

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra rostlinné výroby**



**Vliv různých způsobů ošetření rostlin kukuřice na zvýšení  
produkce biomasy**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. František Pokorný**

**Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Tomášek, PhD.**

© 2016 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv různých způsobů ošetření rostlin kukuřice na zvýšení produkce biomasy" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 08. 04. 2016

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Jaroslavu Tomáškoví Ph.D. za odborné vedení po dobu magisterského studia a za cenné rady a připomínky při řešení diplomové práce. Rád bych rovněž poděkoval Ing. Ludmile Kačicové, poradkyni společnosti KWS OSIVA s.r.o., za rady a za poskytnutí odborné literatury. Poděkování patří i mé ženě a celé rodině za pomoc, trpělivost a podporu.

# Vliv různých způsobů ošetření rostlin kukuřice na zvýšení produkce biomasy

## Souhrn

Kukuřice patří mezi naše nejvýkonnější plodiny. Přesto a proto se při zakládání porostů kukuřice a při jejím pěstování rozvíjejí nové technologické postupy. Přes poměrně rozsáhlé vědomosti a zkušenosti při zakládání porostů kukuřice mají tyto technologie i svoje rizika a úskalí. Mezi hlavní otázky patří, jakým způsobem a či vůbec před založením porostu kukuřice zpracovávat půdu. A v této souvislosti vyvstávají otázky, jak se postarat o vhodné hnojení a výživu kukuřice, která při pěstování odčerpá z půdy značné množství živin.

Práce se zabývala navrhnutím vhodného systému hnojení kukuřice na siláž, a to různými způsoby aplikace hnojiva na široko, pod patu a listovým doplňkovým přípravkem ve vztahu k produkci sušiny. Během vegetace bylo provedeno měření výšky rostlin kukuřice a dále práce vyhodnotila intenzitu a obsah chlorofylu v listech na vybraných variantách s neošetřenou kontrolní variantou

Pokusné parcelky s kukuřicí na siláž byly umístěny na pokusnou plochu „Výzkumné stanice Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů“ České zemědělské univerzity v Praze v Červeném Újezdě (okres Praha-západ).

U všech variant se ihned po sklizni provádělo hodnocení výnosu v zeleném stavu a následně po vysušení jsme vyhodnotili výnos suché hmoty. V rámci jednoletého pokusu jsme zjistili následující výsledky, které mohou pomoci při plánování základního či doplňkového hnojení silážní kukuřice. Na základě výsledků uvádíme, že použití hnojiv Zeastim na list s kombinací s Močovinou a použití hnojiva Urea Stabil aplikované na široko, mají vliv na vyšší nárůst zelené hmoty, tím pádem vykazují vyšší výnosy zelené i suché hmoty.

**Klíčová slova:** Kukuřice, výnos, fotosyntéza, chlorofyl, biomasa

# **Effect of different treatments of corn to increase biomass production**

## **Summary**

Maize is one of the most profitable crops in our country. Therefore, new technological processes are implemented and developed at growing maize. Despite the relatively extensive knowledge and experience in growing maize, these technologies are abundant with risks and possible pitfalls. A very important question above all is the one concerning the soil treatment; fertilization and nutrition suitable for maize growing.

Thesis deals with proposing an appropriate system of fertilization the maize suitable for silage by all different means of wide fertilization applications, fertilization supplements at the base and at the top with relation to production of silage. During the vegetation, we took measurement of maize plants. Thesis also evaluates the intensity and volume of chlorophyll in leaves of maize that was not treated.

The experimental plants of maize were situated on testing field of Research Station, Faculty of Agronomy. Food and Natural Resources at the Czech Agricultural University in Prague in Červený Újezd (district Prague - West).

After the harvest, all variants of maize were examined from the perspective of profit in green state and in the dry state. Within the one-year experiment, we found following results that may help in the planning the basic or supplemental fertilization of silage maize. Therefore, based on the results launched, we present that the wide top use of Zeastim fertilizers in combination with Urea Stabil fertilizer has impact on higher growth of green mass, so it proves higher profit of green and dried mass.

**Keywords:** Maize, profit, photosynthesis, chlorophyll, biomass

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2 Cíl práce.....</b>	<b>10</b>
<b>3 Literární přehled .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Kukuřice – perspektivní plodina.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Vznik a původ kukuřice.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Botanické zařazení kukuřice.....</b>	<b>12</b>
<b>3.4 Využití kukuřice.....</b>	<b>13</b>
3.4.1 Kukuřice na siláž.....	13
3.4.2 Silážní kukuřice jako zdroj obnovitelné energie .....	14
<b>3.5 Podmínky pro růst kukuřice .....</b>	<b>16</b>
3.5.1 Voda .....	16
3.5.2 Půda .....	16
3.5.3 Teplo .....	17
<b>3.6 Příprava půdy k pěstování kukuřice .....</b>	<b>17</b>
3.6.1 Tradiční příprava půdy .....	19
3.6.2 Minimalizační příprava půdy .....	19
3.6.3 Výsevy kukuřice do meziplodin.....	20
3.6.4 Pásové zpracování půdy „strip tillage“ .....	21
3.6.5 Protierozní ochrana půdy v kukuřici .....	22
<b>3.7 Založení porostu kukuřice.....</b>	<b>23</b>
<b>3.8 Výživa porostu kukuřice.....</b>	<b>24</b>
3.8.1 Funkce biogenních prvků ve výživě kukuřice.....	25
3.8.1.1 Makrobiogenní prvky .....	26
3.8.1.2 Vliv mikrobiogenních prvků na růst a vývoj kukuřice.....	29
<b>3.9 Typy výživy kukuřice .....</b>	<b>32</b>
3.9.1 Organické hnojení.....	33
3.9.1.1 Digestát .....	35
3.9.2 Průmyslové hnojení .....	35
3.9.3 Hnojení pod patu .....	37
3.9.4 Hnojení na široko .....	37
3.9.5 Listové hnojení.....	38
<b>3.10 Vliv podmínek prostředí na tvorbu výnosu kukuřice.....</b>	<b>39</b>
3.10.1 Kukuřice v měnících se klimatických podmínkách.....	40
3.10.2 Biotické a abiotické faktory ovlivňující výnos.....	40
3.10.2.1 Škůdci .....	41

3.10.2.2	Houbové choroby a mykotoxiny .....	41
3.10.2.3	Plevelle .....	42
<b>3.11</b>	<b>Fotosyntéza.....</b>	<b>43</b>
3.11.1	Intenzita fotosyntézy .....	44
<b>3.12</b>	<b>Význam obsahu sušina .....</b>	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>Materiál a metodika.....</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky pokusu .....</b>	<b>50</b>
5.1	Hodnocení výšky rostlin.....	50
5.2	Hodnocení výnosu .....	50
5.3	Hodnocení intenzity fotosyntézy.....	52
5.4	Hodnocení obsahu chlorofylu .....	54
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>59</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>61</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>72</b>

# 1 Úvod

Jedním ze základních světových trendů v rostlinné výrobě je neustálé rozšiřování produkce kukuřice a jejího využití, přičemž potřeba většinou převyšuje nabídku. Nárůst pěstitelských ploch kukuřice v České republice kopíruje trend růstu v Evropě i ve světě. Výnosový potenciál kukuřice je využíván v různých částech světa velmi rozdílně. I mezi evropskými zeměmi jsou značné rozdíly ve výnosech kukuřičných produktů, které jsou dány jak geografickou polohou a závislostí na průběhu ročníku, tak i stále přetrvávajícími rezervami v technologické kázni při pěstování kukuřice. Kukuřice to na českých polích nikdy neměla jednoduché. Většího rozšíření doznala až v 60. letech minulého století, kdy se začala pěstovat na zelené krmení a na siláž. Do konce 80. let se na zrna pěstovala pouze na jižní Moravě a výnosy zrna bývaly nižší než u pšenice ozimé. Zřídka kdy přesahovaly 5 t suchého zrna z 1 ha.

Kukuřice patří mezi naše nejvýkonnější plodiny. Přesto a proto se při zakládání porostů kukuřice a při jejím pěstování rozvíjejí nové technologické postupy. Přes poměrně rozsáhlé vědomosti a zkušenosti při zakládání porostů kukuřice mají tyto technologie i svoje rizika a úskalí. Mezi hlavní otázky patří, jakým způsobem a či vůbec před založením porostu kukuřice zpracovávat půdu. A v této souvislosti vyvstávají otázky, jak se postarat o vhodné hnojení a výživu kukuřice, která při svém pěstování odčerpá z půdy značné množství živin. Bezprostředně na to pak navazují otázky týkající se zvolení vhodné ochrany proti plevelům a škůdcům. Na druhé straně přinášejí tyto nové postupy šetrnější přístup k půdě a především výrazně ochraňují půdu před erozí a povrchovým smyvem. V současné době stoupá význam zemědělství nejen jako producenta potravin pro stále se zvyšující populaci na Zemi, ale také jako dodavatele biomasy. V České republice má kukuřice nezastupitelné místo ve struktuře pěstování z hustě setých plodin. Základní rozdělení využití kukuřice je na zrna a na siláž. U nás, ale i ve světě se plochy pěstování kukuřice neustále rozšiřují a to i přesto, že za posledních dvacet let došlo k úbytku konzumentů kukuřičné siláže hospodářskými zvířaty. Dosažení co nejlepších výsledků je cílem každého pěstitele. Vyváženost hnojení a výživy je pro úspěšné pěstitelské technologie nezbytnou součástí. Výše uvedené skutečnosti v kostce naznačují potenciál kukuřice a význam kukuřice pro české zemědělství. Kukuřice jednoznačně intenzifikuje zemědělství a zvyšuje jeho konkurenceschopnost. V ČR je prostor ke zvyšování plochy kukuřice vzhledem k rostoucí poptávce. Navíc se začíná velmi vážně projevovat výborná adaptabilita kukuřice na měnící se klimatické podmínky ve středoevropském regionu, na rozdíl od obilín. Díky propracovanému šlechtění stále narůstají



výnosy jak silážní hmoty, tak zrna z hektaru, což následně přináší i možnosti vyšších ekonomických zisků.

## 2 Cíl práce

Cílem práce je navrhnout vhodný systém hnojení kukuřice na siláž (před setím na široko, pod patu, aplikace listových doplňkových přípravků) ve vztahu k produkci sušiny.

Dalším cílem práce je vyhodnotit intenzitu fotosyntézy a obsah chlorofylu na vybraných variantách a porovnat hodnoty s neošetřenou kontrolou.

Hypotézy:

1. předpokládá se, že použitá hnojiva budou mít pozitivní vliv na celkový výnos zeleně hmoty a sušiny.
2. Předpokládá se, že listová doplňková hnojiva budou mít vliv na vyšší obsah chlorofylu u kukuřice.
3. Předpokládá se, že hnojiva aplikovaná pod patu budou mít vliv na vyšší intenzitu fotosyntézy v počátečních fázích vývoje kukuřice.

## 3 Literární přehled

### 3.1 Kukuřice – perspektivní plodina

Perspektiva kukuřice v českém zemědělství vzrůstá. Ze všech plodin je nejlépe schopna překonávat měnící se klimatické podmínky. Jarní sucha postihují hlavně obilniny a řepku. Kukuřice se po zasetí obejde cca 60 dnů beze srážek, aniž by došlo k výraznému narušení rostlin. S postupným oteplováním se výrazně zlepšují podmínky pro pěstování kukuřice v řepařské a obilnářské oblasti. Zvyšuje se jistota dozrávání a včasný nástup sklizně (Prokeš et Románková, 2013).

Kukuřice, vzhledem na svůj původ, je rostlinou krátkého dne. Kratší dny urychlují její generativní vývoj, kvetení a dozrávání. Dlouhé dny podporují vývoj vegetativních orgánů, výšku porostu a olistění rostlin a prodlužují dozrávání. Z hlediska vytvarování květů a zrna nejpříznivěji působí 10 – 12 hodinové světlo (Fecenko et Ložek, 2000).

Tauferová et al. (2014) zmiňují, že silážní kukuřice hraje důležitou roli při výrobě objemových krmiv a řadí se mezi rozhodující krmné plodiny. Převládající složkou zrna kukuřice jsou glycidy. Z nich připadá na škrob 60-70%, obsah dusíkatých látek okolo 10%, vlákniny 2%, tuku 3-6%, nejvíce v klíčku (cukrová kukuřice 8-9%). Z obilovin má kukuřice po ovsu druhý nejvyšší obsah tuku v semeni.

Kukuřice je schopna přinést českému zemědělství intenzitu navzdory všem omezením, která jsou pro ni namířena. V České republice je prostor pro pěstování kukuřice na 400 – 450 tisících hektarech. Z této výměry se perspektivně může pěstovat kukuřice na zrno na výměře větší jak 200 tisíc ha (Prokeš et Románková, 2013).

### 3.2 Vznik a původ kukuřice

Historie kukuřice sahá přibližně 4000 let před. n. l. do oblastí savan Peru a stepí, kde byla pěstována Indiány. Kukuřice byla dovezena do Španělska Krištofem Kolumbem z jeho první cesty do Ameriky v roce 1492. Její pěstování v Evropě nemá dlouhou historii, kde poprvé byla roku 1511 zmíněna Petrem Martyrem (Hruška, 1962).

Zimolka et al. (2008) konstatují, že díky své variabilitě, vysoké produktivitě a rozmanitosti využití se kukuřice rozšiřovala na takové vzdálenosti, jaké nebyly zaznamenány u jiných plodin. Ve východní Evropě byla rozšířena Turky proto se pěstovala pod názvem turecká pšenice na Moravě dodnes známa pod názvem „turkyně“. Po zavedení hybridního

osiva na začátku 20. století pěstování kukuřice zaznamenalo větší rozšíření (Prugar et al., 2008).

### 3.3 Botanické zařazení kukuřice

Dle botanického systému zařazení patří kukuřice mezi obilniny jednoleté, jednodomé, různopohlavní, cizosprašné typy rostlin (Vrzal, 1998).

Podle Zimolky et al. (2008), kukuřice setá (*Zae Mays*) patří do potřídy jednoděložných (*Monocotyledonae*), řádu lipnicokvětých (*Poales*), čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), skupiny kukuřicovitých (*Mayeade*). Dále jsou uváděny nižší botanické jednotky, do kterých je rozdělena většina skupin a to podle tvaru a barvy zrna popřípadě podle vřetene nebo barvy pluh.

