol., 2008).

Kukuřice je významnou plodinou a v současnosti se její osevní plochy rok od roku zvětšují. Má ohromný energetický potenciál s krátkou vegetační dobou. Výběrem vhodného hybridu, správnou výživou a hnojením lze dosáhnout vysokých výnosů i v oblastech, kde se dříve kukuřice pěstovala ojediněle (Kunzová a kol., 2011). Kukuřice zažívá v posledních letech doslova pěstitelský rozmach mezi zemědělci. Zařadila se tak mezi plodiny zaujímající velké procento obhospodařované zemědělské půdy. V osevních sledech je často zařazována i ve víceletých pěstitelských cyklech jdoucích za sebou (Kolařík a kol., 2016).

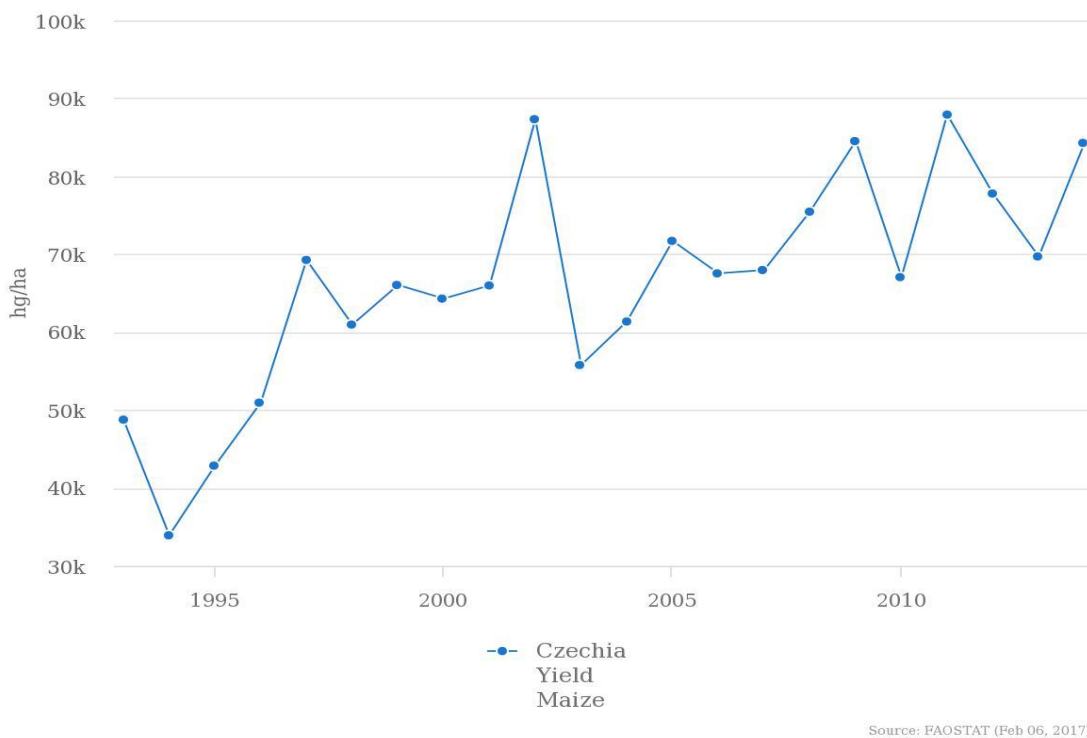
V podmínkách České republiky patří kukuřice mezi plodiny s nejvyšším produkčním potenciálem celkové sušiny. Při využití kukuřice k energetickým účelům lze sušinu přeměnit na energii využitím kukuřičné siláže na výrobu bioplynu nebo spalováním biomasy po úpravě sušiny. Spalování biomasy kukuřice je nejjednodušší způsob přeměny na tepelnou energii (Diviš a Kajan, 2009). Silážovaná kukuřice s vysokým obsahem vlhkosti je důležité konzervované krmivo ve výživě hospodářských zvířat, zejména ve výživě přežvýkavců (Gálik a kol., 2010). Je právem nazývána obilovinou druhé generace právě pro svůj vysoký výnosový potenciál, jež je dán téměř dvojnásobnou intenzitou fotosyntézy ve srovnání s hustě setými obilovinami (Kulanová, 2002).

Dle údajů Českého statistického úřadu bylo v České republice v roce 2011 oseto 121 006 ha kukuřice na zrno s průměrným hektarovým výnosem 8,76 t/ha, v roce 2016 už jen 86 407 ha s hektarovým výnosem 9,79 t/ha. Plochy kukuřice na zeleno a siláž v průměru neustále rostou, v roce 2011 bylo oseto celkem 186 224 ha s průměrným hektarovým výnosem 41,79 t/ha, v roce 2016 bylo v ČR zaseto již 234 396 ha s výnosem 40,72 t/ha. Rok 2015 byl pro silážní kukuřici velmi nepříznivý, průměrný hektarový výnos dosahoval pouze 29,13 t/ha, důvodem bylo sucho v období vegetace.

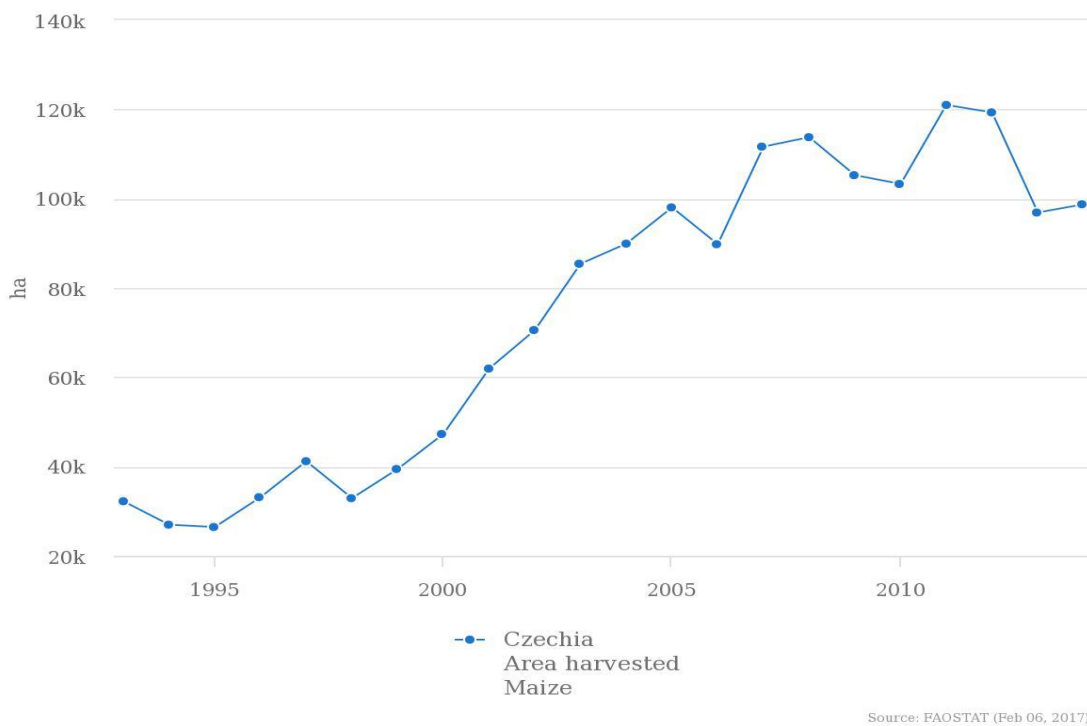


Graf 1 – Sklizená plocha kukuřice v České republice podle krajů (czso.cz, 2017)

Předpokladem pro zabezpečení vysokých výnosů kukuřice je vytvoření mohutného kořenového systému, který je schopen dostatečně zásobit rostlinu během vegetace vodou a živinami. Optimální rozvoj kořenového systému podporuje a ovlivňuje komplex půdních vlastností označovaný jako půdní úrodnost. Jedním z faktorů půdní úrodnosti je výživa a hnojení (Prokeš, 2002).



Graf 2 – Vývoj výnosů kukuřice v České republice v letech 1993-2014 (FAO, 2017)



Graf 3 – Sklizená plocha kukuřice v České republice v letech 1993-2014 (FAO, 2017)

2 Cíl práce

Cílem práce bylo navrhnout vhodný systém hnojení kukuřice na siláž (před setím na široko, pod patu) ve vztahu k produkci sušiny silážní kukuřice.

Dalším cílem práce bylo vyhodnotit obsah chlorofylu ve vybraných variantách a porovnat hodnoty s porostem kukuřice bez aplikace minerálních hnojiv.

Hypotézy:

- Předpokládá se, že hnojení pod patu bude mít vliv na produkci sušiny silážní kukuřice.
- Předpokládá se, že aplikace minerálních hnojiv bude mít vliv na obsah chlorofylu.

3 Literární rešerše

3.1 Botanická charakteristika

Dle Nováka a Skalického (2012) je kukuřice krytosemenná jednoděložná rostlina řazená do čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Tato čeleď zahrnuje asi 650 rodů s 10 000 druhy, v ČR přes 60 rodů s téměř 200 druhy.

Podle dnešních poznatků se předpokládá, že rod *Zea* zahrnuje 4 druhy jednoletých a vytrvalých bylin čeledě lipnicovitých (*Poaceae*), původem z centrální Ameriky. Jako zelenina vznikla koncem 18. století, ale kukuřičná zrna prastarých hybridů se našla v archeologických vykopávkách starých až 5 600 let (Burnie, 2007). Nyní je pěstována téměř po celém světě, ačkoliv přibližně 50 % světové produkce kukuřice připadá na USA. Je celosvětově jedna ze tří hlavních obilovin a je nesmírně důležitá pro lidskou a zvířecí spotřebu (15 – 56 % z celkového denního příjmu kalorií), dále pro potravinářský průmysl a další obchodní aktivity v mnoha vyspělých i rozvojových zemích (Jimenes-Lopez, 2012).

Kukuřice setá (*Zea mays*)

Kukuřice setá – je kulturní plodina původně domestikována Indiány na území dnešního Mexika (Cagáň a kol., 2010). Jedná se o až 5 m vysokou, po rýži a pšenici nejvýznamnější obilninu (Novák a Skalický, 2012).

Celé nedozrálé rostliny slouží jako zelené krmivo, neboť kukuřičná siláž je celosvětově převládajícím základním krmivem pro hovězí dobytek. Siláž z palic je základní složkou krmiva vepřového dobytka (Jůzlová, 2010).

3.1.1 Kořeny

Kukuřice vytváří svazčitý kořenový systém, jehož provazčité kořeny pronikají poměrně hluboko do půdy, podle stanovištních podmínek 1,5 – 3 i více metrů, a zajišťují zásobování vodou ze značné hloubky. Převážná část jemných kořínků je však rozložena mělce v orniční vrstvě do 20 cm, kolem stébla v okruhu okolo 100 cm i více. Rychlost tvorby kořenů je v počátečním růstovém období velká. Kromě funkčních adventivních kořenů může kukuřice vytvářet ze tří až čtyř nadzemních kolének nadzemní vzdušné kořeny, které ji mohou chránit před polehnutím (kořeny opěrné) (Zimolka a kol., 2008).

Minerální živiny jsou distribuovány v půdě nejednotně. Plasticita kořenových reakcí na dostupnosti minerálních živin je považována za důležité hledisko pro optimalizaci získávání těchto živin (Yu at al., 2014). Stavba kořenového systému u kukuřice hraje důležitou roli hlavně při přijímání fosforu, avšak zvýšení využití fosforu u kukuřice prostřednictvím genetické manipulace nebyly dosud prokázány (Gu at al., 2016).

3.1.2 Stéblo

Kukuřice má obdobně jako jiné obilniny vzpřímené dužnaté stéblo. Na povrchu je hladké. Dosahuje výšky (podle variet) od 120 do 300 i více centimetrů. Je složené z článků (internodií), které se střídají s plnými kolénky (nody). Počet nadzemních článků a kolének je podmíněn délkou vegetační doby (raností hybridu) a stanovištními podmínkami. Z každého kolénka vyrůstají na stéble vstřícné listy. Články stébla jsou vyplněny dřevem, čímž stoupá jeho pevnost. Pod pokožkou v periférii dřevě probíhají hustě cévní svazky uzavřené silnými sklerenchymatickými pochvami. Směrem do středu stébla cévních svazků ubývá (Zimolka a kol., 2008).