#### **Rozdělení podskupin dle Zimolky et al. (2008):**

Kukuřice obecná, tvrdá (*Zea mays*, convar. *indurata* Sturt., syn. *Z.m.* convar. *vulgaris* Körn.)

- patří k nejstarším, zrno tvrdé okrouhlé, lesklé

Kukuřice koňský zub (*Zea mays*, convar. *indentata* Sturt., syn. *Z.m.* convar. *dentiformis* Körn.)

- nižší tvrdost oproti obecné, klínovitý tvar, s malou jamkou na hoře, vysoká výnosnost

Kukuřice polozubovitá (*Zea mays*, convar. *aorista* Grebenc., syn. *Z.m.* convar. *semiindentata* Kulesh.)

- vznikla křížením koňského zubu a kukuřice obecné, pěstování na zrno a siláž

Kukuřice pukancová – praskavá (*Zea mays*, convar. *everta* Sturt., syn. *Z.m.* convar. *microsperma* Körn., Grebenc.)

- drobné zrno na vrcholu zakulacené, hladké, lesklé, pražením zrno praská

Kukuřice cukrová (*Zea mays*, convar. *saccharata* Sturt.)

- charakteristická svaštělost zrna po dozrání, použití ke konzumaci vařené či sterilované

Kukuřice vosková (*Zea mays*, convar. *ceratina* Grebenc., Kulesh.)

- velká tvrdost zrna, použití k technickým účelům

Kukuřice škrobnatá (*Zea mays*, convar. *amylacea* Sturt., Mont., Grebenc., syn. *Z.m.* convar. *macrosperma* Klobsh.)

- nízký obsah bílkovin, vysoký obsah škrobu, povrch zrna matný

Kukuřice pluchatá (*Zea mays*, convar. *tunicata* St. Hill., syn. *Z.m.* convar. *cryptosperma* Bonaf., syn. *Z.m.* convar. *glumacea* Larranaga.)

- nemá botanický význam, slouží pro botanické a genetické studie

Kukuřice škrobocukrová (*Zea mays*, convar. *amyleasaccharata* Sturt.)

Kukuřice pestrolistá (*Zea mays*, convar. *japonica*)

- pro své červené nebo světležluté listy se pěstuje jako okrasná

### **3.4 Využití kukuřice**

Z hlediska hodnocení výživné hodnoty je kukuřice složitou plodinou, ale s širokými možnostmi využití. Obsahuje dvě velmi odlišné části: zrno a zbytek rostliny. Během zrání se mění složení i podíl těchto částí (Zeman, 1995). Zimolka (2008) uvádí, že dosud převažují dva užitkové směry, a to kukuřice na zrno a kukuřice silážní. Kromě těchto hlavních užitkových směrů se i u nás rozvíjejí další, alternativní formy zpracování produkce kukuřice. Jedná se zvláště o využití nejnověji pro výrobu obnovitelných zdrojů energie (bioetanol, bioplyn, biomasa).

Kukuřice se používá jako krmivo, v mnohých krajinách se využívá zrno v potravinářském průmyslu na výrobu škrobu, izoglukózy, tuků, hroznový cukr, zein, olej a alkohol. Dále i jako potrava pro lidi, ačkoli kukuřičná mouka má slabou pekařskou hodnotu, malý podíl kukuřice připadá i na průmyslové zpracování (Fecenko et Ložek, 2000).

Využití kukuřice je opravdu mnohostranné a na škrobárenský průmysl bezprostředně navazují další obory, zabývající se výrobou papíru a lepenek, stavebních materiálů, izolačních materiálů, lepidel, kosmetiky a léčiv (Kačicová et Prokeš, 2011). Tauferová et al. (2014) popisují, že získávání škrobu ze zrna kukuřice je nejefektivnější, protože má nejvyšší obsah škrobu v zrně 75-86 % ve srovnání s ostatními obilninami pšenice 62-70 %, ječmen 54-60 %.

#### **3.4.1 Kukuřice na siláž**

Silážní kukuřice se v porovnání s jinými krmnými plodinami vyznačuje až o 50 % nižšími náklady na produkci energie z 1 ha plochy, vysokou potenciální produkcí a plně mechanizovanou sklizní. Kukuřičná siláž má v našich klimatických podmínkách těžko nahraditelnou úlohu v krmných dávkách skotu a významnou měrou ovlivňuje zdraví metabolických procesů v batoru skotu. Díky příznivému obsahu rozpustných sacharidů patří silážní kukuřice k nejsnadněji silážovaným plodinám (Přikryl et al., 2014).

Kukuřice, plodina s vysokým výnosovým potenciálem hmoty z hektaru, vyžaduje intenzitu. Jakékoliv chyby v agrotechnice, nekvalitní předset'ová příprava, nestejněměrné setí do nesprávné hloubky, snížení dávek hnojiva nebo omezený vstup herbicidní ochrany se

negativně projeví na konečném výsledku, to je na množství a kvalitě siláže (Kačicová et Prokeš, 2011).

Dle Zimolky (2008) od roku 1999 ÚKZÚZ využívá pro predikci kvalitativních parametrů silážních hybridů Nera infrared spektroskopii (NIRS), která umožňuje rychle, nedestruktivně a naráz stanovit několik parametrů. V současné době ÚKZÚZ hodnotí tyto parametry:

- **Škrob** – obsah škrobu
- **ELOS** – odhad stravitelnosti na základě stanovení podílu enzymaticky rozpustné organické hmoty
- **IVDOM** – odhad stravitelnosti organické hmoty
- **NDF** – neutrální detergentní vláknina
- **ADF** – kyselá detergentní vláknina
- **Hrubá vláknina**
- **Cukr** – redukující cukry
- **N-látky**
- **Popel** – tento parametr se stanovuje klasickou vázkovou metodou, NIRS nelze využít

Běžné kukuřičné siláže z roku 2013, oproti minulému roku, mají celkově nižší obsah sušiny i škrobu, ale vyšší obsah složek vlákniny (ADF a NDF), ale i popele (Přikryl et al., 2014). Vavřina et al. (2009) definují, že jako optimální silážní zralost je možno charakterizovat to vývojové stádium, v němž je dosaženo nejvyšší krmné hodnoty. Toto vývojové stádium je velmi silně ovlivněno typem hybridu (hybrid stay green, nebo rychle dozrávající). Optimálně krmné hodnoty je potom dosaženo při splnění následujících podmínek:

- Je ukončeno ukládání škrobu do zrna
- Ostatní hmota je v dobrém zdravotním stavu a zbytek rostliny dosahuje průměrný obsah sušiny celých rostlin 28-34%

### 3.4.2 Silážní kukuřice jako zdroj obnovitelné energie

Postupně se zvyšuje produkce skleníkových plynů. Tento efekt je výraznější už od 19. st. – spalování uhlí. Životní prostředí je zatěžováno produkcí CO<sub>2</sub>, které je způsobené velkou měrou spalováním fosilních paliv, což má za následek tvorby skleníkového efektu (Oerlemans, 2005). Využíváním rostlinné biomasy jako obnovitelného zdroje energie dochází

ke snižování spotřeby fosilních zdrojů. Nahrazení fosilních paliv využitím biomasy je jednou z možností na produkci bioplynu (Hrnčířík et al., 1997). Kintl et al., (2015) popisují, že rostlinná biomasa obsahuje velké množství různých organických látek. Hojně jsou zastoupeny nejrůznější sacharidy, od monosacharidů, jako je například glukóza, až po polysacharidy typu škrobu, hemicelulózy a celulózy. Zejména ve starších pletivech se vyskytuje lignin. Biomasa je dále tvořena bílkovinami, tuky, vosky a dalšími organickými sloučeninami.

V ČR narůstá poptávka po biomase z důvodu počtu rostoucích bioplynových stanic, což má za následek stále se navyšujících ploch k pěstování silážní kukuřice (Nedvěd et Scako, 2015). Vysoký výnos energie z hektaru je základem rentability provozu BPS. Vysoký výnos kvalitní hmoty z hektaru je alfou a omegou úspěšného provozu BPS (Kačicová et Prokešl, 2011).

Kukuřice v České republice patří mezi plodiny, které mají nejvyšší produkční potenciál 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. Nejjednodušší způsob přeměny na tepelnou energii je spalování biomasy kukuřice (Diviš et Kajan, 2009). Při pěstování kukuřice určené k energetickým účelům na výrobu bioplynu není zásadní vysoký podíl paliv v biomase při optimálním obsahu sušiny 28-32% (Prokop, 2008)

Pro bioplynové stanice se za ideální dnes považuje 32-35% obsahu sušiny (Kačicová et al., 2011). Havlíčková et al. (2008) uvádí, že pro výrobu bioplynu musí být biomasa o stejném obsahu sušiny tvořena sušinou snadno degradovatelnou na bioplyn.

Bioplynové stanice jsou pro zemědělce v mnoha směrech přínosem. Pro zemědělce představují nový zdroj pravidelných a stabilních příjmů. Bioplynová stanice představuje jednu z mála možností, kdy zemědělec svou produkci – elektrickou energii a teplo – prodává přímo konečnému odběrateli. Důvody, které vedly a vedou k výstavbě zemědělských bioplynových stanic po roce 2005 jsou podle Kajan (2011):

- finanční a legislativní podmínky
- pokles stavu hospodářských zvířat
- nízká cena rostlinných komodit
- využití mechanizačního vybavení a stavebních objektů
- deklarovaná jednoduchost, nenáročnost a návratnost u bioplynových stanic
- pravidelný příjem provozovatele bioplynové stanice.

## **3.5 Podmínky pro růst kukuřice**

### **3.5.1 Voda**

Šnobl et al. (2002) popisují vodu jako univerzální rozpouštědlo všech látek včetně živin, které v ní disociují na ionty přijímané rostlinami. Voda je rovněž transportérem. Voda je pro rostliny, jako pro ostatní organizmy, rozhodujícím faktorem jejich existence. Plní v rostlině více funkcí, které jsou podmíněné jejími fyzikálními a chemickými vlastnostmi (Fecenko et Ložek, 2000). Důležitým faktorem je také vyrovnaný přívod vláhy během vegetace, zejména v období po vymetání, ale také v době kvetení. Ukazuje se, že zejména v době kvetení je voda významným faktorem pro opylení a samotný vývoj zrn (Příkryl et al., 2014).

Karabínová et al. (2001, 2010) publikují, že při dostatku závlahy a podmínek, které jsou pro rostlinu příznivé, může u rostliny dojít ke zvětšení až o 100% plochy zelených orgánů. Na funkci kořenového systému je závislý rozvoj asimilační plochy. Dále konstatují, že oproti ostatním obilninám zůstává v půdě po kukuřici více vláhy.

### **3.5.2 Půda**

Přes rozvoj biotechnologií, kterého jsme svědky v posledním období, zůstává zemědělská půda a její kvalita základním předpokladem zemědělské výroby. Půda je však také svorníkem všech přírodních cyklů, jejichž rovnováha je pro zachování životních podmínek na planetě Zemi nezbytná (Klement et al., 2012).

Půda je výsledkem půdotvorného procesu, při němž se půdotvorná hmota přetváří v jednotlivé půdní typy a druhy. Obdobně jako ostatní složky životního prostředí ovlivňují půdu, tak také zpětně půda působí na ostatní složky (Krejčíř, 1990). Kačicová et Prokeš, (2014) uvádějí, že půda je základním výrobním prostředkem každého zemědělce. Paradoxem je, že naši předci se bez vyspělých technologií, strojního vybavení a dostupných informačních technologií, starali o půdu lépe než my. Příkryl (2011) popisuje, že pevné částice půdy mají různou velikost a jejich zastoupení rozhoduje o zrnitostním složení půdy, které určuje půdní druh. Dále zrnitostní složení půdy ovlivňuje podmínky výživy v širokém rozsahu, ať již rozdílným vodním a vzdušným režimem, tak i podmínkami pro biologickou činnost, a zakořeněním rostlin. Biologický stav půdy je rovněž považován za klíčový aspekt v hodnocení půdní kvality. Půdní biologické charakteristiky totiž mohou poskytnout velmi cenné informace o změnách dalších půdních vlastností (Brookes, 1995). Kukuřice je v České



republiky pěstována ve všech výrobních oblastech a téměř na všech půdních druzích a typech (KWS, 2007).

Stav půdy z pohledu jejích fyzikálních vlastností je limitující pro její úrodnost. I v případě, kdy další aspekty, jako je pH, zaplevelenost, organická hmota v půdě jsou v normálu, vykazuje ztuhlá půda zásadní snížení výnosu (Šedek, 2011).

Strukturní stav půdy je významným prvkem půdní úrodnosti. Význam má zastoupení jednotlivých velikostních skupin půdních agregátů a především odolnost agregátů proti rozplavování vodou (Smutný et al., 2012).

### **3.5.3 Teplo**

Vhodná teplota je první podmínkou vývoje rostlin, růstu a diferenciaci buněk. Vhodná teplota je nutná pro uvedení do činnosti enzymatických pochodů pro klíčení semen rostlin. Na teplotě jsou závislé rozhodující životní pochody jako fotosyntéza, dýchání, příjem vody a živin rostlinou. Teplota je určující faktor pro nástup jarních prací a počátek vegetace (Šnobl et al., 2002).

Efektivnost pěstování zemědělských rostlin závisí v značné míře na teplotním režimu půd, který poskytuje potřebnou tepelnou energii pro klíčení semen, počáteční růst rostlin a rozvoj kořenového systému (Fecenko et Ložek, 2000). Kukuřice je svým původem teplomilná C4 rostlina a do velké míry závislá také na vláze. Proto teplota a vláha v průběhu vzházení i vegetace mají zásadní vliv na její vývoj a růst (Přikryl et al., 2014).

Rostliny lépe snášejí nedostatek vody při nízkých teplotách a vysoké teploty při dostatku vláhy. Při teplotě nižších 6 -7 °C se značně snižuje příjem živin rostlinami (Vrzal et al., 1995).

## **3.6 Příprava půdy k pěstování kukuřice**

Z historie víme, že kvalita zpracování půdy je závislá na úrovni zemědělské techniky. Jinak tomu není ani v současné době, kdy nám k dosažení evropské špičky chybí některé zemědělské stroje a nářadí pro zpracování půdy. Zpracování půdy má v zemědělské výrobě významné postavení, neboť spolu s ostatními agrotechnickými faktory upravuje podmínky pro růst a vývoj plodin, reguluje změny bioenergetických pochodů v půdě a je energeticky nejnáročnější oblastí zemědělské výroby (Šnobl et al., 2002).