3.1.3 List

Kukuřice má listy široké, dlouze kopinaté. Velká, široká čepel (lamina) má nápadné střední žebro, často zvlněný okraj. Povrch čepele je mírně porostlý chloupky, na spodní straně hladký. Spodní část listu tvoří mohutnou pochvu, obklopující stéblo a chránící bázi jednotlivých článků (Zimolka a kol., 2008). Cévní systém listu kukuřice se skládá z podélných vláken propojených příčnými svazky. V dané příčném řezu mohou být podélná vlákna rozdělena do tří typů svazků v závislosti na velikosti a struktuře: malé, střední, velké (Russell a Evert, 1985).

3.1.4 Květenství

Kukuřice je obilnina s terminální latou samčích květů a s úžlabní palicí květů samičích, která je zahalena papírovitými listy, z nichž na vrcholu vyčnívají dlouhé žláznaté nitkovité blizny (Novák a Skalický, 2012).

3.1.5 Kukuřičné zrno

Zrno kukuřice obsahuje škrob (60-80 %), bílkoviny (6-22 %), tuk (1,5-15 %), celulózu (2-11 %) a popeloviny (1,5-4 %) (Cagáň a kol., 2010). Obilky jsou žluté, bělavé nebo červenavé,

více nebo méně hranaté, v palici na dužnatém vřetenu. Obilky kromě škrobu obsahují bílkoviny, vitamíny, karoten aj. (Novák a Skalický, 2012).

3.1.6 C4 rostliny

Počet dnes známých druhů C4 se blíží 10 000. Více než polovinu z nich tvoří trávy (lipnicovité – Poaceae). Metabolismus C4 vznikl u trav dříve než u ostatních skupin. Proto měl víc času „vyladit se“, aby poskytoval maximální výhody. Navíc být trávou je samo o sobě celosvětově extrémně úspěšná strategie bez ohledu na typ metabolismu (Kubánek, 2012). Rostliny s fotosyntézou typu C4 mají kolem cévních svazků pochvu z parenchymatických buněk, což umožňuje fotosyntézu výhodnou např. pro rostliny na územích s extrémními teplotami (Novák a Skalický, 2012). Dopad C4 rostlin na produkci potravin ve světě je enormní. Kukuřice, čirok a proso jsou nejčastěji pěstované C4 plodiny – tvoří asi 95 % produkce obilovin C4 (Rowan a Russell, 1998). Rostliny C4, které potřebují pro svůj růst hodně slunečního záření mají za kratší dobu vyšší přírůstek biomasy, jelikož mají nižší fotorespiraci (Hašková, 2014).

3.2 Agrotechnika

3.2.1 Příprava půdy

Předpokladem úspěšného pěstování kukuřice jsou vhodné hluboké, humózní půdy, které jsou výhřevné a dobře provzdušněné se slabě kyselým až alkalickým pH. Za nevhodné považujeme půdy kyselé s vysokou hladinou spodní vody. Z pohledu povětrnostních podmínek je potřeba srážek více než 300 mm za vegetaci. Kukuřice, co se týče nároků na vlastnosti půdy, je nenáročnou rostlinou, limitujícím prvkem jsou ale povětrnostní podmínky (Uvírová, 2017).

3.2.1.1 Předseťová příprava půdy

Primárně je kladen důraz na urovnání pozemku, včetně tvorby drobtovité struktury půdy a rozdrobení hrud, a na tvorbu izolační nakypřené horní vrstvy snižující evaporaci a zvyšující teplotu půdy. Současné systémy předseťové přípravy sebou přináší rizika, která následně negativně ovlivňují vývoj porostu. Primárně se jedná o utužení horní vrstvy půdy v důsledku přejezdu tažných prostředků, také v důsledku nárůstu hmotností tažných prostředků (Brant, 2016).

Předseťové zpracování se musí provést precizně, rozhoduje o kvalitě založení a rychlosti vývoje porostu. Je potřeba se držet pravidla, že ornice by měla být zpracována o 2-3 cm hlouběji, než se bude provádět setí kukuřice. Celkovou hloubku zpracování nám ovlivňuje ročník. Když je sušší jaro, volíme hlubší setí (max. 7 cm) a i zpracování (do 10 cm), limitujícím faktorem je voda. Naopak jsou-li vláhové podmínky dobré, stačí půdu zpracovat do 7-8 cm, cílem je seťové lůžko dostatečně prohřát (Zelený, 2013).

3.2.1.2 Minimalizace předseťové přípravy

Důvodů pro minimalizaci předseťové přípravy půdy či pro její úplné vypuštění před výsevem kukuřice je několik. Eliminace zhutnění orniční vrstvy u kukuřice přispívá ke snížení rizika vzniku erozních procesů v důsledku lepší infiltrace vody do půdy. Základem snížení intenzity či vypuštění předseťové přípravy je urovnání povrchu pozemku již při základním zpracování půdy. Při vypuštění předseťové přípravy lze však očekávat problémy s výdolem, většinou obilní předplodiny, jehož semena zůstávají při kypření půdy uložena v horní vrstvě půdy (Brant, 2016).

3.2.2 Zakládání porostu

Správné založení porostu kukuřice je jedním ze základních předpokladů dosažení vysoké produkce a kvality všech variant jejího využití. Pokud se nepodaří dosáhnout optimálního počtu rostlin na jednotce plochy pro dané stanoviště, hybrid i užitkový směr, ovlivní se tak primárně výnos jak v množství, tak v kvalitě (Zimolka a kol., 2008).

V současné době je na výběr klasická technologie, což zahrnuje orbu s předseťovou přípravou půdy, bezorebná technologie (kypření), pásové zpracování půdy (strip till) nebo přímé setí do nezpracované půdy. Uvedené technologie mají za úkol přípravu seťového lůžka a vytvoření optimálních podmínek pro klíčení rostlin (Švec, 2016).

3.2.2.1 Strip-till

Obecně je pásové zpracování půdy (strip-tillage) definováno jako zpracování půdy v pruzích ve směru řádků vysévané plodiny, jehož plošný podíl nepřesáhne více než jednu čtvrtinu pozemku. Principem pásového zpracování je kombinace výhod plošného zpracování půdy a setí do nezpracované půdy (Brant, 2011). Přednosti pásového zpracování půdy a následného přesného setí do těchto pásů, jsou ověřené mnohaletou praxí na farmách a v zemědělských firmách v zámoří, ale už také v Evropě. K jejím přednostem patří protierozní ochrana, zvýšená teplota seťového lůžka umožňující dřívější setí i za méně příznivých klimatických podmínek, doprovázená rychlejším vzcházením a růstem. Mezi nejdůležitější přednosti patří zachování vody v půdě (Šebela, 2014).

3.2.3 Setí

Termín výsevu kukuřice je v České republice velmi široký. V každém podniku musí být zvolen tak, aby co nejlépe využíval vhodnou dobu vegetačního období. Standardní hranice začátku setí kukuřice je dána teplotou půdy v místě uložení kukuřičného semene. Pro rychlé klíčení semene je optimální teplota 8-10 °C. Tomu odpovídá termín setí od poloviny dubna do 10. května. Důsledky brzkého setí za chladného počasí jsou zpomalené klíčení rostlin, pomalé vzcházení, zpomalení růstu kořenů, snížená schopnost přijímat živiny. Na druhé straně pozdní setí po 10. květnu přináší zpravidla snížení výnosu minimálně o 15 %. Přitom je tím také výrazně oddálena sklizeň a není optimálně využita vegetační doba kukuřice (Řeňč, 2015).

Dalším z faktorů, který má vliv na výnos kukuřice, je počet rostlin na hektar. Ten je určen především raností hybridu, jeho využitím (zrno x siláž), půdním druhem a půdním

typem, zásobou živin a dalšími vlivy. Obecně lze říci, že se volí nižší počet rostlin pro daný hybrid oproti doporučenému počtu na půdách méně úrodných, případně kde hrozí přísušky nebo jinak nevhodné podmínky. Vyšší počet rostlin se volí při nevhodných podmínkách při vzházení, také u vyššího výskytu posklizňových zbytků na pozemku (Švec, 2016).

Růst a vývoj rostlin ovlivňuje také hloubka setí. Nejčastěji se seje do hloubky 5 až 8 centimetrů. Vlaha je důležitým faktorem, na kterém je závislá hloubka uložení osiva do půdy. Jsou i případy, kdy je možné sít kukuřici do hloubky 3 až 5 centimetrů, což je nejčastěji při raném termínu setí a při vlhkém průběhu jara (Švec, 2016).

Doporučená meziřádková vzdálenost je 70 až 75 cm. Zajišťuje dostatek světla pro fotosyntézu, prohřívání půdy a minimální ztráty při sklizni řádkovými adaptéry. Vzdálenost rostlin v řádku se pohybuje v rozmezí od 12-15 do 30 cm (Zimolka a kol., 2008).

3.2.4 Výběr vhodného hybridu

Výběr správného hybridu kukuřice patří mezi jedno z nejdůležitějších pěstitelských opatření. Při rozhodování je nutné zohlednit především účel pěstování, výrobní oblast, teplotní a půdní podmínky stanoviště, agrotechniku, vybavení zemědělského podniku příslušnou technikou apod. Pro silážní účely volíme hybridy s vysokým výnosem silážní hmoty, vysokým podílem palic na celkové hmotnosti rostliny, maximálním výnosem energie z jednotky plochy a maximální koncentrací energie v 1 kg sušiny a vysokou stravitelností zbytku rostliny. U zrnové kukuřice vybíráme hybridy, které poskytují vysoký výnos zrna, mají schopnost rychlé ztráty vody ze zrna a zachovávají pevná stébla (Fuksa a kol., 2006).

3.2.5 Číslo ranosti FAO

V současné době ranost hybridu ukazuje tzv. číslo FAO. Jde o číslo hybridu, které je vypočítáno na základě středního obsahu sušiny v palici v době zralosti kukuřice na siláž ve srovnání s kontrolními hybridy. Odchylna v obsahu sušiny o 1 % přitom odpovídá 10 FAO jednotkám (Zimolka a kol., 2008). Podle ranosti jsou obvykle pro bramborářskou výrobní oblast doporučovány nejranější hybridy skupiny FAO 160-250, naopak v kukuřičné výrobní oblasti lze pěstovat hybridy skupiny FAO 300-400 (Fuksa a kol., 2006).

3.2.6 Sklizeň

Včas provedený sběr snižuje ztráty na úrodě polyfágními škůdci, zejména různými druhy ptáků, hlodavců, jelenů, divokých prasat a jiných. Sběr třeba provést v úplné fyziologické zralosti. Časně a středně ranné hybridy je důležité sklízet v optimálních termínech, neboť zpožděním může dojít k poléhání rostlin, čímž se zvyšují ztráty zapříčiněné hlodavci (Uvírová, 2015).

3.2.6.1 Sklizeň kukuřice na siláž

Ke sklizni nejvhodnější vývojové stadium kukuřice na siláž je ovlivněno typem hybridů. V posledních letech se v ČR rozšířily hybridy kukuřice tzv. stay green (na zelené rostlině zralý klas) vedle starších hybridů s rychlým dozráváním. Maximálního výnosu energie dosáhneme tehdy, sklízíme-li kukuřici ve stadiu, kdy je ukončeno ukládání škrobu do zrna. Nasazením sklizňových řezaček vybavených corncrakrem (drtícími válci za řezacím ústrojím) je žádoucí prodloužit délku řezanky, neboť drtící válce nastavené na rozteč 2-3 mm spolehlivě zrno podrtí a řezanku rozštípnu (Kulanová, 2002).