V zemědělské praxi se stále více uplatňují při zpracování půdy a zakládání porostů hlavních polních plodin takové agrotechnické zásahy a postupy, které jsou charakteristické

zejména redukcí hloubky a intenzity zpracování půdy, ve spojování pracovních operací včetně setí, ponecháním zbytků rostlin na povrchu nebo ve svrchní vrstvě půdy (Tebrügge et Düring, 1999). Systém zpracování půdy a zakládání porostu je důležitou složkou pěstebních technologií kukuřice. Pro kukuřici je v současné době široký výběr technologických postupů zpracování půdy (Houšť et al., 2014).

S nárůstem významu pozice kukuřice v osevních postupech ovšem mohou vznikat limitující faktory, které pěstitele nepřímo nutí přizpůsobovat technologie pěstování tak, aby byla omezena rizika například z pohledu tlaku škůdců, plevelů a především z vysokého nebezpečí eroze na mnohých stanovištích (Šedek, 2011).

Volbu technologie zpracování půdy a založení porostu je potřeba přizpůsobit konkrétním podmínkám pěstování - stanovištním podmínkám, zařazení kukuřice do osevního postupu včetně managementu posklizňových zbytků předplodiny, stavu půdy po sklizni předplodiny i dalším faktorům. Významnou úlohu při volbě technologické postupu zpracování půdy a založení porostu kukuřice hraje ochrana půdy před erozí (Houšť et al., 2014). Torresen et al. (1999) konstatuje, že redukované zpracování půdy nebo hospodaření bez zpracování půdy mají vliv na snížení výnosu v porovnání s klasickou orbou.

Dle základního zpracování půdy se dají pěstitelé rozdělit do tří skupin:

1. skupina – 100% ploch pro kukuřici naorává
2. skupina – na určité menší části ploch používá bezorebné zpracování půdy (pozemky s vyšší svažitostí)
3. skupina – na 100% plochy pro kukuřici provádí minimální zpracování půdy

Z dlouholetých zkušeností ovšem vyplývá, že nelze zatracovat nebo vyzvedávat ani jeden způsob zpracování půdy, protože každý má své klady a zápory. Nejdůležitější je vždy to, jak se zvolená technologie provede (Vavřina et al., 2009). Příčinou stále více se rozšiřujících minimalizačních a půdo ochranných technologií ve zpracování půdy a zakládání porostů polních plodin je zejména jejich příznivý vliv na hospodaření s půdní vláhou, tj. snížení ztrát vody při nižší intenzitě zpracování půdy, omezení neproduktivního výparu vody z půdy využitím mulče, redukce vodní i větrné eroze i omezení vyplavování dusíku. Cílem zvoleného systému pěstební technologie na konkrétním stanovišti by mělo být dosažení stabilní struktury ornice i podorniči, neboť racionální hospodaření s organickou hmotou při zpracování půdy je základem udržitelnosti a setrvalosti zemědělské produkce (Kubát, 1999; Kukul et al. 2009).

### 3.6.1 Tradiční příprava půdy

V našich podmínkách dosud převažují tradiční technologie s orbou. Při pěstování kukuřice po obilninách předchází orbě podmítka. Ta se provádí v co nejkratší době po sklizni talířovými nebo radličkovými podmítači, podle podmínek do hloubky 0,06 až 0,12 m. Po podmítce následuje střední orba do hloubky 0,22 m, kterou jsou zpravidla do půdy zapravována organická a minerální hnojiva (Smutný et al., 2012). Při pěstování kukuřice po sobě a po okopaninách se podle podmínek provádí orba na hloubku 0,22 až 0,25 m. Kvalitní orba by měla vytvořit podmínky pro minimální vstupy na pozemek v jarním období. V sušších oblastech se proto doporučuje urovnání hrubé brázdy již na podzim (Zimolka, 2008). Jarní příprava půdy pro kukuřici musí zabezpečit rychle prohřátí půdy, zajistit dostatek vzduchu pro klíčení osiva a současně šetřit půdní vodou. Hloubku přípravy půdy je nutné volit pouze do hloubky setí. Při přípravě nesmíme utvořit hroudy a nadměrně utužit půdu. Přípravu půdy zahájíme ihned, jakmile to půdní podmínky dovolí (Houšť et al., 2014). Smutný et al. (2012) dále popisují, že tradiční zpracování půdy s orbou jsou u nás prověřeny dlouholetou praxí. Mezi jejich hlavní výhody patří rychlé prohřívání půdy na jaře, snížení nákladů na chemickou ochranu, hlubší a rovnoměrné zapravení posklizňových zbytků do půdy. Nevýhodou je především jejich vysoká pracovní a energetická náročnost.

### 3.6.2 Minimalizační příprava půdy

Hůla et al. (2008) uvádí, že v ČR jsou celkově minimalizační technologie uplatňovány na více než 30 % orné půdy. Většinou se jedná o postupy s mělkým (omezeným), případně středně hlubokým zpracováním půdy kypřením bez obracení půdy orbou. Zpracováním půdy ovlivňujeme její vodní, vzdušný a tepelný režim a zároveň i biologické, chemické a fyzikální vlastnosti. Dlouhodobé používání technologií s minimálním zpracováním nebo bez zpracování půdy mění také rozvrstvení koncentrací živin v půdním profilu.

Houšť et al. (2014) uvádějí, že z hlediska ochrany půdního a životního prostředí je používání minimalizačních technologií zpracování půdy ke kukuřici žádoucí. Významné je především omezení eroze půdy a ztrát pohyblivých forem dusíku z půdního prostředí do podzemních vod.

Kukuřice je většinou v osevním postupu zařazována mezi dvě obilniny, v menším rozsahu je pěstována po sobě nebo po okopaninách. V posledních letech jsme svědky rozšiřování minimalizačních technologií vedle hustě setých obilnin i u kukuřice. Problémem při využívání minimalizačních postupů u kukuřice je nedostatečné prohřívání půdy v jarním

období. To se odráží ve zpomalování klíčení, vzcházení a počátečního růstu. Vlhkostní podmínky půdy při její nižší intenzitě zpracování jsou naopak příznivější než po orbě (Dovrtěl et Procházková, 2005). Problémy možného poklesu výnosu kukuřice při používání minimalizačních technologií v chladnějších podmínkách a na těžkých půdách lze douvitě míry regulovat hlubším kypřením půdy na podzim, případně používáním hřebenové technologie (Smutný et al., 2012).

Zimolka (2008) uvádí, že při používání minimalizačních technologií převládají postupy s mělkým, případně středně hlubokým zpracováním půdy kypřením radličkovým nebo talířovým nářadím na podzim a mělkým kypřením před setím. K setí kukuřice jsou pak většinou používány speciální secí stroje, které umožňují podpovrchovou aplikaci minerálních hnojiv (tzv. Hnojení pod patu).

### **3.6.3 Výsevy kukuřice do meziplodin**

Zejména na erozně ohrožených půdách je vhodné použití technologie s výsevem kukuřice do meziplodin. Hlavní cílem tohoto technologického postupu je ochrana půdy a životního prostředí (Smutný et al., 2012). Půda na neoraných pozemcích s vymrzající meziplodinou se na jaře prohřívá pomaleji v důsledku přítomnosti zbytku meziplodin, vyšší objemové hmotnosti, vlhkosti, a tím i vyšší tepelné vodivosti půdy (Zimolka, 2008). Tako skutečnost dle Houšť et al. (2014) může v některých letech oddálit termín výsevu nebo zpomalit počáteční růst kukuřice. Velké množství zbytků meziplodiny na povrchu půdy může způsobovat problémy s kvalitou setí i s regulací plevelů.

Zařazení meziplodin do osevního postupu a ponechání rostlinných zbytků mulče na povrchu půdy zlepšuje půdní strukturu, zvyšuje přístup organické hmoty do půdy, zadržuje mobilní živiny, jako jsou N, Ca a omezuje zaplevelení v meziorostním období, zlepšuje infiltraci, vlhkost a omezuje vznik půdní krusty (Srbek, 2015). Výsevy kukuřice do meziplodin se podle Zimolky (2008) provádí nejčastěji při obvyklém zařazování kukuřice po obilninách, kdy se pěstování meziplodin většinou dobře daří. Při zařazení kukuřice po kukuřici nebo po okopaninách mohou nastat při opožděné sklizni problémy se založením porostu a vypěstováním meziplodiny.

Při zakládání kukuřice do vymrzajících nebo přezimujících chemicky likvidované meziplodiny lze v zásadě využít následujících možností:

- mělké celoplošné zpracování půdy, předset'ová příprava půdy, setí

- přímé výsevy kukuřice do vymrzlé nebo chemicky likvidované meziplodiny secími stroji pro přímé setí
- prokypření půdy ve výsevném řádku – použití secích strojů s rotačními pracovními orgány
- zapravení meziplodiny do půdy mělkou orbou s úpravou ornice, předseťová příprava půdy, setí

Lze předpokládat, že pro založení většiny porostu kukuřice do meziplodin budou využívány varianty minimalizačních technologií. Pracovní operace předcházející setí kukuřice budou mít charakter mělkého kypření, ať již radličkovým nebo talířovým nářadím a k setí budou ve větší míře využívány secí stroje pro přímé setí do nezpracované půdy (Dovrtěl et Procházková, 2005).

#### **3.6.4 Pásové zpracování půdy „strip tillage“**

Další technologií zpracování půdy je pásové zpracování půdy (Kuthan, 2012). Pásové zpracování půdy je konzervativní postup rozšířen v zámoří s uznávanými environmentálními, agronomickými a ekonomickými přínosy (Trevini et al., 2013). Principem pásového zpracování je kombinace výhod celoplošného zpracování půdy a setí do nezpracované půdy (no-tillage) (Brant et al., 2015).

Ke zpracování půdy dochází jen v ohraničené zóně, proto se mu také říká zónové. Touto metodou půdoochranného zpracování půdy se odstraňují posklizňové zbytky jen v ohraničené zóně a zároveň je tato část půdy kypřena a připravována pro výsev. Tato zóna je obvykle 20 – 30 cm široká a 5 – 35 cm hluboká, záleží na nastavení stroje pro pásové zpracování půdy. Samozřejmostí je možnost aplikace hnojiv do různých hloubek (Kuthan, 2012). V dnešní době se toto zpracování půdy uplatňuje hlavně na východě Colorada, v západní Nebrasce, na západě Oregonu a v Texasu. Využití pásového zpracování půdy bude zřejmě nabírat na významu, protože finanční náklady jsou asi o 54% nižší než při celoplošném konvenčním zpracování půdy orbou (Smutný et al., 2014).

Za hlavní výhody Brant et al. (2015) považuje:

- ochrana půdy v důsledku ponechání rostlinných zbytků v meziřádcích a omezení vodního stresu při hlubším zpracování půdy ve srovnání se systémy celoplošného hlubšího zpracování půdy

- zlepšení půdních podmínek pro vývoj rostlin v řádcích oproti technologiím setí do nezpracované půdy
- vhodnější podmínky pro výsev spočívající v časnějším termínu setí a v nižších požadavcích na startovací dávky hnojiv ve srovnání s technologiemi mělkého zpracování a setí do nezpracované půdy

### 3.6.5 Protierozní ochrana půdy v kukuřici

Pěstování kukuřice naráží na řadu problémů, především na erozně ohrožených půdách. Omezení eroze půdy je závislé také na struktuře povrchové vrstvy půdy, infiltraci vody do půdy a vodotělnosti půdních agregátů, které jsou zpravidla lepší při redukováném zpracování půdy (Azooz et Arshad, 1997; Tippl et al. 2005).

Eroze je ve své podstatě přirozený proces vývoje půd. Jde o proces způsobený činností vody, větru, případně ledovců (Kouřil, 2015). Infiltrační schopnost půdy má velký význam při ochraně půdy před vodní erozí, pro uchování vody v krajině a vláhové zabezpečení rostlin (Houšť et al., 2014). Ochrana půdy před vodní erozí a snížení odtoku povrchové srážkové vody spočívá zejména při vytvoření podmínek pro zvýšení infiltrace vody. Každoroční orba pórovitost půdy sice zvýší, ale zanedlouho se orniční vrstva může relativně vrátit s nepříznivými fyzikálními vlastnosti půdy. Nárůst rizika a vodní eroze půdy a výrazné snížení infiltrace vody, způsobuje povrchová půdní krusta (Janeček et al., 2005).

V podmínkách ČR jsou hodnoty přípustné ztráty půdy erozí dány hloubkou půdního profilu. Průměrná dlouhodobá ztráta půdy by neměla překročit následující hodnoty:

- mělké půdy (hloubka profilu do 30 cm) 1 t/ha/rok
- středně hluboké půdy (hloubka profilu 30 – 60 cm) 4 t/ha/rok
- hluboké půdy (hloubka profilu nad 60 cm) 10 t/ha/rok

Při zemědělském hospodaření je nutné udržovat erozi na těchto akceptovatelných mezích tak, abychom nepřipustili větší odnos půdy, než kolik jí na daném stanovišti vznikne (Kouřil, 2011).

Při pěstování kukuřice je nutné na pozemcích ohrožených erozí opustit od konvenčních způsobů přípravy půdy a jejich výsevu, ale snažit se uplatňovat technologie tzv. ochranného obdělávání s maximálním využitím meziplodin a posklizňových zbytků. Posklizňové zbytky kromě ochrany půdy před erozí zajišťuje také zvýšení vlhkosti půdy, snížení výparu, omezení vzniku půdního škraloupu, zlepšení provzdušnění půdy a její propustnosti, celkově dojde ke zlepšení půdních vlastností (Srbek et al., 2015). Za pomoci agronomických protierozních

opatření, takzvané ochranné oddělování půdy závislé zejména na speciální agrotechnice a zemědělské technice a využití meziplodin, je možno erozi omezit na přípustnou míru i při pěstování kukuřice na mírném svahu. Na prudších svazích se pak musí volit pěstování plodin s vysokým protierozním účinkem (Badalíková, 2012). Půdní eroze je významný environmentální problém všech suchozemských ekosystémů (Bartlová et al., 2015).

Nevhodně zvolená pracovní operace nebo jediná průtrž mračen může mít za následek odnosu takového množství půdy, které se dle místních podmínek utváří desítky až stovky let (Kouřil, 2011).

Truman, Shaw Reeves (2005) uvádí, že půdoochranné technologie zpracování půdy výrazně přispívají k omezení tvorby půdní krusty a tím i snížení povrchového odtoku vody a zvýšením infiltrace vody do půdy.

### **3.7 Založení porostu kukuřice**

Podle Zimolky et al. (2008) je vysoká kvalita výnosu a množství vypěstované kukuřice již ovlivněna správným založením porostu. Cílem správného založení je dosažení na jednotce plochy optimálního počtu rostlin. Následné chyby lze jen těžko napravit.

Románková et al. (2008) uvádí, že předseťová příprava je operací při, které rozhodujeme o vodě a vzduchu v půdě, v aridních oblastech platí pravidlo méně hýbat půdou, co nejdříve a hlouběji set, v humidních oblastech a na těžších půdách je pro kukuřici limitující vzduch v půdě. Pokud se nám podaří kukuřici na jaře tzv. zamazat, reaguje pomalejším a slabším růstem a v mnoha případech nedosáhne odpovídajícího výnosu.

V ČR se termín výsevu odvíjí od teploty půdy od místa, kam bude ukládáno kukuřičné semeno, které pro klíčení potřebuje teplotu mezi 8 – 10 °C. Začátek setí je vhodný od poloviny dubna až do 10. května. Organizační a technické důvody nutí mnoho pěstitelů pro včasné setí, při kterém by se nemělo zapomínat na chladový test a moření, které prověří kvalitu osiva (Řeňč, 2015). Dalším faktorem, který vyplývá z vývoje porostu je kvalita setby. Požadujeme, aby osivo kukuřice bylo uloženo na dno výsevné brázdičky, zahrnuté vrstvou půdy, která je utlačená koly přitlačená kvůli dobrému napojení osiva s vlhkou vrstvou půdy. Rovněž důležité z hlediska efektivního využití živin rostlinou je její pravidelné rozmístění v řádku bez dvojnásobných výsevů případně vynechávek (Schrödl, 1997).

### 3.8 Výživa porostu kukuřice

Tauferová et al. (2014) popisují, že rostlinné živiny jsou chemické látky potřebné pro normální životní pochody rostlin. Jejich funkce nemůže být nahrazena jinou chemickou sloučeninou. Zelené rostliny mohou přijmout z prostředí více než 50 chemických prvků (minerálních látek), ale pouze asi 16 z nich jsou rostlinné živiny.

Příkryl et al. (2014) popisují, že úspěšné pěstování kukuřice je tak úzce závislé vedle klimatických podmínek také na úrodnosti půdy, či výživě rostlin v průběhu vegetace.

Snahou každého pěstitele musí být intenzifikace pěstování – zvýšení produkce z jednotky plochy na úkor zvyšování pěstitelských ploch za pomoci využití všech intenzifikačních faktorů. Mezi nejdůležitější intenzifikační faktory při pěstování kukuřice bezpochyby 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 % podíl na tvorbu úrody (Varga et al., 2012). Harmonická výživa a hnojení je nezbytnou součástí úspěšné pěstitelské technologie. V posledních 20 letech se výrazně změnil přístup ke hnojení zemědělských plodin a mnoha v případech dochází k postupnému snižování obsahu přístupných živin v půdě (hlavně P a K), včetně změny půdní reakce (pH). Pro dosažení optimálního výnosu a kvality kukuřice je třeba hledat i optimální výživu a hnojení (Maňásek, 2014). Kukuřice vykazuje v porovnání s jinými zemědělskými plodinami vysoké nároky na teplo a dále se vyznačuje dobrým využitím sluneční energie. S tím je spojena i odlišná cesta asimilace oxidu uhličitého (Zimolka, 2008). Ryant et al. (2005) uvádí, že výživa kukuřice musí být založena na vytváření optimálních podmínek pro rostliny ve vztahu k prostředí, ve kterém se rostlina pěstuje. Kořenový systém kukuřice je velmi mohutný, což napomáhá využití živin z hlubších půdních vrstev.

Mladé porosty kukuřice jsou velmi odolné vůči suchu. Vlivem sucha stáčejí listy, avšak po srážkách se rychle zotaví. V pozdějším období (polovina července až konec srpna), kdy dochází k velkému nárůstu fytomasy, je konečný výnos kukuřice značně závislý na příjmu vody. Množství vyprodukované sušiny na jednotku dusíku v listech je výrazně vyšší než u rostlin C3. Tato metabolická odlišnost řadí kukuřici mezi rostliny s vyššími nároky na intenzitu slunečního záření a vyšší teplotu půdy, ale i vzduchu. Na tvorbu výnosu současně tyto vlastnosti s dobrými půdními podmínkami vytváří předpoklad pro efektivnější využití přijatých živin (Zimolka, 2008).

Varga et al. (2012) poukazují, že kromě půdních, klimatických a agrotechnických faktorů, schopnost využívání živin kukuřicí, závisí na celkové úrovni hnojení a na hybridu.

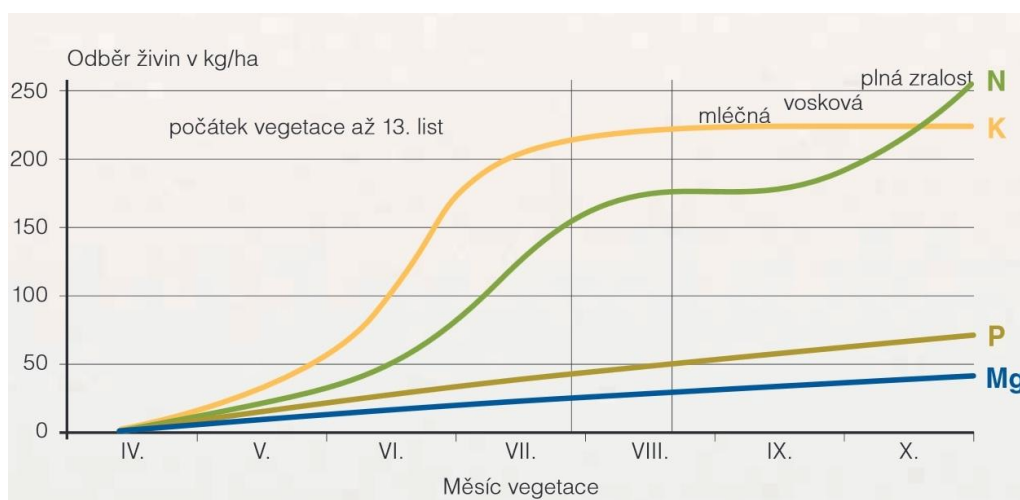


### 3.8.1 Funkce biogenních prvků ve výživě kukuřice

Biogeochemické koloběhy látek (makroprvky, mikroprvky i rizikové prvky) a energie jsou základními atributy fungování stabilních terestrických ekosystémů, protože jsou spjaty s klimatem, koloběhem vody a živin, i s produkcí biomasy (Kunzová et al., 2014).

V procese výživy rostlin se uplatňuje vzájemné působení mezi půdou, rostlinou a hnojivem. Z toho důvodu pro pochopení charakteru přeměn hnojiv v půdě a jejich účinků na různých půdách je potřeba znát složení půdy, její vlastnosti, jako i fyzikálně-chemické a biologické procesy probíhající v půdě. Úbytek živin je z půdy realizován odběry výnosů hlavního i vedlejšího produktu, větrní a vodní erozi, vyplavováním do hlubších vrstev, fixací do nepřístupných forem a únikem do atmosféry (Varga et al., 2012).

Kukuřice odebírá na tvorbu výnosu relativně vyšší množství živin, jedna tuna výnosu silážní kukuřice odčerpá 10 – 15 kg dusíku (N), 2 – 3 kg fosforu (P), 12 – 16 kg draslíku (K), 5 - 6 kg vápníku (Ca) a 1,2 – 2,5 kg hořčíku (Mg). Zpočátku přijímá živiny v menším množství, jejich příjem se zvyšuje až v období květu a tvorby palic. Graf 1 znázorňuje, jak některé uvedené prvky jdou celou dobu lineárně a ostatní pak mají rychlý nárůst (Poulik, 1996).



Graf 1 Odběr živin kukuřicí v průběhu vegetace

Výživa kukuřice v mnoha zemědělských společnostech je již delší dobu zaměřená pouze na přísun dusíku, který je jedním z hlavních stavebních kamenů z celé mozaiky makro- i mikroprvků. Nesmíme zapomínat, že již v dávné době Justus von Liebigem definoval zákon minima, který nám říká, že živina, která se nachází v minimu, eliminuje příjem ostatních živin

a určuje skutečný výnos (Maňásek, 2012). Hart et al (2009) doporučují odebrání vzorků půdy po sklizni (Post Harvest Nitrate Test – PHNT), který udává zásobu N po sklizni. Výsledné hodnoty slouží k posouzení hnojení dusíkem a efektivnosti hnojení. Je třeba brát na zřetel případné ztráty během zimy.

### 3.8.1.1 Makrobiogenní prvky

#### **Vliv dusíku (N) na růst a vývoj kukuřice**

Nejvyšší vliv na úrodu kukuřice má dusík z toho důvodu, že ve většině případů je ho v půdě nedostatek. Počáteční pokusy vykonané v zahraničí i u nás poukazují na silný vliv stoupajících dávek dusíku na úrodu kukuřice (Fecenko et Ložek, 2000).

Dusík ovlivňuje výrazně tvorbu rostlinné hmoty, růst rostlin, prodlužování výhonů a letorostů, velikost plodů i květů. Působí na barvu a vzhled rostlin, zdravotní stav i odolnost k nízkým teplotám. Výrazně zasahuje do tvorby N-látek a do poměru sacharidů a dusíkatých složek v rostlinách (Vaněk et al., 2012)

Celkový obsah dusíku v půdě se pohybuje nejčastěji v rozmezí do 40 %. Převážná část dusíku se nachází v organických vazbách a jen malý podíl je ve formě nitrátové a čpavkové. Podporuje růst výhonků a listů celkové asimilační plochy. Při nedostatku N jsou rostliny světlejší, listy i celá rostliny menší a naopak při nadbytku N jsou mohutné, sytě zelené (Šnobl et al., 2002). Baier (1969) poukazuje, že nedostatek dusíku omezuje dále tvorbu bílkovin a enzymů, a tím se snižuje růst rostlin. Absence se projevuje nejdříve na nejstarších listech, které předčasně odpadávají. U obilnin se nedostatek projevuje snížením odnožováním, tvorbou menších klasů a menším nasazením zrna. Rostlina se předčasně generativně vyvíjí. Kowalenko (2004) uvádí, že dusík je nutný pro výrobu chlorofylu a je přímo zapojený do fotosyntézy. Schmidt et al. (2000) publikuje, že druh použitého hnojiva a jeho dávka ovlivňují příjem dusíku. Fecenko et Ložek (2000) uvádějí, že účinnost stoupajících dávek dusíku kromě ovlivnění ekologickými faktory a odrůdou, značně závisí na půdních vlastnostech. Na chudších půdách je účinnost dusíkatého hnojení vždy vyšší, než na půdách úrodnějších. Andraski et al. (2000) konstatují, že je přímý vztah mezi ztrátami dusíku přehnanými dávkami hnojení a vyplavováním. KWS (2007-2008) uvádí, že ke zjištění dusíku je dispozici několik metod:

- Bilance dusíku na základě znalostí pozemku, očekávaného výnosu, intenzity organického hnojení, působení předplodiny

- Metoda N-min. – stanovení obsahu dusíku v půdě a následné dopočítávání potřeby hnojení
- Metoda EUF – stanovení zásoby minerálního dusíku v létě a na podzim předcházejícího roku, na základě obsahu dusíku v organické formě, a určení potřeby dalšího hnojení dusíkem

### **Vliv fosfor (P) na růst a vývoj kukuřice**

Vaněk et al. (2012) popisují, že rostliny mohou do určité míry příjem fosforu ovlivňovat. Pokud je v jejich pletivech jeho nedostatek, aktivují v membránách kořenů fosfatázy a přenašeče s vysokou afinitou k fosforečnanům s cílem zlepšit příjem P. Také mají snahu zvětšit prostor, ze kterého mohou fosfor získat – zvýšeným růstem kořenů na úkor nadzemní biomasy vytvářejí hustší kořenovou síť a větší množství vlásečnicových kořínků.

Přijatý minerální fosfor je okamžitě zabudován do organických sloučenin a takto transportován do míst jeho nejvyšší potřeby - do mladých listů, vegetačního vrcholu, později květů a semen. Na přístupnost fosforu má značný vliv i půdní vlhkost. Při nedostatku vláhy se výživa fosforem značně zhoršuje (Klement et al., 2012).

Fosfor se podílí na mnoha metabolických funkcích, které se vyskytují v buňkách rostliny. Ovlivňuje činnost mnoha enzymů, je nositelem energie v buňce a může také ukládat energii jako phytin (Kowalenko, 2004). Nedostatek fosforu se projevuje zpočátku nenápadně. U rostlin je omezen rozvoj kořenů a dochází k méně intenzivnímu růstu nadzemní fytomasy. Je-li obsah nižší než 0,4 % P v sušině, zasahuje jeho deficit významně negativně do růstu a vývoje rostliny (Zimolka, 2008). Následky vzniklé stresem s nedostatku fosforu v počátcích vegetace mohou způsobit snížení výnosů (Grant et al., 2001). Nejintenzivnější přijímání fosforu kukuřicí je ve fázi kvetení a tvoření klasů. Nedostatek fosforu v této fázi má za následek nedostatečné ozrnění na koncích klasů, v důsledku krátké a snížené klíčivosti pylu (Fecenko et Ložek, 2000).

### **Vliv draslíku (K) na růst a vývoj kukuřice**

Draslík patří mezi nejdůležitější stavební živiny ve výživě rostlin. Zásoba přijatelného draslíku v půdách klesá a draslík se postupně stává dalším limitujícím prvkem výnosu a kvality produktu. Při současném omezeném hnojení statkovými hnojivými (např. hnůj), případně organickými hnojivými (např. kompost) a minerálními hnojivými dochází k odčerpání draslíku z pudy, které bilančně přesahuje vstupy, (což) to má za následek snižování obsahu přístupného draslíku v půdě (Kunzová, 2010).