3.2.6.2 Sklizeň kukuřice na zrno

Kukuřice na zrno je fyziologicky zralá ke sklizni (žlutá zralost), když obsah sušiny v zrnu dosahuje hodnoty 60 až 62 %. Zrno je tvrdé, lesklé, na bázi má načernalou vrstvu, která signalizuje ukončení ukládání živin. Sklizeň se provádí sklízecími mlátičkami, na nichž se musí provést různé úpravy. Optimální vlhkost je do 30 %. Při vyšší vlhkosti se začíná zvyšovat procento ztrát a poškození zrna a snižuje se výkonnost mlátičky. Vlhkost zrna by neměla překročit 40 %. Zrno po sklizni se musí buď vysušit na standardní vlhkost (14 %), nebo se konzervuje při sklizňové vlhkosti (Kůst, 2009). V oblibě jsou sklízecí mlátičky s axiálním systémem výmlatu, které zajišťují vysokou výkonnost a minimální poškození zrna. Umožňují také začínat dříve a končit s prací později (Beneš, 2012).

3.3 Teorie tvorby výnosu

Kukuřice náleží mezi rostliny typu C_4 a proto využívá velmi dobře sluneční energii. S tím je spojeno i efektivní využití přijatých živin na tvorbu výnosu. Obsah živin v rostlinách je ovlivněn především půdně – klimatickými podmínkami, úrovní hnojení a pěstovaným hybridem, a proto i odběr živin se může významně lišit (Balík a kol., 2001).

3.3.1 Výnosový potenciál

Výnosy kukuřice začaly v průběhu minulého století v mnoha zemích výrazně narůstat, nejprve ve 30. letech ve Spojených státech, v jiných částech světa došlo k výraznému nárůstu výnosů až v 50. a 60. letech. Celosvětově se výnosy během let 1961-2002 zdvojnásobily, lineární nárůst v těchto letech představoval zvýšení výnosu o 61 kg/ha za rok (Duvick, 2005).

Průměrný obchodní výnos kukuřice v USA se zvýšil z 1 Mg/ha v roce 1930 na 7 Mg/ha v roce 1990. Zvýšení je výsledkem genetických a agronomických zlepšení zároveň. Genetické zlepšení výnosu kukuřice není spojeno s výnosovým potenciálem samo o sobě, ani s heterózním efektem, ale je spojeno především s tolerancí proti stresu. Potenciál pro další zvýšení výnosu prostřednictvím zvýšené tolerance vůči stresu u kukuřice je velký (Tollenaar a Lee, 2002).

3.3.2 Chlorofyl

Obsah chlorofylu úzce souvisí s fotosyntetickou kapacitou rostlin, stavem dusíku a produktivitou (Yi at al., 2017). Chlorofyl je důležitým faktorem, který má vliv na výnos u kukuřice (Irfan at al., 2014). Fotosyntetický aparát kukuřice je znám tím, že je více citlivý na nízké teploty. Listy, které se vyvíjejí při teplotě 15 °C nebo nižší se rovněž vyznačují velmi nízkou fotosyntetickou kapacitou. Zlepšení chladové tolerance fotosyntetického aparátu kukuřice může významně přispívat ke zlepšení výkonnosti plodiny v mírných oblastech zvýšením vitality a prodloužením vegetační doby (Fracheboud et al., 1999).

3.3.3 Kvalita kukuřičné siláže

Kukuřice je nosičem dvou rozdílných druhů krmiva. Kukuřičné palice lze považovat za jádrové krmivo s vysokým obsahem energie (7,5 – 8,5 MJ NEL/kg sušiny), zbytek rostliny je objemovým krmivem s dobrou strukturou, ale s nižší koncentrací energie (5,2 – 5,5 MJ NEL/kg sušiny). Koncentrace škrobu v siláži úzce souvisí s vegetačním stádiem rostlin v době sběru a

obsahem energie. Vzhledem k tomu, že kukuřici silážujeme po přímém sběru, tj. bez uvadání, při určení termínu sběru je určujícím faktorem hlavně obsah sušiny celé rostliny. Za optimální termín pro sběr se považuje začátek fáze voskové zralosti, kdy se obsah sušiny v celé rostlině pohybuje na úrovni 30 – 34 % (Dolešová, 2016).

Kvalitu kukuřičných siláží lze ovlivnit mnoha způsoby. Mezi ty nejdůležitější patří výběr hybridu, doba sklizně, výška strniště, mechanické zpracování řezanky, přidavek aditiv, dostatečné vytěsnění vzduchu ze silážované hmoty, dokonalá izolace od vnějšího prostředí po celou dobu skladování, správná technika manipulace s hotovou siláží (Loučka, 2011). Stabilizovat výnosy kukuřice na siláž v našich půdně-klimatických podmínkách se podaří pouze efektivním využitím všech racionalizačních prvků, které máme k dispozici, jedním z nich je správná volba výživy a hnojení (Kunzová a kol., 2011).

Optimální sušina celých rostlin kukuřice určených pro produkci kukuřičných siláží je většinou v přímém vztahu k době sklizně charakterizované vegetační zralostí zrna. I když se doporučuje kukuřici na siláž sklízet o sušině do 34 %, více než 50 % rozborů siláží z praxe má sušinu vyšší. Pozdní sklizeň kukuřice na siláž přináší velké problémy hlavně v důsledku nedostatečného udusání. Zvířatům pak siláž méně chutná, není živinově plnohodnotná, je méně stravitelná, vyskytují se v ní metabolity a plísňové toxiny, případně se rychleji kazí (Loučka a kol., 2012).

Kvalita siláží ve vztahu k houbám rodu *Fusarium* může být ovlivněna nejen přítomností houbových spor, ale především zvýšeným obsahem mykotoxinů, např. aflatoxin, ochratoxin A, deoxynivalenol, fumonisin, zearalenon. Mykotoxiny působí na většinu orgánů v těle konzumenta. Důsledky působení mykotoxinů na živočišný organizmus jsou velmi různorodé v závislosti na typu toxinu, dávce a délce doby jeho působení, druhu, stáří, pohlaví a aktuálním zdravotním stavu jedince (Nedělník, 2013).

Vyrobít velmi kvalitní siláž lze pouze za předpokladu, že v době sklizně obsahuje vysoké procento sušiny na úrovni 30 až 35 % a jsou dodrženy všechny předepsané postupy při výrobě siláže, jako je délka řezanky, řádné udusání, rychlost sklizně kukuřice a naplnění silážního žlabu či vaku. Tímto doporučeným postupem dojde k vytvoření anaerobního a kyselého prostředí (pH = 4) a usnadní se tak průběh mléčného kvašení, který je žádoucí pro správnou fermentaci (Kůst, 2009).

3.5 Výživa

Mezi nejdůležitější intenzifikační faktory při pěstování kukuřice určitě patří i výživa rostlin zohledňující nároky plodiny na živiny, ale i dynamiku jejich příjmu po celé vegetační období. Někteří autoři jí připisují 30 a více procentní podíl na tvorbě úrody (Uvírová, 2015). Kukuřice je velmi vyčerpávající plodinou z pohledu odběru živin, to vyžaduje dobré hospodaření s živinami (Kumar at al., 2016).

V procesu výživy rostlin se využívá vzájemné působení mezi půdou, rostlinou a hnojivem. Z tohoto důvodu pro pochopení charakteru přeměn hnojiv v půdě a jejich účinku na různých půdách je velmi důležité znát složení půdy, její vlastnosti, jakož i fyzikálně-chemické a biologické procesy probíhající v půdě (Uvírová, 2015). Systémy hospodaření se živinami představují velmi složitý komplex působení více faktorů, jako jsou jednotlivé rostlinné živiny, jejich harmonické složení a vzájemné interakce, ale taky vliv dalších činitelů, například vlastnosti půdy, klimatické podmínky, množství a kvalita půdní organické hmoty, pěstované plodiny, statkové a minerální hnojení (Kunzová a kol., 2011).

Kukuřice je velmi náročná plodina na živiny. Při množství živin, které potřebuje pro svůj růst, jí nemůže v žádném případě nahradit výživa foliární. Budeme-li předpokládat výnos u silážní kukuřice 20 t SH na ha při 33% sušiny, je v tomto případě odběr dusíku 180 kg/ha, fosforu 60 kg/ha a draslíku 180 kg/ha. U zrnové kukuřice při výnosu 11 t zrna z hektaru včetně adekvátního množství slámy je to v podstatě dvojnásob. Nezastupitelnou roli zde mají organická hnojiva (Švec, 2016).

Při určování dávek průmyslových hnojiv pro hnojení kukuřice vycházíme z výsledků půdních rozborů a z požadavků pěstované plodiny na živiny. Počáteční růst a vývin kukuřice probíhá velmi pomalu (Uvírová, 2015).

Z pohledu odčerpání živin z půdy odběrem výnosu patří kukuřice mezi plodiny, které odčerpají z půdy značné množství živin. Jednou tunou zrna kukuřice a příslušného množství kůroví odebere z půdy asi 30 kg N, 5 kg P, 29 kg K, 0,67 kg Ca a 1,25 kg Mg (Krempa, 2013).

3.5.1 Dusík

Rozhodující část dusíku se většinou aplikuje před setím, ale vysoký příjem rostlinami je až v období intenzivního růstu, tedy asi za 8-10 týdnů. Snahy o přesun hnojení do vegetačního období jsou zcela oprávněné s ohledem na možné ztráty dusíku, ale běžné přihnojení

dusíkatými hnojivy většinou vede k poškození porostu. Jsou proto hledány způsoby aplikace hnojiv za vegetace, které by nepoškozovaly porost – hnojení pod listy – na povrch půdy (Balík a kol., 2001).

3.5.2 Fosfor

Fosfor (P) je základní živina pro vyšší rostliny, avšak má nízkou mobilitu a dostupnost v půdě. Dobře provedené hnojení může vést ke zvýšení dostupnosti tohoto prvku (Eissa and Mamdouh, 2016). Při hnojení kukuřice fosforem vycházíme z toho, že kukuřice má dobrou osvojovací schopnost vůči fosforu z půdy jako také z toho, že na půdách jsou rozdílné zásoby přístupného fosforu. Její potřeba na tvorbu úrody je obdobná jako pro ostatní obilniny, 4,5-5,0 kg/t zrna. Nejintenzivnější přijímání fosforu kukuřicí je ve fázi kvetení a tvorbě palic. Na půdách s dobrou zásobou fosforu kukuřice v mnohých případech na fosforečné hnojení zvýšením úrody nereaguje (Varga a Ducsay, 2012).

Pěstitelé kukuřice stále častěji uplatňují hnojení fosforem „pod patu“. Jde o zajištění dobrého startu pro rostlinu a hlavně rozvoj kořenového systému. Ten je u kukuřice opravdu mohutný, v době kvetení dosahuje do hloubky 80 cm i více, a tehdy se může projevit nedostatkem fosforu, pokud se jím pravidelně nehnojí plošně a není tudíž k dispozici v celém půdním profilu. Když se „ušetří“ na hnojení, někde se to negativně odrazí. Třeba v tom, že odrůda nerealizuje svůj výnosový potenciál (Hofmanová, 2002).

3.5.3 Draslík

V důsledku nedostatečné výživy kukuřice draslíkem dochází k narušování látkové přeměny, což se nejvíce projevuje v nedostatečně vyvinutých palicích. Vzhledem k značné potřebě draslíku při výživě kukuřice už před květem, je potřeba zajistit dostatečnou výživu tímto prvkem hned v prvních růstových fázích. Draslík příznivě ovlivňuje pevnost stébel a odolnost vůči chorobám (Varga a Ducsay, 2012).

3.5.4 Bór

Bór patří mezi významné rostlinné živiny. Ačkoliv je řazen mezi mikroprvky, zastává v rostlině mnohé významné funkce na úrovni makroprvků. Kukuřice a ostatní jednoděložné rostliny mají oproti dvouděložným nižší obsah bóru. Avšak kukuřice je citlivější na nedostatek bóru ve srovnání s pšenicí nebo s ječmenem, důvodem je celková potřeba bóru daná

množstvím vytvořené biomasy. Bór zastupuje významnou stavební funkci, významně se účastní na tvorbě a stabilitě buněčných stěn. Dále se podílí na tvorbě organických látek, zejména tvorbě bílkovin. V neposlední řadě se významně podílí na tvorbě generativních orgánů (Černý, 2016).

3.5.5 Zinek

Zinek je nezbytný stopový prvek v mnoha rostlinných fyziologických procesech. Z tohoto důvodu je důležité, aby nedostatky zinku byly zjištěny rychle, dříve než dojde k rozsáhlému poškození rostliny. Nedostatek tohoto prvku je nejvíce rozšířený problém nedostatku mikroživin ve světě. Obvykle je tento nedostatek spojen se snížením výnosu plodiny (Mattiello at al, 2015). Pro mikroprvky, jako je zinek, existují přímé vazby mezi výskytem nedostatku v půdách, potravinami/pícninami a výživou zvířat a lidí (Nube a Voortman, 2006).

Kukuřice je velmi vděčná za tento prvek. Literatura uvádí rozpětí při odběru zinku výnosem kukuřice od 125 – 280 g/ha. Zinek v chelátové formě je nejlépe přijatelný a využitelný. Ostatní formy Zn jsou méně efektivní. Z tohoto pohledu není důležité množství Zn v přípravku, ale jeho forma (Krempa, 2013).

Kukuřice má vyšší nároky na zinek, při jeho nedostatku dochází k poruchám funkce chloroplastů a snižuje se intenzita fotosyntézy. Vnější projev deficitu na listech kukuřice můžeme pozorovat jako pruhovitost. Zinek pozitivně ovlivňuje průběh kvetení, kvalitu opylení, vývoj generativních orgánů a je aktivátorem mnoha enzymů (Hašková, 2014)

3.5.6 Hnojení organickými hnojivy

Přestože je kukuřice obilnina, používá se na její pěstování agrotechnika jako na okopaniny. To znamená, že na hnojení se doporučuje pravidelně aplikovat organická hnojiva, v podzimním období chlévský hnůj a v jarním období kejdu nebo močůvku. Přes tyto organická hnojiva se dodává do půdy značné množství dusíku, o které po zohlednění využitelnosti kukuřicí, můžeme snížit dávku dusíku aplikovanou formou průmyslových hnojiv (Uvírová, 2015).

Statková hnojiva vcelku příznivě ovlivňují úrodu kukuřice. Nicméně na půdách s horšími vlastnostmi, přírůstky na plodinách kukuřice jsou vlivem hnojení hnojem vyšší, než na půdách s lepšími vlastnostmi. Optimální dávky statkových hnojiv se pohybují v rozmezí 30-40 t/ha.

Průměrná využitelnost dusíku kukuřicí ze statkových hnojiv v prvním roce aplikace je 25-30 % a z tekutých organických hnojiv z močůvky a kejdy je přibližně dvojnásobná, tj. 50-60 % (Uvírová, 2015).

Kukuřice je jedna z plodin, která velmi dobře reaguje na aplikaci organických hnojiv pod patu a umí je velmi efektivně využít pro svůj růst a vývoj. Organická hnojiva tekutá je nejdříve nutno aplikovat cisternou s aplikátorem, který dostane hnojivo do požadované hloubky a poté následuje přejezd secím strojem, který ukládá osivo kukuřice do již vytvořeného řádku po aplikátoru nad již uložené hnojivo (Švec, 2016).

3.5.7 Hnojení průmyslovými hnojivy

Hnojení kukuřice průmyslovými hnojivy za předpokladu vhodného hybridu, příznivých klimatických faktorů a vyhovující agrotechniky je velmi účinné. Kukuřice velmi dobře využívá živiny z půdy včetně živin z hnojení z předešlých let. Nižší účinnost hnojení přímo ke kukuřici v sušších letech může být vyvolaná vyšší koncentrací živin ve vrchních vrstvách půdy, čím se nepříznivý vliv nedostatku srážek jen znásobuje (Varga a Ducsay, 2012).

3.6 Faktory snižující výnos a kvalitu

Kukuřice během vegetačního cyklu čelí řadě nepříznivých období, která snižují výnos a kvalitu produkce. Příkladem může být pro kukuřici příznivý rok 2014 a naopak velice nepříznivý rok 2015, kdy na řadě míst byly výnosy poloviční a někde ještě nižší (Poláková, 2017).

3.6.1 Abiotické faktory

3.6.1.1 Sucho

Sucho je hlavním celosvětovým zemědělským problémem. Proto selekce na zvýšení efektivity využívání vody u zemědělských druhů plodin bude důležitým rysem v šlechtitelských rostlinných programech (Ellsworth a Cousins, 2016). Kukuřice jako teplomilná plodina dokáže šetrně hospodařit s vláhou. Její transpirační koeficient je nižší než u plodin mírného pásma. Přesto, pokud se sucho vyskytne v období kvetení, může to mít na konečný výnos výrazný vliv. Dostatek půdní vláhly v budoucnu bude pravděpodobně limitujícím faktorem v zemědělství. K udržení vody v půdě výrazně přispívá organická hmota. Té však v posledních letech ubývá. Způsobuje to řada faktorů. Například snížené množství dodaných statkových hnojiv vlivem nízké rentability živočišné výroby a odvoz posklizňových zbytků z pole pro energetické účely (Nawrath a kol., 2016). Jak setba nenásleduje po extrémně suchém roce a zimě, tak kapilární voda z kvalitně připraveného osivového lůžka dokáže plně pokrýt počáteční potřebu vody po dobu klíčení a vzcházení rostlin (Uvírová, 2016).

Odolnost vůči přísuškům je u silážních a bioplynových hybridů velmi důležitá. Schopnost časně a včasné reakce na změnu půdně-klimatických podmínek musí být rychlá. Hybridy se musejí velice rychle přizpůsobit danému stavu a nastartovat „nouzový režim“ a začít hospodařit s výrazně omezenými zdroji tak, aby probíhal proces fotosyntézy, rostlina se nevyčerpávala, ale zároveň byla schopná vkládat svou energii do tvorby palic, což je v podmínkách extrémního počasí velice náročné (Vaňatová, 2015).

V roce 2015 patřila kukuřice k polním plodinám, které byly nejvíce postiženy suchem. Na dosažené výnosy mělo významný vliv hospodaření s vodou v půdě a způsob aplikace minerálních hnojiv (Kusá a kol., 2016).

3.6.1.2 Nedostatek vzduchu v půdě

Kukuřice je plodina velice náročná na teplo. V našich podmínkách je kukuřici spíše chladno než teplo. Ohřev půdy je závislý na poměru vzduchu a vody v půdě, to je velice rozdílné u těžké půdy a lehčí půdy. Poměr vzduchu a vody v půdě je závislý v nemalé míře na způsobu hospodaření s danou půdou. Je nutné pravidelně dodávat do půdy organickou složku, upravovat pH vápněním, kvalitně orat či hloubkově kypřit a podryvat ztuhlý profil půdy (Tomaier, 2014).

3.6.2 Biotické faktory

Mezi biotické faktory především řadíme houbové patogeny a hmyzí škůdce. Kdo by neznal příznaky, které způsobuje v počátečních fázích růstu kukuřice larva bzunky ječné, či v pozdějších fázích lámání stonků, které způsobují housenky zavíječe kukuřičného. Již delší dobu se v porostech stále častěji setkáváme i s bázlivcem kukuřičným. Tento hmyzí škůdce již není řazen mezi karanténní škůdce, v oblastech Moravy a východní poloviny Čech je jeho výskyt tradiční se zjišťovanou velmi vysokou početností (Kolařík a kol., 2016).

V ochraně proti patogenům u kukuřice je třeba se zaměřit na osivo. Kvalitní osivo je třeba připravit mořením proti proniknutí choroboplodných zárodků, ale i proti chorobám, které se přenášejí osivem. Osivem se přenáší: bakteriální vadnutí – *Erwinia stewartii* a houbové choroby snět kukuřičná – *Ustilago maydis*, helmintosporióza kukuřice. Naopak, půdou se přenáší fuzariózy – *Fusarium* a antraknóza kukuřice (Šrobárová, 2010).

3.6.2.1 Houbové choroby kukuřice a produkce mykotoxinů

3.6.2.1.1 Obecná snětivost kukuřice

Původcem je *Ustilago maydis*. Vyskytuje se celkem běžně ve všech oblastech pěstování kukuřice. Od června až do sklizně můžeme na všech částech rostlin pozorovat houbovité nádory potažené šedivou blanou, které mohou dosahovat až do velikosti pěsti. Výhodou je, že snět není producentem mykotoxinů, proto napadení rostlin při slabém výskytu nepředstavuje zdravotní riziko pro zvířata (Pančíková, 2016). V současné době se jedná o nejrozšířenější chorobu kukuřice nejen v České republice, ale i v ostatních oblastech světa, kde se kukuřice pěstuje. Jedná se o saproparazitického patogena (může se žít jak odumřelou, tak živou organickou hmotou), který může infikovat kukuřici po celou vegetační dobu. Nejdůležitějším

opatřením pro snižování výskytu tohoto patogena je důkladné zapravení posklizňových zbytků orbou, omezení pěstování kukuřice a dodržování osevních postupů (Tóth a Kmoch, 2016).

3.6.2.1.2 Padání a spála klíčících rostlin

Pokud nalezneme na klíčících rostlinách na kořenech a bázích stébel nezřetelně ohraničená až proužkovitá zahnědlá místa, jde o padání klíčících rostlin, jejichž původcem je *Fusarium*, načernalé báze stébel a žloutnutí způsobuje *Pythium*, podlouhlé vodnaté skvrny na listech *Helminthosporium*. Jejich komplexním působením dochází k nepravidelnému vzházení s výraznou mezerovitostí. *Fusarium* později způsobuje rozklad dřevě stébla u nejspodnějších internodií s bílým či růžovočerveným myceliem. Za vlhkého počasí mohou být napadená jednotlivá zrna či celé palice kukuřice, která je porostlá růžovým až černým myceliem (Pančíková, 2016).

3.6.2.1.3 Rzivost kukuřice

Původcem rzivosti kukuřice je *Puccinia sorghi*. Choroba se vyskytuje od června až do srpna a projevuje se vypouklými světle žlutými skvrnami, později skořicově hnědými kupkami. Patogen způsobuje předčasné odumírání listů, předčasné dozrávání rostlin, tvorbu malých semen a snížení výnosu (Pančíková, 2016). Chemická regulace postřikem fungicidu je možná, ale cíleně se proti tomuto patogenu nepoužívá. Velmi účinnou možností je šlechtění a pěstování rezistentních hybridů kukuřice (Tóth a Kmoch, 2016).

3.6.2.1.4 Mykotoxiny v kukuřici

Mykotoxiny jsou chemické sloučeniny s některými specifickými charakteristikami, které znesnadňují jejich eliminaci ze substrátové matrice. Eliminace mykotoxinů po jejich zjištění v komoditě je prakticky nemožná. Mykotoxiny odolávají chemické, fyzikální i termické deaktivaci. Opatření může spočívat ve výběru vhodné odrůdy. Nejefektivnější a relativně nejlevnější je optimalizace agrotechniky, pomocí které můžeme předcházet stresu rostlin a zmenšit tak tlak patogenů na rostliny. Hlavní možností ochrany kukuřice před napadením houbami rodu *Fusarium* zůstávají optimální technologické kroky při pěstování včetně aplikace fungicidů (Nedělník a Konečná, 2015). Z hlediska historického srovnání úrovně napadení byl výjimečným rok 2014. Hlavní příčinou zvýšeného výskytu patogenů a následné extrémně vysoké kontaminace mykotoxiny byl průběh počasí. Klimatické podmínky pro rozvoj fuzárií,

producentů mykotoxinů, byly v roce 2014 velmi příznivé – dostatek srážek, teploty pod 25 °C, dlouhý a relativně deštivý podzim (Velechovská, 2016).

Mezi agrotechnické opatření patří obecně řazení plodin, které nejsou hostiteli houby rodu *Fusarium*, do osevního sledu mezi kukuřicí, zpracování půdy a zapravení posklizňových zbytků, vyrovnaná výživa, fungicidní ošetření osiv a foliální aplikace fungicidu, boj proti plevelům (rezervoárové organismy), šlechtění odrůd odolných proti houbovým chorobám a škůdcům (GM odrůdy), správně zvolený hybrid, optimální termín sklizně (Nedělník a Konečná, 2015).