V době dozrávání v rostlinách jeho koncentrace klesá a postupně je uvolňována do živného prostředí. Největší význam pro výživu rostlin má draslík poutaný ve formě kationtů sorpčním komplexem a volný draslík v půdním roztoku (Klement et al., 2012).

Draslík je nepostradatelný při tvorbě cukrů v rostlině, jejich přeměně a přemístování do zásobních orgánů (Šnobl et al., 2002). Draslík se podílí na fotosyntéze, přeměny cukrů na uchování energie sloučenin jakými jsou škrob, konverzi aminokyselin do proteinů a aktivaci více než 60 enzymových systémů (Kowalenko, 2004). Vzhledem na značnou potřebu draslíku, při výživě kukuřice už před kvetením, je potřebné zajistit její dostatečnou výživu hned v prvních růstových fázích. Podle početných pramenů draslík příznivě ovlivňuje pevnost stébel a odolnost vůči chorobám. Proto se musí klást důraz na hnojení draslíkem zvláště při vyšších dávkách dusíku (Fecenko et Ložek, 2000). Johnston et Dowbenko (2004) zjistili, že oproti kontrole nehnojené draslíkem se při aplikaci 100 kg/ha K navýšil výnos až o 24%.

### **Vliv vápníku (Ca) na růst a vývoj kukuřice**

Vaněk et al. (2012) popisují, že vápník má významnou úlohu v příjmu živin, jejich transportu v rostlině a v ovlivňování enzymových dějů a působení hormonů (IAA, ABA aj.). Je to dosud stále dost přehlížená živina, protože se pěstitelé domnívají, že vápníku je na většině stanovišť dostatek.

Baier (1969) píše, že vápník má mnohostrannou funkci v rostlinách, u nichž nejznámější je neutralizace organických kyselin. Je také součástí buněčných stěn. Klement et al. (2012) uvádí, že příjem vápníku rostlinou není ovlivněn teplotou. Dále popisuje, že je aktivita řady enzymů právě ovlivněna vápníkem a následně působí na kořenové vlášení. - Rostliny svou úrodou odčerpají rozdílné množství tohoto makrobiogenního prvku. Např. úroda 6 t/ha u obilnin odebere 100 kg. Pilbeam et Morley (2007) konstatují, že pro růst pylových láček je vápník nepostradatelný.

Vápník je základním prvkem půdní úrodnosti, kde podstatně ovlivňuje přístupnost makro a mikroelementů v půdě, což se projevuje na produkci a kvalitě krmiv, potravin a následně i na zdraví zvířat a člověka (Šnobl et al., 2002).

### **Vliv hořčík (Mg) na růst a vývoj kukuřice**

Hořčík se účastní dalších biochemických reakcí udržováním koloidního stavu protoplazmy a je aktivátorem nebo součástí početného množství enzymových systémů. Po celou dobu vegetace je pro rostliny potřebný rovnoměrný přísun tohoto prvku. Jeho obsah v sušině rostlinných orgánů se pohybuje pod 0,5 % (Klement et al., 2012). Fecenko et Ložek,

(2000) uvádí, že kukuřice má poměrně vysoké požadavky na hořčík. V průměru ho absorbuje asi polovičku z celkového úrodou absorbovaného fosforu.

Poklesem jeho obsahu v rostlinách je narušena fotosyntéza, tvorba bílkovin a řada dalších metabolických procesů spojených s energetickým metabolismem rostliny a s utilizací dusíku (Zimolka, 2008).

Typickým příznakem nedostatku hořčíku je omezení tvorby nového chlorofylu a zvýšený rozklad už vytvořeného, což se projevuje zbarvením starších listů a koncentrací chlorofylu okolo žilnatiny. Snižuje se obsah bílkovin, cukru a škrobu, nastává opožděný vývin rostlin. Porost je značně nevyrovnaný, což způsobuje i výrazné snížení úrody (Varga et al., 2012).

### **Vliv síry (S) na růst a vývoj kukuřice**

Síra je v rostlinách poměrně dobře pohyblivá, je transportována hlavně do mladých listů a meristémů. V rostlinách se hromadí ve formě síranu, který slouží jako zásobní látka. Podle potřeby rostliny síran redukuje a zabudovávají do organických sloučenin (Vaněk et al., 2012).

Projevy nedostatku síry se ve všeobecnosti podobají příznakům deficitu dusíku. Nedostatek síry v rostlinách se často projevuje zvýšeným obsahem rozpustných forem organického dusíku a dusičnanů (Varga et al. 2012).

Listy jsou menší, užší a začínají žloutnout od vývojově nejmladších listů. Při trvalém nedostatku síry přechází tyto příznaky i na spodní listy a může docházet i k deformaci palic a jejich nekompaktnímu ozrnění (Zimolka, 2008).

#### **3.8.1.2 Vliv mikrobiogenních prvků na růst a vývoj kukuřice**

Mikroprvky hnojíme jen tehdy, jestliže je na stanovišti zjištěn jejich výrazný nedostatek podle zjevných příznaků nedostatku na rostlinách, rozborů rostlin a půd (Vaněk et al., 2012). Kukuřice je náročnou plodinou na řadu mikrobiogenních prvků. S jejich nedostatkem se můžeme setkat zvláště na lehkých písčitých půdách, na půdách alkalických (železo, měď, mangan, zinek, bór), ale i na půdách kyselých (molybden) (Zimolka, 2008). Kukuřice seté reaguje velmi dobře na hnojení s mědí a zinkem. Dobře na hnojení s bórem, molybdenem, manganem a železem. Hnojení jinými mikroprvky je málo efektivní (Varga et al., 2012). Při pěstování kukuřice na zrno nebo na siláž, je možný nedostatek mikrobiogenních prvků, zejména zinku na který je kukuřice zvláště náročná (Fecenko et Ložek, 2000). Rovněž vysoký

obsah organických látek v půdě vytváří silné vazby na měď, jejichž nedostatek se může projevit změnami habitu rostlin (Zimolka, 2008).

Přebytečné hnojení mikrobiogeními prvky je rovněž škodlivé či škodlivější než jejich deficit. Proto je potřebné při hnojení jednotlivými mikroprvky udělat rozbor půdy a podle konkrétního obsahu mikro prvku v půdě, s přihlédnutím na potřebu kukuřice, určit dávku zinku anebo jiného mikrobiogenního prvku (Fecenko et Ložek, 2000).

### **Vliv železa (Fe) na růst a vývoj kukuřice**

Železo je důležitým prvkem při syntéze chlorofylu a metabolismu bílkovin, je součástí oxidačně redukčních enzymových systémů, ovlivňuje dýchání a fotosyntézu (Varga et al., 2012). Podle Vaňka et al. (2002) pH půdy značně ovlivňuje příjem železa, aby nedocházelo k jeho nedostatku ani nadbytku, měla by být rozpustnost v rozmezí pH 5 – 6,5. Symptomy nedostatku železa se projevují nejvíce na nejmladších listech. Při jeho nedostatku se omezuje příjem dusičnanů, inhibuje se tvorba bílkovin a snižuje dýchání, následkem čeho rostlina trpí nedostatkem energie potřebné na růstové procesy (Varga et al., 2012). Dále Zimolka (2008) uvádí, že příznaky nedostatku, železa jsou charakteristické omezenou tvorbou chlorofylu, která se postupně projeví chlorotickým blednutím interkostálních polí. Uvedené příznaky jsou lokalizovány na vrcholové části rostlin. Baier (1969) popisuje, že příznaky nedostatku železa se projevuje hlavně na půdách s vysokým pH, kde je železo v málo přístupné formě. Jinak je v půdě většinou železa dostatek. Nedostatek se začíná projevovat žlutozelenou barvou listů s tmavě zelenou nervaturou a při pokročilé chorobě jsou listy žluté až bílé.

### **Vliv zinku (Zn) na růst a vývoj kukuřice**

Při pěstování kukuřice na zrno nebo na siláž, se nejčastěji vyskytuje nedostatek zejména zinku, na který je kukuřice zvlášť náročná (Varga et al., 2012). Nedostatek zinku ve výživě je úzce spojen s jeho deficitem v půdách a následně v rostlinách (Alloway, 2008). Mobilita zinku a jeho dostupnost pro rostliny výrazně klesá s nárůstem hodnot pH a obsahu vápníku a fosforu v půdě (Cakmak, 2008). V České republice je díky této skutečnosti odhadován deficit zinku v produkčních oblastech až na 15 % půd (Genc, 2004). Zinek se mnohonásobným způsobem podílí na fyziologicko-biochemických procesech probíhající v rostlině. Nejdůležitější je však to, že je katalyzátorem a aktivační složkou mnohých procesů (Fecenko et Ložek, 2000). Zinek je nezbytný především v enzymových systémech rostlin. Podílí se na metabolismu dusíku a aktivně ovlivňuje tvorbu aminokyselin a proteinů. Významná je jeho úloha při syntéze aminokyseliny tryptofanu, která je prekurzorem kyseliny

indolyloctové. Při deficienci zinku u kukuřice se na listech objevují mezi žilnatinou světlé až bílé skvrny (Zimolka, 2008).

Varga et al. (2012) dále popisují, že deficit zinku dále způsobuje inhibici tvorby auxinů, snižuje syntézu RNA, bílkovin a škrobu. Rostliny postupně vytváří listovou růžici s úzkými a drobnými listy. Listy na vegetačním vrcholu jsou pak stočené.

### **Vliv manganu (Mn) na růst a vývoj kukuřice**

Mangan je přijímán jako kationt  $Mn^{2+}$ . Příjem Mn rostlinami je výrazně ovlivněn aciditami podmínkami a také redoxním potenciálem půdy. Obecně je obsah Mn v rostlinách dán jednak stanovištěm, kde je rozhodující pH půdy, a dále rostlinným druhem. Rostliny pěstované na kyselejších stanovištích vykazují vyšší obsah Mn, zvláště ty přizpůsobené těmto podmínkám (Vaněk et al., 2012).

Mangan působí především jako aktivátor různých enzymů. Nadbytek přijatého manganu může v kyselých půdách působit toxicky (Baier, 1969). U kukuřice se první příznaky nedostatku projevují ve formě protáhlých chlorotických skvrn, které na rozdíl od nedostatku hořčíku nejsou v pásech. Později skvrny nekrotizují, list se třepí a pletiva částečně vypadávají (Zimolka, 2008).

### **Vliv bóru (B) na růst a vývoj kukuřice**

Bór rostliny přijímají zpravidla pasivně ve formě nedisociované kyseliny borité – podobně jako Ca. Obsah B v rostlinách se pohybuje běžně mezi 20 – 100 ppm v sušině. Transport v sušině je značně omezený – byl zjištěn jen pohyb akropetální a zatím nebyla prokázána přítomnost B ve floému (Vaněk et al., 2012).

Příjem bóru je ovlivňován půdní reakcí, obsahem  $CaCO_3$  a půdní vlhkostí. Za sucha se jeho rozpustnost snižuje, a tím se omezuje i jeho přijatelnost rostlinami. Bór má významnou úlohu při tvorbě a transportu cukrů, podílí se na metabolismu dusíku a fosforu (Zimolka, 2008). Podle Baiera (1969) má bór význam pro stabilitu buněčných stěn, transport glycidů apod. Nedostatek bóru působí nenormální vývin růstového vrcholu, takže nejmladší listy jsou znetvořené, ztloustlé, tmavozeleně až šedozeleně zbarvené. Snižuje se intenzita růstu nadzemní i podzemní části. Deficit bóru se projevuje inhibicí syntézy aminokyselin a následně bílkovin. Odumírají meristematické prodlužovací pletiva - růstový vrchol, kořenová soustava je zredukována. Nastává deformace listů a nekrózy se šíří od špiček listů (Varga et al. 2012).

### **Vliv mědi (Cu) na růst a vývoj kukuřice**

Vaněk et al. (2012) uvádí, že měď je přijímána rostlinami jako kationt  $\text{Cu}_2$ . Její příjem není výrazně ovlivněn jinými ionty. Rostliny nemají velké nároky na Cu, v sušině rostlin se její obsah pohybuje v rozmezí 2 – 20 ppm. V pletivech se výrazněji nehromadí ani při vyšší nabídce v prostředí. Je pevně vázána v kořenech, a tak kořeny mají často nejvyšší obsah.

Měď se účastní oxidačních reakcí jako součást některých enzymů. Při absenci se zkracuje délka internodií, snižuje se (popřípadě k ní vůbec nedochází) tvorba květů a semen (Baier, 1969). Při nedostatku mědi je ovlivněna stabilita chlorofylu a snižuje se využití dusíku. Deficit se projevuje na lehkých, kyselých půdách a na půdách s vysokým obsahem organických látek. Rostlina na něj reaguje bledými nekrózami listů od špiček, které se krotí a postupně mohou odumírat. Současně se omezuje tvorba generativních orgánů (Zimolka, 2008).

### **3.9 Typy výživy kukuřice**

První poznatky o výživě rostlin sahají hluboko do starověku a je možné bez nadsázky konstatovat, že jsou tak staré jako zemědělství samo. Jen rostliny s potřebnou nabídkou všech živin vytvoří dostatečné množství produktů s obsahem všech význačných složek a mají dostatek zdraví prospěšných látek. Svým vzhledem tedy barvou, svěžestí a zdravotním stavem pak zajišťují dobré uplatnění na trhu. Jedině správným hnojením je dosahováno dobrých výnosových výsledků (Vaněk et al., 2012). Pod pojmem hnojiva rozumíme látky, které obsahují rostlinné živiny, jež přidáváme do prostředí, v němž rostliny rostou. Soustava hnojení je v podstatě komplex opatření pro hospodaření zajišťující přísun živin rostlinám na další období – v rámci osevního postupu. Musí vycházet z plánované produkce, agrobiologických vlastností plodin, půdně-klimatických podmínek, úrovně agrotechniky, dostupného sortimentu hnojiv a znalosti vzájemných interakcí faktorů, které výživu rostlin ovlivňují (Taufarová et al., 2014).

Kukuřice porovnání s ostatními zemědělskými plodinami vykazuje určité odlišnosti v požadavcích a v reakci na hnojení. Je to způsobeno skutečností, že na rozdíl od většiny u nás pěstovaných plodin s fotosyntetickým cyklem C3, kukuřice náleží do skupiny rostlinných druhů s cyklem C4, a proto dokáže lépe využívat sluneční energii. Kukuřice v počáteční fázi růstu roste velmi pomalu a čerpá malé množství živin. Poté následuje období velmi intenzivní v příjmu živin a růstu. Za 45 dní přijme kukuřice až 70% všech živin (Zimolka et al, 2008).