Hospodářsky nejvýznamnější chorobou kukuřice jak z pohledu poškození, tak především v produkci mykotoxinů je napadení fuzárií. V současné době jsou registrovány tři fungicidy, z nichž pouze Prosaro cíleně proti fuzáriím (Nedělník a Konečná, 2015).

3.6.1.2 Hmyzí škůdci kukuřice

3.6.1.2.1 Larvy kovaříkovitých brouků

Škůdci vzcházející kukuřice jsou drátovci, což jsou larvy kovaříkovitých brouků (rod *Agriotes*). Larvy se první rok živí humusem, později ožirají podzemní části rostlin a škodí (Pančíková, 2016).

3.6.1.2.2 Bzunka ječná

Tato černá lesklá muška (*Oscinella frit*) napadá kukuřici v raných vývojových fázích a její larvy sáním silně poškozují srdíčkový list. Ostatní listy jsou pokroucené, roztřepené, stočené, zvlňžené. Hlavní výhon bývá zničen nebo potlačen (Pančíková, 2016).

3.6.1.2.3 Zavíječ kukuřičný

Larvy škůdce přezimují ve zbytcích stébel, a pokud stébla zůstanou na povrchu půdy, kuklí se v nich. Ze zaoraných stébel larvy vylézají na povrch půdy obvykle začátkem dubna, kdy průměrná denní teplota vzduchu několik dní překročí 10°C. Když na povrchu půdy najdou vhodný úkryt, zalezou do něho a vytvoří si řídký kokon, ve kterém se později kuklí. První kukly se objevují koncem května a na začátku června je obvykle zakuklených přibližně 50 % larev. Snížení úrody kukuřice způsobené zavíječem kukuřičným dosahují při 50 % napadených rostlin 10 % a při 80 % napadených rostlin téměř 20 % (Cagáň, 2010).

Škody způsobené zavíječem (*Ostrinia nubilalis*) jsou jednak přímé – žír housenek na stéblech a palicích, a nepřímé, kdy je kukuřice poškozená žírem housenek následně napadána

houbovými chorobami, především rodu *Fusarium*. Prvním způsobem opatření pro regulaci zavíječe je správný osevní postup. K výrazné redukci tohoto škůdce je vhodné rozdrtit na podzim posklizňové zbytky kukuřice na drobné štěpky a zaorat je. Další možností je pěstování GM kukuřice (Pančíková, 2016).

Výskyt dospělců zavíječe kukuřičného je zveřejňován na webových stránkách Státní rostlinolékařské správy. Podle termínu náletu dospělců do porostů je třeba správně načasovat ošetření. Nejvhodnější termín k aplikaci ochranných prostředků nastává, jakmile se začnou líhnout housenky (Štěnička, 2015)

3.6.1.2.4 Bázlivec kukuřičný

Bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera*) poškozují kořenový systém rostlin a je jedním z nejvýznamnějších hmyzích škůdců zavlečených v posledních padesáti letech do Evropy ze Severní Ameriky. Do České republiky pronikl v roce 2002 z prvotního ohniska v Srbsku. Nejvíce je ohrožená jižní Morava, kde jsou výskyty tohoto škůdce opakovaně mnohem vyšší než jinde. Doporučený způsob ochrany je uplatňování systému integrované ochrany rostlin a základem zůstává omezení monokulturního pěstování kukuřice, tedy střídání kukuřice s jinými plodinami v osevním postupu (Seifertová, 2016).

Bázlivec kukuřičný má v našich podmínkách jednu generaci ročně. Přezimují vajíčka v půdě v hloubce 5-15 cm. Larvy se líhnou od poloviny května, po vylíhnutí jsou dlouhé 1,2 mm a vyvíjejí se na povrchu nebo uvnitř kořenů kukuřice (Kroutil, 2011). Škodí larvy i dospělci. Larvy škodí žírem na kořenech kukuřice. Rostliny poléhají a stonky jsou ohnuté do tvaru husích krků. Brouci ožírají listy. Později se vyskytují na bliznách, kde se živí pylem. Žír provádějí i na zrnech kukuřice (Pančíková, 2016).

3.6.2.3 Plevelé v porostech kukuřice

Kukuřice je plodinou, která má zejména v počátečních fázích růstu velmi slabou konkurenční schopnost vůči plevelům. Vzhledem k tomu, že se pěstuje v širokých řádcích, trvá poměrně dlouhou dobu, než dojde k zapojení porostu. Teprve pak jsou rostliny schopné konkurovat vzcházejícím plevelům (Smutný, 2012).

Z jednoděložných plevelů se pěstitelé nejvíce potýkají s ježatkou kuří nohou, ovšem hluchým, béry a výdrolem prosa, z vytrvalých pak s pýrem plazivým, čirokem halebským a na některých lokalitách i s rákosem a kamyšníkem. Z dvouděložných plevelů jsou významné:

merlíky, laskavce, rdesna, opletka polní, heřmánkovité druhy, svízel přítula, mák vlčí, hořčice rolní, peníze rolní, kokoška pastuší tobolka, výdrol řepky, z vytrvalých pak pcháč oset, svlačec rolní, mléč rolní, pelyněk černobýl, šťovík tupolistý a další (Pančíková, 2016).

Mezi nejdůležitější opatření v ochraně kukuřice patří včasná regulace plevelů. Než dojde k zapojení řádků, kukuřice velmi citlivě reaguje na zaplevelení. Při výběru herbicidu je nutné se řídit převládajícím zaplevelením honu (Štěpánek, 2005).

3.7 Problémy s pěstováním kukuřice

3.7.1 Eroze

Více než polovina půdy v ČR je ohrožena vodní erozí a jedná se o nejrozšířenější typ degradace půd u nás. V EU se v posledních letech výrazně zvýšila plocha, na které je pěstována kukuřice. Stejný trend lze nalézt i v České republice, především při pěstování kukuřice na siláž a jejím využití v bioplynových stanicích. To ovšem s sebou přináší i velké riziko vodní eroze na pozemcích, které svými parametry nejsou vhodné pro pěstování kukuřice, a je zde potřeba uplatňovat protierozní opatření (Procházková a kol., 2015). Půda, která je nevhodně osetá širokořádkovými plodinami, snadno podléhá při přívalových deštích vodní erozi (Vrzalová, 2012).

Jedním z plošných nástrojů v boji proti erozi je plnění standardu Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES dříve GAEC). Na zemědělské půdě jsou v rámci DZES vymezeny plochy silně či mírně erozně ohrožené (Procházková a kol., 2015). Mezi protierozní technologie patří setí do mulče meziplodin, kde se jako zdroj mulče využívá nadzemní biomasa meziplodin, a to buď strniskových nebo ozimých. Dále lze využít setí s podsevem ochrannou podplodinou (například ozimým žitem v meziřadí). V neposlední řadě lze využít vrstevnicové setí – obilné pásy, přerušování délky řádku – pásové střídání plodin, nebo vrstevnicové obdělávání (Hladík a kol., 2012).

Podpora jetelovin a trav v podobě „Greeningu“, které lépe snesou svažitější pozemky, dává prostor umístit kukuřici, jako erozně nebezpečnou plodinu na rovinatější pozemky než v předcházejících letech. Rovinaté pozemky při současné úrovni dosahovaných výnosů ovšem v některých podnicích bývají dosti limitované až nedostatkové, proto je třeba nadále výrazně zvyšovat a stabilizovat výnosy kukuřice, aby na danou produkci bylo třeba méně plochy, tedy zvyšovat intenzitu v souladu s předpisy (Šreiber, 2014).

3.7.2 GMO kukuřice

GMO a jejich produkty jsou součástí společné politiky EU a je zde nastaven jeden z nejpřísnějších právních rámců ve světě. Rozhodnutí a právní předpisy EU v oblasti GMO jsou pro ČR závazné. V Evropské unii, tedy i v ČR, je možné pěstovat pouze jedinou GM plodinu, která byla schválena na úrovni EU a prošla přísným schvalovacím procesem, a to Bt-kukuřici MON810. Jedná se o GM plodinu s vloženým genem z půdní bakterie *Bacillus thuringiensis*.

Tato bakterie kukuřici propůjčuje odolnost proti škodlivému zavíječi kukuřičnému. Produkce GM kukuřice je ve většině případů využívána jako krmivo pro hospodářská zvířata, z menší části také jako surovina pro výrobu bioetanolu či bioplynu. Vypěstovaná GM kukuřice není v ČR užívána pro potravinářské účely.

Ve světě každoročně podíl plochy geneticky modifikovaných rostlin roste, v EU stagnuje nebo klesá. Také v ČR podle evidence MZe plocha GM kukuřice v roce 2014 dosáhla jen 1754 ha, což je o 806 ha méně než v předchozím roce. Počet pěstitelů klesl téměř na polovinu (Trnková, 2015). V roce 2016 plochy s GMO kukuřicí meziročně klesly o 92 procent, zasel je pouze jediný pěstitel, a tak se pěstuje pouze na 75 hektarech (Fialová, 2016). Hlavní důvody propadu jsou administrativní zátěž, dodržování poměrně přísných koexistenčních pravidel v praxi a dražší cena osiva (Trnková, 2015).

Tab. č.1 – Pěstování GMO kukuřice v České republice (MZe, 2016)

| <i>Rok</i> | <i>Plocha (ha)</i> | <i>Počet pěstitelů</i> |
|-------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 2005 | 150 | 51 |
| 2006 | 1 290 | 82 |
| 2007 | 5 000 | 126 |
| 2008 | 8 380 | 167 |
| 2009 | 6 480 | 121 |
| 2010 | 4 680 | 82 |
| 2011 | 5 090 | 64 |
| 2012 | 3 050 | 41 |
| 2013 | 2 560 | 31 |
| 2014 | 1754 | 18 |
| 2015 | 997 | 11 |
| 2016 | 75 | 1 |

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika stanoviště – Červený Újezd

4.1.1 Obecná charakteristika lokality

Lokalita spadá do oblasti mírně teplé, mírně suché, převážně s mírnou zimou. Nadmořská výška je 398 m, 50°04' zeměpisné šířky, 14°10' zeměpisné délky. Průměrná doba slunečního svitu (údaje stanice Praha – Karlov 1926-1950) je 1902 hodin, za vegetační období 1396 hodin.

Klimatické podmínky podmiňují vznik hnědozemí, hnědozemí illimerizovaných, vyluhování vrchních půdních horizontů a posun koloidních částic do spodiny. Zájmové území je součástí Bělohorské plošiny mírně zvlněné. Terén pokusných ploch je jednoduchý, převážně s jižní expozicí, průměrná nadmořská výška je 405 m n.m. (nejvyšší bod 420 m n.m. je vrchol mírného svahu na jižním okraji území). Na území jsou hluboké kvartérní pokryvy, rovinný terén podmiňuje dobrý zásak srážkových vod, substráty mají dobrou vododržnost i dobrou vnitřní drenáž.

Zájmové území je geologicky tvořeno opukami křídového stáří, překrytými sprašemi a sprašovými pokryvy pleistocenními. Opuky jsou vápňité, se štěrkovým rozpadem. Spraše a nevápňité sprašové pokryvy jsou převažujícím půdním druhem.

4.1.2 Půdní podmínky

Pokusné plochy jsou situovány na východní straně katastru obce Červený Újezd. Genetickým půdním představitelem je hnědozem, sprašový pokryv. Hlavním půdotvorným procesem je illimerizace, dochází k okyselování povrchových vrstev půdního profilu, peptizaci koloidů a jejich vyplavování do spodiny. Tím se vytvořili charakteristické horizonty. Chemické vlastnosti půdy: mírný obsah humusu, reakce neutrální, střední sorpční kapacita, koloidní komplex je nasycen. Na sprašových pokryvech uhličitán vápenatý vyloužen. Obsah P, K je střední až dobrý.

4.2 Agrotechnika pokusu

Předplodina: Pšenice ozimá

Na jaře před setím: Standardní příprava půdy pro kukuřici

Vysetý hybrid kukuřice: Ronaldinio (FAO 240/250)

Setí: 3.5.2016

Počet variant: 2

Počet opakování: 4

Rozměr sklizňové parcelky: 30 m² (3 x 10 m)

Celkem na parcele: 4 řádky, šířka řádku 75 cm

Hustota porostu: 80 tis. rostlin/ha

Herbicidní ochrana: preemergentní aplikace herbicidu Koban T a Successor 600

Během vegetace nebyla využita insekticidní ani fungicidní ochrana

Sklizeň: Ruční sklizeň levého prostředního řádku 14.9.2016 na siláž a 15.10.2016 byla provedena sklizeň zrna z pravého prostředního řádku

Tab. č.2 – Určení dávky hnojiv

| Hnojivo | Dávka kg/ha kontrola | Dávka kg/ha pod patu | Dávka kg/ha naširoko |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|
| AMOFOS | 0 | 100 | 100 |
| PRP-SOL | 0 | 100 | 100 |

4.2.1 Popis použitých přípravků a hnojiv

4.2.1.1 AMOFOS

Podstatnou složkou tohoto hnojiva je fosforečnan amonný, který se získává z apatitového koncentrátu neutralizací kyseliny fosforečné amoniakem. Toto hnojivo obsahuje 52 % P₂O₅ a 12 % N(NH₃). Amofos je vhodné použít k podzimnímu předseťovému hnojení ozimů, především na půdách dobře zásobených draslíkem. Významné uplatnění našel amofos při pěstování kukuřice k tzv. hnojení pod patu nebo při výrobě směsných hnojiv. Nedoporučuje se současná aplikace s hnojivy obsahujícími hořčík a vápník, dochází k zvrhávání (retrogradaci) fosforu.

4.2.1.2 PRP-SOL

Jedná se o prostředek zajišťující zlepšení vitálních funkcí půdy. Aplikuje se ve formě granulí. PRP-SOL je tvořen matricí z uhličitanu vápenatého a hořečnatého a z příslušných minerálních prvků potřebných pro technologii PRP. Celý produkt je stmelen rozpustným pojídkem rostlinného původu, lignosulfátem. Tento přípravek obsahuje 36 % CaO, 7 % hořčíku v uhličitanové formě, dále dolomitový vápenec a vápenec, v neposlední řadě stopové prvky (sodík, železo, zinek, bór atd.) ve vyváženém poměru. Příznivě ovlivňuje půdní strukturu, pH půdy a výrazně zvyšuje biologickou aktivitu půdy. Přípravek lze používat po celé období vegetace.

4.2.1.3 Koban T

Jedná se o postřikový selektivní herbicidní přípravek ve formě suspo-emulze proti jednoletým jednoděložným a dvouděložným plevelům v kukuřici seté. Účinná látka terbuthylazine je plevelnými rostlinami přijímána přes kořeny a koleoptile, částečně přes listy a je rychle rozváděna do chloroplastů rostlinných buněk. Mechanismus účinku spočívá v inhibici fotosyntézy. Účinná látka pethoxamid patří do skupiny chloracetamidů, je přijímána především přes kořeny, hypokotyl a listy plevelných trav a širokolistých plevelů. Mechanismus účinku je založen na inhibici buněčného dělení. Přípravek Koban Top je vhodné používat v antirezistentních postřikových sledech nebo jako přerušovač při monokulturním pěstování kukuřice.

4.2.1.4 Successor 600

Jedná se o postřikový herbicidní přípravek ve formě tekutého emulgovatelného koncentrátu proti jednoletým travám a dvouděložným plevelům. Účinná látka pethoxamid patří do skupiny chloracetamidů a je přijímána především přes kořeny, hypokotyl a listy plevelných trav a širokolistých plevelů. Successor 600 je vhodný používat v antirezistentních postřikových sledech. Successor 600 je částečně systémový a brání syntéze lipidů. Již vzešlé plevele jsou citlivé max. do stádia děložních listů, reziduální účinnost proti později vzcházejícím travám a dvouděložným plevelům trvá několik týdnů po aplikaci přípravku. Předpokladem dobré účinnosti přípravku je dostatečná půdní vlhkost a dobře připravený povrch půdy s drobtovitou strukturou. Při aplikaci na vysušený půdní povrch nastupuje působení přípravku teprve po následných srážkách.

5 Výsledky

Dle naměřených hodnot pokusných variant, byly zpracovány a vyhodnoceny následující výsledky.

5.1 Vliv hnojení na produkci sušiny silážní kukuřice

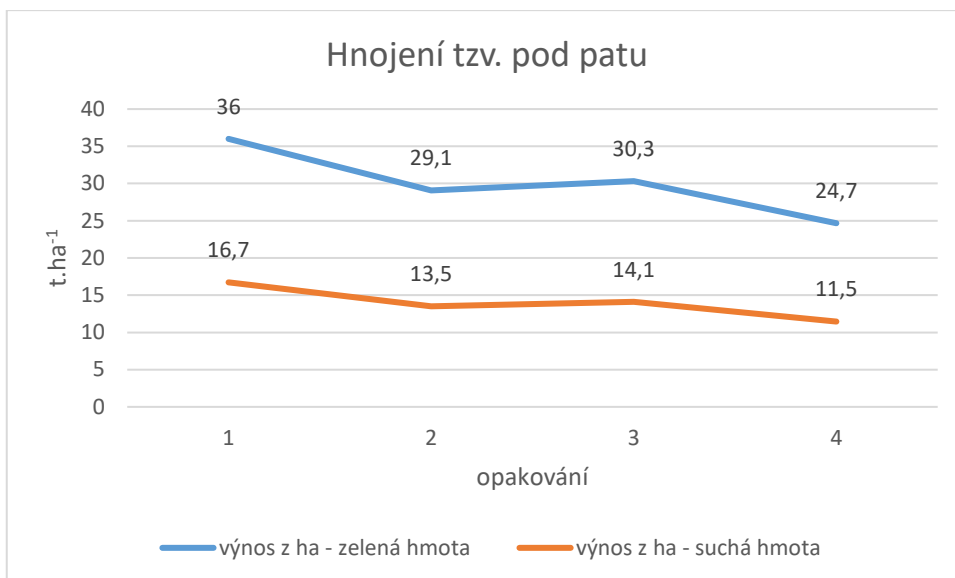
Tab. č.3 – Průměrný výnos zelené a suché hmoty z hektaru a obsah sušiny

| | výnos z ha (t.ha ⁻¹) | výnos z ha suché hmoty (t.ha ⁻¹) | obsah sušiny (%) |
|--|-------------------------------------|---|---------------------|
| pod patu | 30,017 | 13,947 | 46,46 |
| na široko | 30,133 | 13,131 | 43,58 |
| bez aplikace minerálního hnojiva | 31,650 | 13,784 | 43,55 |

K první variantě pokusu bylo využito 100 kg AMOFOS a 100 kg PRP-SOL. Jednalo se o hnojení tzv. pod patu. K druhé variantě, která sloužila jako kontrolní, bylo využito taktéž 100 kg AMOFOS a 100 kg PRP-SOL, zde se jednalo o hnojení tzv. na široko. Třetí varianta sloužila jako kontrola bez aplikace minerálního hnojiva.

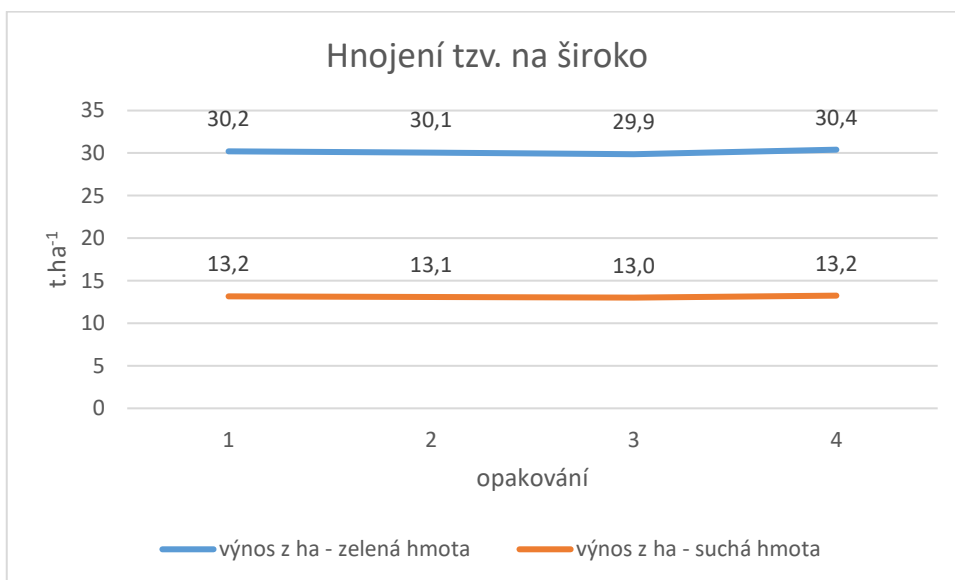
Z naměřených hodnot hmotností rostlin, jejich počtem a experimentálně zjištěným obsahem sušiny jsme dále vypočetili výnosy jednotlivých variant v zelené a suché hmotě. Nejvyššího výnosu zelené hmoty v průměru dosáhla kontrolní varianta – bez aplikace minerálního hnojiva, tj. 31,650 t.ha⁻¹, která dosáhla i nejvyššího výnosu v jednotlivých opakováních viz. graf 5. U výnosu suché hmoty naopak nejvyšší průměrné hodnoty 13,947 t.ha⁻¹ dosáhla varianta – pod patu. Je zde patrný mírný nárůst obsahu sušiny u hnojení tzv. pod patu, kde jsme zjistili sušinu 46,46 % oproti hnojení tzv. na široko, kde byla sušina o něco nižší, tj. 43,58 %. Kontrolní varianta – bez aplikace minerálního hnojiva dosáhla přibližně srovnatelného obsahu sušiny, tj. 43,55 % jako varianta s aplikací na široko. Z výsledků ovšem nelze vliv hnojení pod patu na produkci sušiny jednoznačně prokázat.

Z tabulky č. 3 je patrné, že různé způsoby hnojení kukuřice (pod patu, na široko) na pokusných parcelkách v Červeném Újezdě v průměru nedávaly příliš rozdílné výnosy zelené ani suché hmoty a tudíž se ani obsah sušiny příliš nelišil.



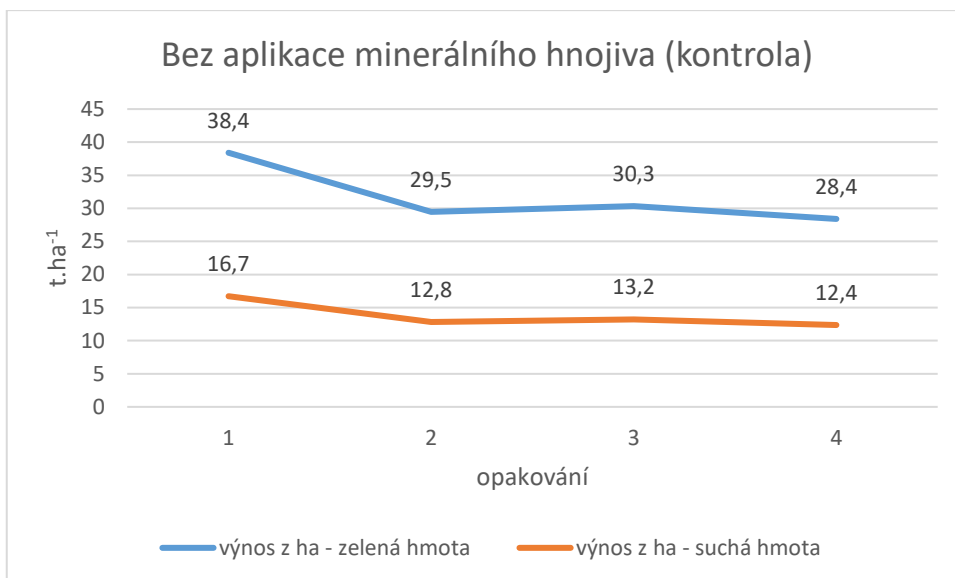
Graf č.3 – Průběh výnosu u varianty hnojení pod patu

Z následujícího grafu průběhu výnosů u varianty hnojení pod patu, je zřejmý výnos 36 t.ha⁻¹ u prvního opakování a naopak výnos 24,7 t.ha⁻¹ u čtvrtého opakování, u tohoto opakování mohlo dojít k většímu poškození rostlin prasetem divokým (*Sus scrofa*), špatné aplikaci hnojiva nebo k rychlejšímu vstřebání hnojiva v půdě.