Čas a způsob zapravení hnojiv závisí od půdních a klimatických podmínek, vlastností hnojiv a od nároků hnojené plodiny (Fecenko et Ložek, 2000).

### 3.9.1 Organické hnojení

Organická hnojiva představují cenný zdroj půdní organické hmoty, která hraje důležitou roli v udržení integrity struktury půdy, kterou podporuje kontrolou mnoha půdních funkcí, zejména infiltrací vody, retencí vody, rezistencí vůči erozi (Gregorich et al., 1994)

Úlohou hnojení půd není cílem jen zajistit vysoké úrody, ale rovněž je důležité vytvářet předpoklady pro zvyšování půdní úrodnosti (Fecenko et Ložek, 2000). Do skupiny organických hnojiv řadíme hnojivé hmoty a materiály, jejichž společným znakem je biologický původ (zelené rostliny, vedlejší zemědělské výrobky, zbytky ústrojních látek apod.). Tyto jsou nejen zdrojem živin, ale i zpravidla dodavatelem humusotvorné hmoty. Dalším jejich znakem je, že jimi vracíme do půdy značnou část živin odebraných z půdy pěstováním a sklizní zemědělských plodin. Mají nízkou koncentraci živin a používáme je ve velkých množstvích na jednotku plochy (Lošák et Hlušek, 2007).

Přes tyto organické hnojiva se dodává do půdy značné množství dusíku, o které po zohlednění využitelnosti kukuřičí můžeme snížit dávku aplikovanou formou průmyslových hnojiv (Varga et al., 2012).

Podle Fecenko et Ložek (2000) jsou organická hnojiva

- zdrojem organických látek a živin
- nenahraditelným článkem koloběhu látek v půdě
- každoročně nahrazují agrochemické, biologické, fyzikální a mikrobiální přeměny v půdě
- kompenzují jednostranné působení průmyslových hnojiv a zvyšují jejich agrochemickou účinnost. Tento vliv organických hnojiv vzrůstá s klesající potenciální úrodností půdy
- v průměru každoročně obohatí 1 hektar polnohospodářské půdy asi o 1 tunu organických látek, 28 kg dusíku, 12 kg fosforu, 38 kg draslíku, 25 kg vápníku a 7 kg hořčíku
- příznivým vlivem na půdu a rostlinu mohou být, při dodržování systému hnojení a celé agrotechniky, i významným prostředkem ochrany životního prostředí.

Prokeš a Románková (2013) uvádí, že kukuřice není pouze plodina, která půdu vyčerpává, nýbrž je donátorkou velkého množství organické hmoty a živin do půdy. Z tabulky 1 je zjevné, že kukuřice vrací zpět do půdy zejména velké množství draslíku, vápníku a dusíku. Tyto živiny je schopna vynášet z podorničních vrstev a v organické hmotě je vracet zpět do orniční vrstvy.

Tabulka 1 Množství živin vnesených do půdy zapravením kukuřičné slámy

Množství kukuřičné slámy v sušině (t. ha <sup>-1</sup> )	Množství živin v kg.ha <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg
4t. ha-1	40-50	5-6	55-70	25-35	17-22
5t. ha-1	50-60	6-7	70-85	35-45	22-27
6t. ha-1	60-70	7-8	85-100	45-55	27-32
7t. ha-1	70-80	8-9	100-115	55-65	32-37

Množství vrácených živin do půdy vzrůstá s množstvím kukuřičné slámy v sušině vrácené do půdy. Při 7 t sušiny na ha, což není nijak mimořádné množství, se vrací zpět do půdy více jak 100 kg draslíku a 70 – 80 kg dusíku na ha. U vápníku je veškeré přijaté množství rostlinou vráceno posklizňovými zbytky zpět do půdy, poněvadž transport Ca v zrně nepřesahuje 1 kg z ha.

Organické hnojení, nejen že takto zaktivňuje bilance organických látek, tj. bilance energie v půdě, též ruku v ruce kompenzuje jednostranné působení dnes tolik nákladného minerálního hnojení. V hospodaření s organickými zdroji (statková hnojiva, včetně zeleného hnojení a slámy, organická hnojiva) jsou značné rezervy, a to na úsecích výroby, skladování a vlastní aplikace (Kunzová, 2014).

Z hlediska budoucí vývoje či výhledu v oblasti výživy a hnojení rostlin se bude zřejmě prohlubovat záporná bilance organických látek v půdě. Živiny bude možno do půdy dodat ve formě sice finančně nákladných, ale na trhu dostupných průmyslových hnojiv (Lošák et Hlušek, 2011).

### 3.9.1.1 Digestát

Digestát je zbytek po fermentačním procesu vznikající anaerobní fermentací při výrobě bioplynu. Hnojení digestátem je podobné jako při hnojení kejdou, vždy je však vhodné vzít v úvahu aktuální obsah dusíku. Při průměrném obsahu 0,5 % celkového dusíku a při dávce jedné tuny digestátu se do půdy dodá 5 kg N.ha<sup>-1</sup>. Proti statkovým hnojivům mají digestáty obvykle vysoký celkový obsah dusíku od 0,2 do 1 % v původní hmotě, pH mezi 7–8 a sušinu v rozmezí od 2 do 13 % (Smatanová, 2012). Aplikací na zemědělskou půdu podle zásad správné zemědělské praxe digestát dosahuje požadovaný účinek z pohledu harmonické výživy a z pohledu úrovně a kvality výnosu polních plodin. Digestát je zdrojem živin, které při úspěšné eliminaci výše uvedených potenciálních rizik uplatněním neustále vyvíjené technologické kázně mohou napomoci produkční účinnosti půd v podmínkách setrvalého zemědělství (Dostál et al., 2015). Wellinger et al. (2013) uvádí, že efekt digestátu na výnos plodin je rozdílný, od nulového až po průkazný vliv. Aplikace digestátu v pevné nebo kapalné formě může mít za následek významné zlepšení množství a kvality potravin prostřednictvím přívodu živin a prostřednictvím jeho obsahu mikroelementů v dostupné formy pro rostliny (Makádi et al., 2012). V poslední době za prudkého rozvoje výstavby bioplynových stanic v ČR (cca 500 ke konci r. 2013) je velice aktuální problematika uplatnění digestátů a sledování jejich vlivu na půdu a kvalitu produkce. Tyto výstupní materiály (digestáty) jsou produkovány ve velkých objemech, odhad roční produkce ze zemědělských stanic 7,9 mil. t (Dostál et al. 2015)

### 3.9.2 Průmyslové hnojení

Tato hnojiva se vyrábějí mimo zemědělský podnik průmyslovými závody; jsou to chemické sloučeniny nebo jejich směsi anorganické povahy, obsahující živiny v různé formě, koncentraci a poměru. Na využívání minerálních hnojiv je rostlinná výroba absolutně závislá. Z půdy se každoročně využije kořeny rostlin a odplaví srážkovou vodou takové množství živin, že jejich náhrada statkovými hnojivy není možná (Tauferová et al., 2014). Průmyslová hnojiva se stala nezbytnou podmínkou intenzivní zemědělské výroby, neboť umožňují technicky i ekonomicky schůdnou cestou uhradit nejen živiny, které odešly v zemědělských výrobcích ze zemědělského koloběhu živin, ale tento koloběh zvýšeným přívodem podstatně rozšířit (Šnobl et al., 2002). Hnojení kukuřice průmyslovými hnojivy za předpokladu vhodného hybridu, příznivých klimatických faktorů a vyhovující agrotechniky, je vysoce

účinné (Varga et al., 2012). Fecenko et Ložek (2000) uvádí, že průmyslová hnojiva jsou soli chemického průmyslu. Mnohá hnojiva, kromě hlavní živiny, obsahují vedlejší komponenty, které mohou být pro rostliny užitečné, nebo příznivě působí na úrodnost půd. Živiny v hnojivech se váží v různých formách solí.

- Amonné soli – sírany, fosforečnany, dusičnany, chloridy
- dusičnany – amonný, vápenatý, hořečnatý, draselný
- jiné formy – bezvodý amoniak, amidy, případné směsi v kapalných hnojivech
- fosfor – váže se na ortofosforečných a polyfosforečných solích
- draslík váže se v chloridech, síranech, případně v dusičnanech
- vápník a hořčík – nachází se v hnojivech jako uhličitan, hydroxid, oxid Ca-silikát, Ca-fosforečnan, případně síran

Šnobl et al. (2002) rozdělují průmyslová hnojiva na:

- **Dusíkatá hnojiva** - Ledek vápenatý, Síran amonný, Dusičnan amonný, Ledek amonný s vápencem, močovina, DAM 390
- **Fosforečná hnojiva** – Superfosfát granulovaný jednoduchý, Superfosfát granulovaný trojitý, Hyperphosphat mehlfein
- **Draselná hnojiva** – Draselná sůl 60% krystalická, Kamex granulovaný, Patentkali, Síran draselný
- **Hořečnatá hnojiva** – Kieserit, Hořká sůl,
- **Vápenatá hnojiva** – Pálené vápno, Mletý vápenec, Vápenatohořečnatá struska
- **Pevná vícesložková hnojiva** – Amofos, NP Lovofert, Synferta, NPK, Volkorn Gelb, Cererit

Varga et al. (2012) upozorňují, že při určování dávek průmyslových hnojiv při hnojení kukuřice vycházíme z výsledků půdních rozborů a z požadavků pěstované plodiny na živiny. Průmyslová hnojiva se vyznačují vysokým obsahem živin. Dusíkatým hnojením se ovlivňuje obsah proteinu v zrně. Působením dusíkatých hnojiv na obsah hrubého proteinu v zrně je prostudovaný nejpodrobněji (Fecenko et Ložek, 2000).

### 3.9.3 Hnojení pod patu

Cílem tohoto opatření je zajistit rostlinám pro jejich počáteční růst a vývoj dostatek přístupných živin. Proto se používají hnojiva s lehce rozpustnými formami živin, a to nejčastěji hnojiva fosforečná (Baier, 1969).

Fecenko et Ložek (2000) uvádí, že hnojením pod patu se urychluje růst, což se projevuje rychlejším narůstáním listů. U kukuřice při použití této techniky hnojení se prakticky za 60 dní vytvoří všechny listy, čím se přirozeně zvyšuje intenzita fotosyntézy, což má zase vliv na tvorbu zrna po dalších 45-50 dní.

Dávky hnojiv používané při setí jsou poměrně malé (vysoká koncentrace živin). Malé dávky však nemohou a ani není jejich cílem zajistit rostlinám dostatek živin po celou dobu vegetace. Mají funkci pouze k zajištění počáteční výživy a dále hnojivo má za úkol vytvořit již v počátečním období vývoje podmínky pro zvýšení využití dalších živin (Richter et Hlušek, 2003).

Výhody hnojení pod patu podle Fecenko et Ložek (2000).

- Rychlejším počátečním růstem se rostlina může vyhnout mnohým chorobám a škůdcům
- Z rychlejšího počátečního růstu se skrucuje vegetační období, což je zejména v oblastech, kde bývá úroda ohrožena podzimními mrazy, velmi vítané
- U kukuřice se tímto typem hnojení dosahuje vyšší využitelnosti fosforu, což má význam zejména v půdách kde je nízká zásoba fosforu a kde se zvýšením jeho využitelnosti zvyšuje i úroda.

### 3.9.4 Hnojení na široko

Baier (1969) popisuje, že technika hnojení před setím záleží v tom, že hnojiva rozmetaná „na široko“ na usmykovaný, uvláčený povrch, popřípadě na hrubou brázdou, zapravíme vláčením nebo pospěchováním do půdy.

Hlubší zapravení hnojiv je zpravidla vhodnější neboť ve vysychavých povrchových vrstvách ornice se snižuje účinek hnojiv a to především fosforečných. Zapravením hnojiv při předset'ové přípravě zásobíme živinami především podpovrchové vrstvy ornice v rozmezí 5 -7 cm hloubky (Šnobl et al., 2002).

Hnojiva za pomoci různých typů rozmetadel rozsévají pokud možno rovnoměrně po ploše a zabránění, zadiskováním, případně zakultivátorováním se zapravují do půdy. Takto se vyhnojuje půda ještě v předseťové přípravě půdy (Fecenko et Ložek, 2000). Dusík v průmyslovém hnojivu je vhodné dodávat děleně, a to 2/3 dávky před setím a 1/3 dávky ve fázi 5 – 6 listů (Vrzal et al., 1995).

Výhody hnojení na široko podle Fecenko et Ložek (2000).

- Dají se použít vysoké dávky hnojiv bez nebezpečí poškození rostlin
- Rozdělení a umístění hnojiv v hlubších vrstvách umožňuje rostlinám hlubší zakořenění. Hnojivo se nachází ve spodní vrstvě ornice, kde je půda vlhčí a kde se vlhkost udržuje prakticky celý rok, čím nesoučasně zvyšuje využitelnost živin z hnojiv
- Prodlužuje se sezóna hnojení, takže se může hnojit i před orbou, čím se zkracuje předseťová příprava půdy, co z hlediska zkrácení času setby má mimořádný ekonomický význam. Současně se snižují nároky na skladovací prostory hnojiv

### 3.9.5 Listové hnojení

Trčková et al. (2009) popisují, že předností listové výživy je možnost dodat potřebné živiny ve vhodné formě a v optimální fázi vývoje přímo na místo spotřeby. Naproti tomu, její významnou nevýhodou je dodávka pouze omezeného množství živin. I když stopové živiny neslouží přímo ke stavbě rostlinného těla, je jejich přiměřené množství (Tab. 2) nezbytné pro jeho růst a vývoj. Z uvedených důvodů je racionální použití listových hnojiv výhodné jen v některých konkrétních případech:

- Při dočasně nepříznivých podmínkách pro příjem živin z půdy (např. sucho)
- K regeneraci porostů poškozených abiotickým nebo biotickým stresem
- K dodání chybějících stopových živin a Mg během vegetace

Tabulka 2 Obsah stopových živin v nadzemních částech obilnin (mg/kg sušiny)

Druh	Vývojová fáze	B	Mo	Cu	Mn	Zn
Kukuřice	40-60 cm	7-15	0,20-0,50	7-15	40-100	30-70
	List proti palici	6-15	0,15-0,50	6-12	35-100	25-70

Fecenko et Ložek (2000) uvádí, že přihnojování a hnojení na list se zpravidla realizuje jen dusíkem, co souvisí s jeho pohyblivostí v půdě. Vaněk (2007) také řeší otázku využití hnojiva DAM k přihnojení kukuřice, která je rozporuplná. Po klasické aplikaci může totiž dojít ke značnému poškození rostlin. Když se hnojivo DAM 390 použije na listy, dávku N limitujeme na 30 kg na hektar pro jednu aplikaci, tím se může dodat do půdy větší množství. Limitování dávky při foliárním způsobu je zapotřebí, aby vznikající nekrózy neměly záporný dopad na výnos.