Graf č.4 – Průběh výnosu u varianty hnojení na široko

Graf č. 4 poukazuje na téměř konstantní výnosy u varianty s aplikací hnojiva tzv. na široko, z tohoto pohledu lze usuzovat, že hnojení na široko vede k dobrému zásobení fosforu v půdě a tím i větší stabilitě výnosů.



Graf č. 5 – Průběh výnosů u varianty bez aplikace minerálního hnojiva (kontrola)

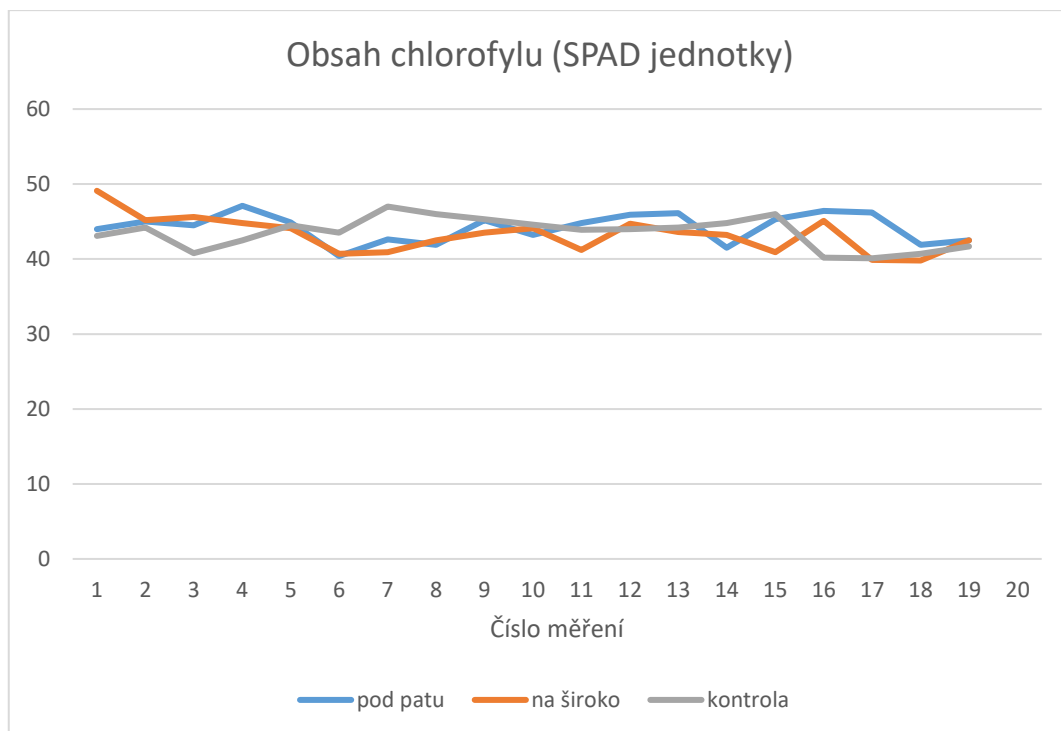
Z grafu č. 5 – průběhu výnosů u varianty bez aplikace minerálního hnojiva, nejvyšší hodnoty 38,4 t.ha⁻¹ dosáhlo první opakování, další opakování byly téměř vyrovnané, důvodem mohlo být vyšší zásobení živinami v půdě, které ještě nebyly vyčerpány.

5.2 Obsah chlorofylu

Tab. č.4 – Průměrný obsah chlorofylu (SPAD jednotky)

| | Obsah chlorofylu |
|---|------------------|
| pod patu | 44,18 |
| na široko | 41,61 |
| bez aplikace minerálního hnojiva (kontrola) | 43,51 |

Nejvyšší průměrné hodnoty obsahu chlorofylu dosáhla varianta pod patu tj. 44,18 SPAD jednotek, naopak nejnižší obsah chlorofylu byl naměřen u varianty s aplikací na široko tj. 41,61 SPAD jednotek.



Graf č.5 – Obsah chlorofylu

Z naměřených hodnot obsahu chlorofylu ve vybraných variantách pokusu nelze jednoznačně prokázat vliv minerálních hnojiv na obsah chlorofylu v rostlinách kukuřice. Obsah chlorofylu byl ve všech variantách přibližně srovnatelný.

6 Diskuse

Rok 2016 byl co se klimatických podmínek pro založený maloparcelkový pokus příznivější, než rok 2015, kdy se celá Česká republika potýkala se suchem, což mělo jistě velký vliv na produkci sušiny silážní kukuřice. Maloparcelkový pokus v Červeném Újezdě byl ale v roce 2016 z části poničen prasetem divokým (*Sus scrofa*), což mělo vliv na vitalitě rostlin a na celkových výsledcích pokusu.

Prokeš (2002) ve svém článku uvádí, že v roce 2001 byl ve spolupráci Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity a KWS Semena, s. r. o., založen v Záblatí (okres Žďár nad Sázavou) pokus, ve kterém byla sledována a porovnávána účinnost hnojení kukuřice fosforem pod patu s plošnou aplikací. Použité hnojivo bylo Amofos. Z výsledků tohoto pokusu bylo patrné, že se nedá jednoznačně tvrdit, že hnojení fosforem pod patu zabezpečí optimální výživu a nejvyšší výnosy. Orientace pouze na tuto formu hnojení je proto problematická a je třeba ji chápat jako doplňující agrotechnický zákrok, který příznivě ovlivňuje počáteční růstové fáze kukuřice. I nadále je potřeba věnovat pozornost základnímu hnojení fosforu na plochu, které zabezpečí dobré zásobení fosforem v půdním profilu.

Venclová (2016) uvádí, že v roce 2015 bylo možné posoudit silážovatelnost kukuřice v důsledku sucha ve vegetačním období. V červenci dosáhly srážky jen 46 % normálu a v jiných měsících nepřesáhly 70 %. Kukuřice byla silážována s vyšším obsahem sušiny (46,7 %).

Z tohoto pohledu byl rok 2016, co se jak množství srážek týče, tak výsledného obsahu sušiny u silážovaných hybridů kukuřice příznivější. Přesto na pokusném poli v Červeném Újezdě jsme v tento rok zaznamenali vyšší obsah sušiny, nad 40 %, oproti ideálu, oproti optimálnímu sklizňovému obsahu sušiny, který se pohybuje v rozmezí 30 – 34 %, což bylo zřejmě způsobeno rychlým dozráním kukuřice a pozdní sklizní. Vliv na to mohly mít i klimatické podmínky stanoviště.

I přestože byly výsledky neprůkazně rozdílné, z dostupných literárních zdrojů a zkušeností pěstitelů je nutné především dbát na aplikaci hnojiva na široko, nicméně využít současně uložení hnojiva amofos (či jiného fosforečného hnojiva) pod patu, které zajistí startovací dávku především fosforu a dusíku, dávka by ovšem neměla přesáhnout 100 kg/ha.

Další možností pro výzkum je zkoušení uložení hnojiva pod patu k oběma stranám pod semeno, které zajistí lepší využití hnojiva rostlinou v počátečních fázích vývoje a nedochází k výraznější tvorbě kořenů na jednu stranu díky jednostrannému uložení osiva.

7 Závěr

Cílem této práce bylo navržení vhodného systému hnojení kukuřice na siláž (před setím na široko, pod patu) ve vztahu k produkci sušiny silážní kukuřice. Dalším cílem práce bylo vyhodnocení obsahu chlorofylu ve vybraných variantách a porovnání těchto hodnot s porostem kukuřice bez aplikace minerálních hnojiv.

Tato práce vychází z klasického maloparcelkového pokusu (4 řádky, délka 10 m, rozteč řádků 75 cm) v následujících variantách:

1. Kontrolní neošetřená varianta
2. Aplikace minerálního hnojiva pod patu
3. Aplikace minerálního hnojiva na široko

Z hlediska obsahu sušiny v jednotlivých variantách vyplývá, že hnojení pod patu nemá průkazný vliv na tvorbě sušiny silážní kukuřice, protože obsah sušiny ve variantě hnojení pod patu nebyl výrazně vyšší oproti variantě s aplikací hnojiva na široko.

Z pohledu obsahu chlorofylu ve vybraných variantách lze usuzovat, že aplikace minerálního hnojiva nemá výrazný vliv na tvorbu a obsah chlorofylu v rostlinách kukuřice, neboť naměřený obsah chlorofylu byl ve všech variantách téměř srovnatelný.

8 Seznam literatury

Balík, J., Černý, J., Tlustoš, P. Principy hnojení kukuřice [online]. Úroda.cz. 14. listopadu 2001. [cit. 2017-2-27]. Dostupné z <<http://uroda.cz/principy-hnojeni-kukurice/>>.

Beneš, P. Sklizeň kukuřice na zrno [online]. Mechanizaceweb.cz. 26. října 2012. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z <<http://mechanizaceweb.cz/sklizen-kukurice-na-zrno/>>.

Brant, V. a kol. Pásové zpracování půdy v porostech silážní kukuřice [online]. Agromanual.cz 10. března 2011. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z <<https://agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pasove-zpracovani-pudy-v-porostech-silazni-kukurice>>.

Brant, V. a kol. Utužení půdy při předsetové přípravě a setí kukuřice [online]. Agromanual.cz. 12. prosince 2016. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z <<https://agromanual.cz/cz/clanky/technologie/utuzeni-pudy-pri-predsetove-priprave-a-seti-kukurice>>.

Burnie G. (eds.) 2007. Botanika – Ilustrovaný abecední atlas 10 000 rostlin z celého světa s návodem, jak je pěstovat. SLOVART, 2007. s. 1020. ISBN: 978-80-7209-936-8.

Cagáň L. a kolektiv (2010). Choroby a škodcovia poľných plodín. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. s. 894. ISBN: 978-80-552-0354-6.

Černý, J. Význam bóru ve výživě rostlin [online]. Agromanual.cz. 8. října 2016. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/vyznam-boru-ve-vyzive-rostlin>>.

Diviš, J., Kajan, M. 2009. Energie využitelná z kukuřice. Úroda 8-2009. s. 26-28. ISSN 0139-6013.

Dolešová, P. Čo vplýva na kvalitu kukuričných siláží? [online]. rno.sk. 18. července 2016. [cit. 2017-03-30]. Dostupné z <<http://rno.sk/co-vplyva-na-kvalitu-kukuricnych-silazi/>>.

Duvick, D. N. (2005). The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). *Advances in agronomy*, 86, s. 83-145.

Eissa, Mamdouh A. Nutrition of drip irrigated corn by phosphorus under sandy calcareous soils. *Journal of plant nutrition*. 1.8.2014. Vol. 39. p. 1620-1626. ISSN: 0190-4167.

Ellsworth. P., Cousins. A. Carbon isotopes and water use efficiency in C4 plants [online]. *Current Opinion In Plant Biology*. June 1, 2016. [cit. 2017-04-06] p. 155-161.

Fialová, Z. Plochy s geneticky modifikovanou kukuřicí klesly [online]. *Zemědělec.cz*. 2. září 2016. [cit. 2017-03.19]. Dostupné z <<http://zemedelec.cz/plochy-s-geneticky-modifikovanou-kukurici-klesly/>>.

Fracheboud, Y., Haldimann, P., Leipner, J., Stamp, P. 1999. Chlorophyll fluorescence as a selection tool for cold tolerance of photosynthesis in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Botany*, Vol. 50, No. 338, p. 1533-1540.

Fuksa, P., Kalista, J. Výběr hybridů kukuřice v roce 2006 [online]. *Agromanual.cz*. 22. března 2006. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vyber-hybridu-kukurice-v-roce-2006>>.

Gálik, B., Juráček, M., Šimko, M. 2010. Konzervovanie vlhkého zrna kukurice. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Nitra. 94 s. ISBN: 978-80-552-0431-4.