### **3.10 Vliv podmínek prostředí na tvorbu výnosu kukuřice**

Vaněk et al. (2012) uvádí, že rostlinná produkce je ovlivňována velkým množstvím faktorů. Většina jich působí objektivně – nezávisle, a proto je musíme respektovat, a jen některé v omezeném rozsahu můžeme ovlivňovat. V našich podmínkách jsou převážně limitující faktory růstu rostlin teplota, voda a rostlinné živiny.

Mezi hlavní faktory působící kvalitativní změny na rostlině je působení teploty ve vymezeném rozsahu, která působí na rostliny po určitou dobu (Taufarová et al., 2014).

Omezená intenzita agrotechniky a použití méně kvalitního a méně výkonného hybridu, jsou příčinou nízkých výnosů silážované hmoty z ha a následného zdražení jednotky produkce, tuny kukuřičné siláže (Kačicová et Prokeš, 2011). Volba hybridu může ovlivnit výnos až ze 30 %. Je nutno vybírat takové hybridy, které v daných podmínkách zajistí naplnění pěstitelského cíle. Při výběru vhodného hybridu pro dané pěstitelské podmínky musíme zohlednit řadu hledisek. Mezi ty nejdůležitější patří agroekologické podmínky, rajonizace a půdní podmínky, ranost a směr užití. Ranost je vyjádřena číslem FAO, které charakterizuje délku vegetace a má přímou souvislost s teplotními úhrny jednotlivých výrobních oblastí. U kukuřice se stanovuje číslo ranosti na základě sušiny při sklizni. Je to orientační číslo, kde rozdíl o 10 znamená rozdíl ve zralosti asi 1 -2 dny (Šnobl et al., 2002). Havlín et. al. (1999) popisuje, že zvyšování výnosů není lineárně závislé na zvyšující se dávce hnojiv a dokonce může docházet k negativnímu vztahu mezi produkcí a zvyšující se dávkou hnojiva (Fecenko et Ložek, 2000). Ochranou vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů se zabývá nitrátová směrnice, jejíž přesnější název zní směrnice Rady č. 676/1991 (EHS) o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů. Z názvu směrnice je patrné, že jejím hlavním cílem je snižování a předcházení znečištění. Hlavním účelem je zajistit dodávku pitné vody, ochránit povrchové sladké a mořské vody před eutrofizací (Samsová et al., 2005).

Ukazateli kvality zrna kukuřice jsou krom obsahu škrobu, také obsah bílkovin, tuku a cukru (Fecenko et Ložek, 2000).

Díky zvýšeným výnosům kukuřičné siláže dosáhneme dalších významných úspor a to snížením plochy kukuřice potřebné pro výrobu požadovaného objemu siláže (Kačicová et Prokeš, 2011).

### **3.10.1 Kukuřice v měnících se klimatických podmínkách**

Nejčastějším limitujícím faktorem pěstování plodin, tedy i kukuřice, je nerovnoměrné rozdělení srážek během jejich vegetace a následné sucho. Kukuřice je relativně snášenlivá k vodnímu stresu ve vegetativní fázi a citlivá ve fázi generativní (Bláha, 2009). V roce 2012 se v plné míře potvrdilo, že kukuřice se ve středoevropských podmínkách nejlépe ze všech plodin vyrovnává s výkyvy počasí a s dlouhodobými klimatickými změnami.

Kukuřice na rozdíl od obilovin v postižených oblastech podstatně lépe vyrovnala s meteorologickými extrémami (Prokeš et Románková, 2013).

Lošák et al. (2008) konstatují, že zvýšením obsahu CO<sub>2</sub> v přízemní vrstvě atmosféry výrazněji ovlivní tvorbu biomasy u rostlin C3 (např. pšenice, ječmen), zatímco kladná reakce rostlin s cyklem C4 (např. kukuřice) je podstatně mírnější.

### **3.10.2 Biotické a abiotické faktory ovlivňující výnos**

S růstem požadavku na vyšší výnosy a kvalitu produkce jsou rostliny stále více vystavovány působení nepříznivých faktorů, které přispívají k rozvoji chorob a škůdců. Stále častěji se rovněž rozšiřují i dosud u nás neznámé choroby a škůdci. Pěstované rostliny i produkty z nich získané jsou za určitých okolností napadány viry, bakteriemi, houbami, roztoči a hmyzem. Tyto škodlivé činitele způsobují nemalé škody, snižují celkovou produkci a zhoršují kvalitu produktů (Šnobl et al., 2002).

V posledních letech dochází k podstatným změnám klimatu. Lze to prokázat mimo jiné i náhlým rozšířením některých teplomilných škůdců a chorob různých plodin do oblasti, kde se o nich pěstitelům ještě v osmdesátých letech minulého století ani nezdálo (Zimolka, 2008). Dále zpracování půdy při pěstování polních plodin patří k základním opatřením, které se podílejí významnou mírou na dosahování stálých a vysokých výnosů. Je také významným prostředkem boje proti plevelům, škůdcům a chorobám (Houšť et al., 2014).



Univerzita ve Wisconsinu na víceletých pokusech zaměřených na vliv střídání plodin na výnos prokázala nárůst výnosů kukuřice až o 19 %. Zatím nebyly stanoveny přesné mechanismy nárůstu výnosů, pravděpodobně se jedná o synergii jevů vlivu střídání plodin na choroby a škůdce a půdní strukturu. Výzkum také prokázal daleko větší vliv střídání plodin na maximalizaci potenciálu plodin ve stresovém prostředí (Krupinsky et al., 2002).

### 3.10.2.1 Škůdci

Již na počátku vegetačního období je nutno zvolit správnou strategii, aby nedošlo ke ztrátám, které způsobují půdní škůdci (Kolařík et Rotrekl, 2015). Nejvýznamnějšími škůdci vcházející kukuřice jsou zavíječ kukuřičný, drátovci, larvy tiplic, housenky můr (osenice), květilka všežravá a larvy bázlivce kukuřičného (Zimolka, 2008).

Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*, Hubner) je nejvýznamnější škůdce kukuřice ve střední Evropě (Magg et al., 2001). Do roku 1970 byl uváděn na území České republiky jako významný škůdce kukuřice seté pouze na jižní Moravě. Přibližně od první poloviny sedmdesátých let dochází k postupnému rozšiřování škodlivosti zavíječe kukuřičného do všech oblastí pěstování kukuřice v České republice (Trnka et al., 2007).

Šnobl et al. (2002) publikují, že ve šlechtění na rezistenci spočívá ochrana proti škůdcům a je doporučeno použití pouze mořeného osiva.

Pro minimalizaci škod je nutné používat dostupné metody ochrany, které jsou dobře účinné jak proti larvám, tak dospělcům. Základním předpokladem je dodržení osevních sledů s maximálním dvouletým pěstováním kukuřice po sobě (Kolařík et Rotrekl, 2015).

### 3.10.2.2 Houbové choroby a mykotoxiny

Kocourek (2015) uvádí, že plísně jsou nejzávažnější skupinou hub a jsou pro kontaminaci velmi přizpůsobivé téměř jakéhokoliv substrátu od zelené hmoty až po hotová nevhodně skladovaná krmiva. Mykotoxiny označují skupinu chemických látek produkovaných sekundárně metabolickými procesy u mnoha houbových druhů. Vznikají v důsledku fytopatogenního procesu a jejich obsah závisí na míře napadení hostitelské rostliny houbami rodu *Fusarium*.

Zimolka (2008) uvádí, že nejčastější choroby kukuřice, se kterými se můžeme v ČR setkat, jsou:

- fuzariózy

- sněť kukuřičná
- houbové choroby na palici
- rzi

Kukuřice je z fytopatologického hlediska poměrně jednoduchá plodina. V půdně-klimatických podmínkách ČR se v průběhu vegetace vyskytují makrosymptomy vyvolané pouze několika patogenními organismy. Běžný je každoroční výskyt snětivých rostlin, často se objevují příznaky rzi a potom především klasy napadené houbami rodu *Fusarium*. V souvislosti s chorobami vždy hovoříme také o jejich hospodářském významu. Z výše uvedených lze jako hospodářsky nejvýznamnější klasifikovat napadení fuzárií. Významnost spočívá nejen ve vlastních poškození rostlinných pletiv, ale především ve snížení kvality díky produkci mykotoxinů. Relativně nižší význam houbových patogenů pro kukuřici je také příčinou pouze omezeného počtu registrovaných fungicidů pro foliární aplikace. V současné době jsou registrovány pouze tři fungicidy, z nichž pouze Prosaro cíleně proti fuzáriím (Nedělník et Konečná, 2015). Chemická ochrana je pouze jednou složkou ochrany rostlin proti chorobám. Základní metody ochrany jsou především preventivní. Je třeba správně volit a dodržovat pravidla střídání plodin (značná část původců chorob přežívá na posklizňových zbytcích), volit odrůdu vhodnou do dané oblasti, dbát na správné založení porostu (hloubka setí, výsevek), aplikovat přiměřené dávky hnojiv, zvláště dusíkatých. Nemělo by se opomíjet ani kvalitní zpracování půdy (které bezprostředně souvisí s ovlivněním půdních mikroorganismů včetně fytopatogenů) a úklid posklizňových zbytků (Taufarová et al., 2014).

### 3.10.2.3 Plevel

Výběr plodin a jejich vhodné střídání v rámci sledu plodin je jedním z nejúčelnějších agrotechnických opatření. Správné střídání plodin nezvyšuje náklady na produkci, ale naopak zvyšuje produkci, a to optimálním využitím přírodních podmínek (Procházková et al. 2011).

Šnobl et al. (2002) publikují, že kukuřice v počátečním vývoji vůči rychle rostoucím plevelům nekonkuruje z důvodu pomalejšího růstu. K potlačení plevelů v počátečních fázích růstu je optimální využití chemických nebo kultivačních opatření. Na těžkých a ulehlých půdách plečkování na růst rostlin působí nejpříznivěji. Plečkování se doporučuje provádět povrchové a maximálně jen do hloubky výsevu. U varianty druhého plečkování je vhodné zachovat okolo řádků širší ochranné pásy. Jakmile dojde u porostu kukuřice k zapojení konkurence plevelů, způsobující nebezpečí mizí.

Základní ochrana proti plevelům je preemergentní aplikace herbicidů. Fytotoxicita těchto herbicidů vůči kukuřici je velmi nízká, navíc kukuřice při vzcházení velmi pozitivně reaguje na bezkonkurenční prostředí. Protože většina účinných látek v preemergentech funguje přes půdu, je při jejich aplikaci důležité dodržet množství vody 350 – 400 l/ha (Románková et al., 2008). Rostlinná produkce vykazuje každoročně ztráty způsobené plevely více jak 10 %. Značné náklady pro krmiváře a potravináře zahrnuje odplevelování porostů znečištěné jedovatými plevely (blín černý, lilek černý, durman obecný). Z celosvětových nákladů na pesticidy tvoří přes 60 % výdaje na herbicidy (Šnobl et al., 2002).

### 3.11 Fotosyntéza

V procesu fotosyntézy je každoročně vázáno do organických sloučenin velké množství CO<sub>2</sub>, čímž je v podstatě do jisté míry udržována rovnováha obsahu CO<sub>2</sub> v ovzduší. Je odhadováno, že na Zemi je ročně poutáno do primární organické hmoty v procesu fotosyntézy 10,49x10<sup>10</sup> t C, z toho asi 46% připadá na oceány a 54% na souše. (kromě ploch stále pokrytých ledem) je poutáno průměrně 426 g C/l m<sup>2</sup> a u oceánů asi 140g C/l m<sup>2</sup>. Předpokládá se však, že stejné množství C se vrací do atmosféry dýcháním rostlin a z půdy – z obou zdrojů zhruba ve stejném podílu (Vaněk et al., 2012).

V zemědělské výrobě se cílevědomě využívá schopnosti rostlin vytvářet v tzv. procesu fotosyntézy za pomoci sluneční energie z jednoduchých anorganických látek složitější látky organické (ústrojně) povahy. Projevem tohoto procesu je růst a vývoj rostlin a jednou z jeho podmínek je příjem určitých látek z prostředí. Tyto látky nazýváme živinami a jsou povahy anorganické. Jejich příjem je využitím pro tvorbu organických látek v procesu fotosyntézy se zabývá výživa rostlin (Baier, 1969).

Zvýšená rychlost fotosyntézy vytváří větší množství sacharidů (jednotné cukry, případně i škrob), tedy sloučenin obsahující C, O a H. Tím se relativně snižuje obsah bílkovin, takže výsledkem je změna kvality biomasy, a to zvýšení hodnoty poměru C/N (Lošák et al., 2008).

Bláha (2009) popisuje, že fotosyntetická aktivita je soubor **primárních** (absorpce fotosynteticky aktivního záření, syntéza ATP a NADPH<sub>2</sub>) a **sekundárních** reakcí (transport CO<sub>2</sub> na místo jeho fixace, tvorbu, transport a ukládání asimilátů). Asimiláty jsou zdrojem uhlíkového skeletu pro další organické sloučeniny, pro syntézu sekundárních metabolitů, ale především jsou substrátem pro respirační procesy. Ve fotosyntéze vzniklé makroergické látky

(ATP) a redukční ekvivalenty (NADPH<sub>2</sub>) poskytují energetický a redukční potenciál pro další fyziologické procesy.