Gu, R., Chen, F., Yuan, L., at al. Enhancing phosphorus uptake efficiency through QTL-based selection for root system architecture in maize [online]. *Journal Of Genetics And Genomics*. November 20, 2016. [cit. 2017-04-08]. ISSN: 1673-8527. Dostupné z <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1673852716301709?>>.

Hašková, P. Vliv stimulace na pěstování kukuřice seté [online]. *Agrobiosfer.cz*. 3.4.2014. Dostupné z <<http://www.agrobiosfer.cz/cz/vliv-stimulace-na-pestovani-kukurice-sete/499>>.

Hladík, J., Vopravil, J., Novotný, I., Vrabcová, T. 2012. Protierozní ochrana při pěstování kukuřice. Úroda 7-2012. s. 10-11. ISSN 0139-6013.

Hofmanová, D. Kukuřice od setí po sklizeň a konzervaci [online]. Úroda.cz. 21. ledna 2002. [cit. 2017-04-09]. Dostupné z <<http://uroda.cz/kukurice-od-seti-po-sklizen-a-konzervaci/>>.

Irfan. M., Sun. J., Liu. Y., Li. X., Yang. S. Genetic analysis of chlorophyll content in maize by mixed major and polygene models [online]. Genetika. p. 1037-1046. 2014. [cit. 2017-04-07] ISSN: 0534-0012.

Jimenes-Lopez, Jose C. 2012. Maize: Cultivation, Uses and Health Benefits. Nova Science Publishers. P. 205. ISBN: 9781620815144.

Jůzlová, J. ed. 2010. Velká všeobecná encyklopedie. Euromedia Group. Praha. s. 1184. ISBN 978-80-86938-94-3.

Kolařík, P., Roztekl, J. Výsledky sledování a doporučení při ochraně kukuřice seté proti bázlivci kukuřičnému [online]. Agromanual.cz. 24. června 2016. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/vysledky-sledovani-a-doporuceni-pri-ochrane-kukurice-sete-proti-bazlivci-kukuricnemu>>.

Krempa, P. Listová výživa a stimulace kukuřice a slunečnice [online]. Agrobiosfer.cz. 15. května 2013. Dostupné z <<http://www.agrobiosfer.cz/cz/listova-vyziva-a-stimulace-kukurice-a-slunecnice/381>>.

Krempa, P. Stimulace a listová výživa kukuřice a slunečnice [online]. Agrobiosfer.cz. 19. dubna 2013. [cit. 2017-03-27]. Dostupné z <<http://www.agrobiosfer.cz/cz/stimulace-a-listova-vyziva-kukurice-a-slunecnice/164>>.

Kubánek, J. Rostliny C4 – 1. Jak a proč vznikly a jak fungují [online]. casopis.vesmir.cz. 2012/1. [cit. 2017-04-06]. Dostupné z <<http://casopis.vesmir.cz/clanek/rostliny-c4>>.

Kulanová, E. Způsoby sklizně kukuřice [online]. Uroda.cz. 14. února 2002. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z < <http://uroda.cz/zpusoby-sklizne-kukurice/>>.

KUMAR, R., RATHORE, D.K., MEENA, B.S., ASHUTOSH, SINGH, M., KUMAR, U., MEENA, V.K. Enhancing productivity and quality of fodder maize through soil and foliar zinc nutrition. *Indian Journal of Agricultural Research* [online]. 2016. p. 259-263 [cit. 2017-04-04]. ISSN 03678245.

Kusá, H., Růžek, P., Vavera, R., Svoboda, P. Zakládání porostů a hnojení kukuřice v sušších oblastech [online]. Agromanual.cz. 9. května 2016. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zakladani-porostu-a-hnojeni-kukurice-v-sussich-oblastech>>.

Kůst, F. Výroba kukuřice na siláž a na zrno [online]. Zemědělec.cz. 6. listopadu 2009. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z < <http://zemedelec.cz/vyroba-kukurice-na-silaz-a-na-zrno/>>.

Loučka, R., Jambor, V. 2012. Vliv obsahu sušiny na kvalitu kukuřičných siláží. *Úroda* 1-2012. s. 28-31. ISSN 0139-6013.

Mattiello, E. M., Ruiz, H. A., Neves, J. C., Ventrella, M. C., Araújo, W. L. 2015. Zinc deficiency affects physiological and anatomical characteristics in maize leaves. *Journal of Plant Physiology* [online]. 2015. ročník 183.

Nawrath, A., Hašková, P. 2016. Výživa a stimulace kukuřice. *Úroda* 5-2016. s. 19. ISSN 0139-6013.

Nedělník, J. Ovlivňuje napadení kukuřice houbovými patogeny kvalitu siláží? [online]. Agromanual.cz. 3. ledna 2013. [cit. 2017-03-27]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/sklizen-a-skladovani/ovlivnuje-napadeni-kukurice-houbovymi-patogeny-kvalitu-silazi>>.

Nedělník, J., Konečná, K. 2015. Mykotoxiny v kukuřici. *Úroda* 12-2015. s. 39-40. ISSN 0139-6013.

Novák, J., Skalický, M. (2012): *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Ed. 3. Powerprint, Praha. ISBN 978-80-87415-53-5.

Nube, M. and Voortman, R.L. (2006). Simultaneously addressing micronutrient deficiencies in soils, crops, animal and human nutrition: opportunities for higher yields and better health. Staff Working Paper 06-02. Centre for World Food Studies. Amsterdam. The Netherlands.

Pančíková, J., 2016. Integrovaná ochrana rostlin. *Úroda* 1-2016. s.12. ISSN 0139-6013.

Poláková, M. Nadprůměrné výnosy kukuřice v optimálních a stresových letech [online]. *Agromanual.cz*. 15. ledna 2017. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/nadprumerne-vynosy-kukurice-v-optimalnich-a-stresovych-letech>>.

Procházková, E., Kincl, D., Kobrová, D., Srbek, J., Vopravil, J. 2015. Ověřování půdoochranných technologií u kukuřice. *Úroda* 10-2015. s. 11-15. ISSN 0139-6013.

Prokeš, K. Hnojení kukuřice fosforem pod patu [online]. *Úroda.cz*. 22. dubna 2002. [cit. 2017-03-11]. Dostupné z <<http://uroda.cz/hnojeni-kukurice-fosforem-pod-patu/>>.

Rowan, F., Russell, K. 1998. *C4 Plant biology*. Academic Press. p. 616. ISBN: 9780126144406.

Russell, S. H., & Evert, R. F. (1985). Leaf vasculature in *Zea mays* L. *Planta*, 164(4), s. 448-458.

Řeňč, J. Setí – základ úspěchu pěstování kukuřice [online]. *Úroda.cz*. 18. března 2015. [cit. 2017-03-11]. Dostupné z <<http://uroda.cz/seti-zaklad-uspechu-pestovani-kukurice/>>.

Seifertová, E. Protein proti bázlivci [online]. *Zemědělec.cz*. 12. října 2016. [cit. 2017-03-14]. Dostupné z <<http://zemedelec.cz/protein-proti-bazlivci/>>.

Smutný, V. Možnosti regulace plevelů v kukuřici v sušších podmínkách [online]. Agromanual.cz. 29. března 2012. [cit. 2017-03-14]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/moznosti-regulace-plevelu-v-kukurici-v-sussich-podminkach>>.

Šebela, J. Koncept a technologie pěstování kukuřice, slunečnice a řepky do pásů strojem strip-till Orthman „1tRIP“ [online]. Agromanual.cz. 1. ledna 2014. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/mechanizace/koncept-a-technologie-pestovani-kukurice-slunecnice-a-repy-do-pasu-strojem-strip-till-orthman-1trip>>.

Šreiber, P. 2014. Greening a kukuřice. Kukuřice očima. Zea Sedmihorky. s. 3.

Štěnička, M. 2015. Dozrávání řepky a škůdci kukuřice. Úroda 6-2015. s. 14. ISSN 0139-6013.

Štěpánek, P. Aplikace herbicidů v kukuřici [online]. Agromanual.cz. 1. dubna 2005. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/aplikace-herbicidu-v-kukurici>>.

Švec, R. Vývoj kukuřice a aplikace organických hnojiv pod patu [online]. Úroda.cz. 27. ledna 2016. [cit. 2017-03-12]. Dostupné z <<http://uroda.cz/vyvoj-kukurice-a-aplikace-organickych-hnojiv-pod-patu/>>.

Švec, R. Založení porostu kukuřice [online]. Úroda.cz. 18. dubna 2016. Dostupné z <<http://uroda.cz/zalozeni-porostu-kukurice/>>.

Tollenaar, M., Lee, E. A. 2002. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. Field Crops Research, 2002, 75.2: s.161-169.

Tomaier, I., Kukuřice chce vzduch [online]. Zea.cz. 19.5.2014. [cit. 2017-03-09]. Dostupné z <http://www.zea.cz/kukurice/kukurice-chce-vzduch/>.

Tóth, P., Kmoch, M. Významné choroby kukuřice [online]. Agromanual.cz. 17. června 2016. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z <<http://agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/vyznamne-choroby-kukurice>>.

Uvírová, V. Agrotechnické opatrenia proti škodcom [online]. rno.sk. 9. listopadu 2015. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z <<http://rno.sk/agrotechnicke-opatrenia-proti-skodcom/>>.

Uvírová, V. Příprava půdy a sejba kukuřice satej na zrno [online]. rno.sk. 28. března 2017. [cit. 2017-03-30]. Dostupné z <<http://rno.sk/priprava-pody-a-sejba-kukurice-satej-na-zrno/>>.

Uvírová, V. Vplyv vody na výšku úrody kukuřice [online]. rno.sk. 26. dubna 2016 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z <<http://rno.sk/vplyv-vody-na-vysku-urody-kukurice/>>.

Uvírová, V. Výživa a hnojenie kukuřice satej (I.) [online]. rno.sk. 12.5.2016. Dostupné z <<http://rno.sk/vyziva-a-hnojenie-kukurice-satej-i/>>.

Vaňatová, P. Sucho nemusí výnos kukuřice ohrozit [online]. Monsanto ČR s.r.o. Úroda.cz. 16.11.2015. Dostupné z <<http://uroda.cz/sucho-nemusi-vynos-kukurice-ohrozit/>>.

Varga, L., Ducsay, L. 2012. Výživa a hnojenie kukuřice satej. Úroda 2-2012. s. 16-18. ISSN 0139-6013.

Velechovská, J. Kontaminace zrna kukuřice mykotoxiny [online]. naschov.cz. 25. února 2016. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z <<http://naschov.cz/kontaminace-zrna-kukurice-mykotoxiny/>>.

Venclová, B. Silážování kukuřice při vyšší sušině – ano, nebo ne? [online]. Úroda.cz. 11. listopadu 2016. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z <<http://uroda.cz/silazovani-kukurice-pri-vyssi-susine-ano-nebo-ne/>>.

Vrzalová, J. Svazenkou v kukuřici proti erozi půdy [online]. Úroda.cz. 31. srpna 2012. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z <<http://uroda.cz/svazenkou-v-kukurici-proti-erozi-pudy/>>.

Yi, P., Nguy-Robertson, A., Arkebauer, T., Gitelson, A. Assessment of Canopy Chlorophyll Content Retrieval in Maize and Soybean: Implications of Hysteresis on the Development of Generic Algorithms [online]. Remote Sensing. [cit. 2017-04-07]. p. 1-18. ISSN: 20724292.

Yu, P., White, P., Hochholdinger, F., Li, C. Phenotypic plasticity of the maize root system in response to heterogeneous nitrogen availability [online]. Planta. October 2014. [cit. 2017-04-08]. ISSN: 1432-2048. Dostupné z <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00425-014-2150-y>>.

Zelený, S. Zpracování půdy pro setí kukuřice [online]. Zea.cz. 8. dubna 2013. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z <<http://www.zea.cz/kukurice/zpracovani-pudy-pro-seti-kukurice/>>.

Zimolka, J. 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. Profi Press, s.r.o. Praha 2008. ISBN 978-80-86726-31-1.