Podle Fecenko et Ložek (2000) mají vliv na intenzitu fotosyntézy má vliv nejen absolutní množství živin, ale i jejich vzájemný poměr. Bezprostřední vliv na fotosyntézu mají N, P, K, Mg, Fe, Zn, Cu, B a Mn. Jejich vliv shrnují následovně:

- vliv na růst listové plochy i strukturu porostu, a tím ovlivňují fotosyntetický potenciál a světelné poměry rostlin
- vliv na koloidní stav buňky, permeabilitu protoplastu, a zejména na aktivitu enzymů, zúčastňující se fotosyntézy
- přes listová pletiva mají vliv na pohyb a využívání asimilátů

Vývoj mladé rostliny kukuřice, se díky fotosyntéze C<sub>4</sub> při teplotách pod 10°C zpomaluje a při teplotách pod 6°C zastavuje. Pokud teploty pod 10°C trvají déle, objevuje se chlorotické zbarvení listů. Pokud přijdou delší mrazy s teplotou pod -3°C dochází k vymrznutí porostu (Prokop, 2009).

### **3.11.1 Intenzita fotosyntézy**

Intenzita fotosyntézy vyjadřuje rychlost fotosyntézy tj. přírůstek sušiny na jednotku listové plochy za časovou jednotku. Rychlost dozrávání probíhá na základě intenzity fotosyntézy právě proto, že kukuřice má systém fixace oxidu uhličitého označovaného jako C<sub>4</sub>. Intenzitu fotosyntézy ovlivňují čtyři faktory:

Světlo – intenzita fotosyntézy vzrůstá se vzrůstající ozářenosti (světelná saturace).

Voda – slouží jako donor protonů a elektronů a její nedostatek vyvolává uzavírání průduchů, čeho důsledkem je deficit CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> – jeho koncentrace je často limitujícím faktorem fotosyntézy.

Teplota - dílčí procesy fotosyntézy jsou teplotou ovlivňovány různě (Prokop et Kuthan, 2011).

Studiem intenzity fotosyntézy bylo dokázáno, že rostliny typu C<sub>4</sub> při dvojnásobné koncentraci oxidu uhličitého navýší intenzitu fotosyntézy asi o 9 procent (Cure et Acock, 1986). Taky zvýšená koncentrace CO<sub>2</sub> v půdním roztoku může zvýšit dostupnost živin, zvýšit hormonální aktivitu v rostlině, co může vést ke zvýšení intenzity fotosyntézy. Jsou všeobecně známé závislosti mezi intenzitou fotosyntézy a teplotou. Intenzita fotosyntézy dosahuje maximum mezi teplotami 20 – 40°C, přičemž teplomilné druhy mají posunuté maximum

směrem nahoru. Při teplotách pletiv převyšujících maxima, intenzita fotosyntézy prudce klesá (Novák, 1994). Zimolka (2008) tvrdí, že optimální teplota pro intenzitu fotosyntézy je 20 – 45°C.

### 3.12 Význam obsahu sušina

Rostlinná biomasa se skládá ze dvou základních složek. V mladých orgánech je nejvíce zastoupena voda a následně sušina. Sušina stářím rostlin postupně převažuje a obsah vody se snižuje. Jednotlivé prvky jsou obsaženy v sušině v minerální formě nebo jsou vázány na organické látky. (Šnobl et al., 2002). Správný výběr hybridů kukuřice s různým typem ranosti (daným číslem FAO) a typem rostliny může umožnit farmářům efektivně plánovat dobu sklizně i s ohledem na predikovaný výnos sušiny a živin (Marton et al., 2007).

Kačicová et Prokeš (2011) popisují, že sušina je jedním ze znaků stupně zralosti, který ovlivňuje složení komplexu sacharidů z hlediska jeho složek a celkového obsahu. Optimální sklizňová sušina se pohybuje u jednotlivých typů hybridů od 28% do 35%, v tomto rozsahu je dosahováno nejlepších výsledků nejen z hlediska kvality fermentace, ale i nutričních hodnot a stravitelnosti. Příkryl et al., (2014) popisují, že nárůst sušiny u kukuřičných siláží, znamená ztrátu produkční účinnosti i stravitelnosti. Toto platí u kukuřičných siláží, které jsou normální velikostí a optimálního poměru rostliny a palice.

U siláží připravených z kukuřice o vyšší sušině byla zjištěna větší míra degradace beta-karotenu. Z hlediska silážování je potřeba zmínit skutečnost, že při vyšší sušině dochází k přeměně jednoduchých sacharidů na škrob, ale také na strukturní sacharidy (vláknina). Tyto jednoduché cukry poté nejsou k dispozici bakteriím mléčného kvašení při počáteční fázi fermentaci. Obsah škrobu roste se zvyšující se sušinou rostlin (Poštulka, 2010).

Hmotnostní podíl sušiny a hmotnostní vlhkost vzorku se stanovuje z úbytku hmotnosti vzorku po jeho vysušení při 105°C do konstantní hmotnosti. Za dosažení konstantní hmotnosti se považuje stav, kdy následující vážení v exsikátoru vychladlého vzorku s časovým intervalem 4 hod. je odlišné o méně než 0,1 % poslední stanovené hmotnosti (Zbiral, 2002).

## 4 Materiál a metodika

### Obecná charakteristika lokality:

Pokusné parcelky s kukuřicí na siláž byly umístěny na pokusnou plochu Výzkumné stanice Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České zemědělské univerzity v Praze v Červeném Újezdě (okres Praha-západ). 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 kvarterní 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 vápnité, se štěrkovým rozpadem. Spraše a nevápnité sprašové pokryvy jsou převažujícím půdním druhem.

### 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 vytvořily 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.

### Agrotechnika pokusu:

Předplodinou v osevním postupu byla ozimá pšenice, po jejíž sklizni byla sláma rozdrčena a zapravena do půdy. Na podzim 2014 se půda zpracovala střední orbou. Na jaře proběhla klasická příprava půdy před setím kukuřice. Vysévalo se 5. 5. 2015. K výsevu byl použit hybrid Ronaldinio FAO 240/250 (KWS). Každá pokusná varianta (tab. 3) byla založena ve čtyřech opakováních (opakování – čtyři řádky, délka 10m, celkem 30 m<sup>2</sup> (3 x 10

m). Hustota řádků byla 75cm a hustota porostu v pokusu činila 80 tis. rostlin/ha. Byla využita premergentní aplikace herbicidem Koban T a Successor 600. Dne 11. 6. 2015 bylo dále na jedné z pokusných variant aplikováno listové stimulační hnojivo. Během vegetace nebyla použita žádná insekticidní ani fungicidní ochrana.

V průběhu vegetace proběhlo měření výšky rostlin, obsahu chlorofylu a intenzity fotosyntézy. V termínu 1. 7. a 16. 7. 2015 se uskutečnilo měření výšky rostlin. Obsah chlorofylu a fotosyntézy se hodnotil ve dvou termínech: 25. 6. a 1. 7. 2015.

Měření obsahu chlorofylu v listech N-testerem v jednotkách SPAD, bylo hodnoceno vždy na 40 rostlinách na každé variantě.

K měření intenzity fotosyntézy vybraných fyziologických parametrů byl použit přístroj LC Pro+ (infračervený listový analyzátor – ADC, BioScientific Ltd., UK), který umožňuje měřit základní fyziologické pochody v listu bez jeho oddělení od rostliny. Sleduje fyziologii listu vsunutého do měřicí komůrky, ve které je řízená teplota a osvětlení. Umožňuje měřit při hustotě ozáření FAR (400-700 nm) v rozsahu 0-2000  $\mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  a při teplotě v rozmezí -5 až +50 °C. Jedná se o metodu gazometrickou.

Principem, na jakém tento přístroj pracuje, je detekce změny koncentrace CO<sub>2</sub> a vodní páry v proudu vzduchu procházejícím kolem listu, který je hermeticky uzavřen v měřicí komůrce. Proud vzduchu se obvykle nasává z listu a vypouští zpět do okolní atmosféry – takovému systému se říká otevřený gazometrický systém. Výhodou je značná automatizace udržování podmínek v komoře a plně automatické výpočty všech parametrů výměny plynů. Nevýhodou takových měření je, kromě finanční náročnosti pořízení přístroje, velká variabilita rychlosti fotosyntézy (**A**) a rychlosti transpirace (**E**) způsobená proměnlivostí vnějších podmínek (ozářenost, teplota listu, momentální dostupnost vody, vlhkost) a to i přesto že většinu těchto parametrů uvnitř listové komůrky dokáže přístroj udržovat konstantní.

Z rozdílů v koncentraci plynů a úrovně průtoku vzduchu uvnitř měřicí komůrky se počítají míry asimilace a transpirace každých 20 vteřin. Malý ventilátor v komůrce zajišťuje míšení vzduchu okolo listu. Měření CO<sub>2</sub> je prováděno infračerveným analyzátozem plynů (IRGA). Měření H<sub>2</sub>O je prováděno dvěma vysoce kvalitními senzory vlhkosti. Naměřené hodnoty se automaticky ukládají na PCMCIA paměťovou kartu.

Měření probíhalo při konstantní teplotě 20 °C a ozáření 550 nm. Při každém měření, po ustálení podmínek uvnitř měřicí komůrky, byly měřené hodnoty automaticky zaznamenávány po dobu 20 min v intervalu 1 min. Naměřená rychlost fotosyntézy (**A**) a rychlost transpirace (**E**) se udává v jednotkách  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} (\text{listu})\cdot\text{s}^{-1}$  resp.  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} (\text{listu}) \cdot\text{s}^{-1}$ .

Sklizeň kukuřice na siláž byla provedena v termínu 14. 9. ručně a vždy se sklízel prostřední levý řádek. Dne 23. 10. 2015 byla provedena sklizeň zrna z pravého prostředního řádku.

Po sklizni se stanovil obsah sušiny, kdy se vzorky ihned po sklizni zvážili v zeleném stavu. Po vysušení vzorku, který jsme po dva dny sušili na 85°C proběhlo opětovné vážení. Vzorky byli zváženi ve čtyřech opakováních na variantu.

Tabulka 3 Varianty polního pokusu v Červeném Újezdě, hybrid KWS, Ronaldinio (FAO 250)

Varianta	Způsob aplikace a dávka hnojiva						
	Hnojivo zapravené před setím, na široko	Dávka hnojiva kg/ha	Listové hnojivo ve fázi 6 listů	Dávka hnojiva l/ha	Pod patu	Dávka hnojiva kg/ha	Celkem N (kg/ha)
1. Močovina	Močovina	260	-	-	-	-	120
2. Zeastim, Močovina	Močovina	260	Zeastim	2	-	-	120
3. Močovina	-	-	-	-	Močovina	260	120
4. Urea Stabil	Urea Stabil	400	-	-	-	-	184

## Charakteristika použitých hnojiv

### Močovina 46

Močovina je pevné granulované dusíkaté hnojivo s největším obsahem dusíku 46 %. Vyrábí se syntézou s amoniaku a oxidu uhličitého. Močovina je rychle působící hnojivo obsahující dusík v amidové formě  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , přecházející do půdy a dostupný rostlině ve formě amonné a poté nitrátu. Je velmi dobře rozpustné ve vodě, používá se jako dusíkaté hnojivo s pozvolně působící formou dusíku k základnímu hnojení, tj. před setím se zapravením, případně s ní přihnojujeme v době vegetace. Může být aplikované jako listové hnojivo v upravené koncentraci v závislosti na druhu a rozvojové fázi rostliny.

### Zeastim

Zeastim je listové hnojivo s proauxinovými látkami se stimulačním účinkem pro zvýšení intenzity metabolismu kukuřice v jarním období. Hnojivo je kombinováno vysokou dávkou fosforu a chelátovým zinkem jako dvou nejdůležitějších prvků v doplňkové výživě kukuřice a k urychlení regenerace po použití herbicidu nebo klimatických stresech. Zeastim je tekutý přípravek snadno mísitelný s vodou, významně podporuje růst kořenů, a vede



k lepšímu příjmu živin a vyššímu výnosu. Aplikuje se i k pokrytí zvýšených nároků kukuřice na zinek.

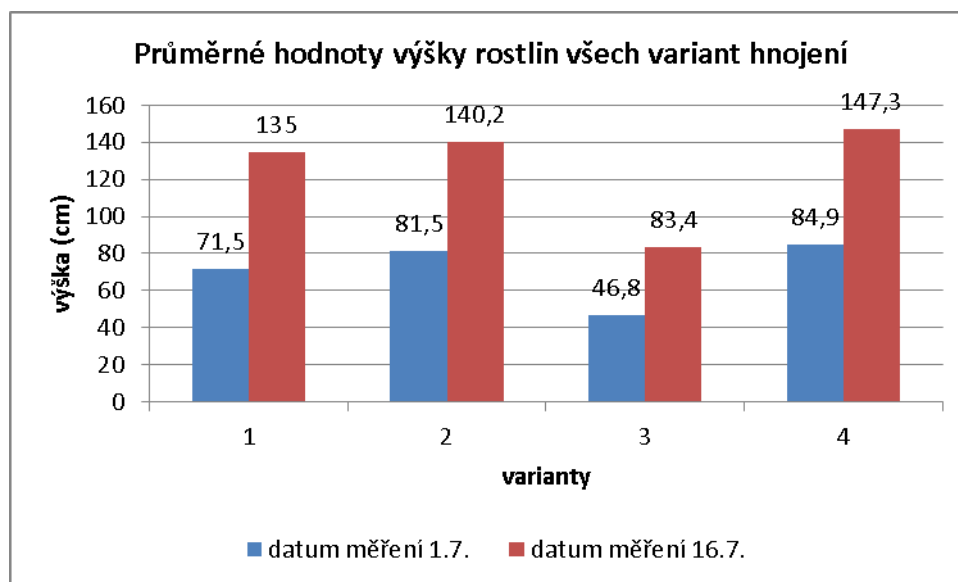
### **Urea Stabil**

Je vhodným hnojivem pro povrchovou lokální aplikaci při zakládání porostů zemědělských plodin je moderní koncentrované hnojivo na báze amidického dusíku s obsahem inhibitoru ureázy. Tento inhibitor stabilizuje močovinu, zpomaluje její rozklad a omezuje ztráty dusíku po její aplikaci na půdu jejím účinkem. Použití pro rychlejší průnik dusíku do kořenové zóny a zvýšení jeho lepší dostupnosti pro rostlinu.

## 5 Výsledky pokusu

### 5.1 Hodnocení výšky rostlin

Výška rostlin se hodnotila 1. 7. a 16. 7. 2015 na všech pokusných variantách graf 2 s minimálním počtem 20 ks rostlin na variantu.



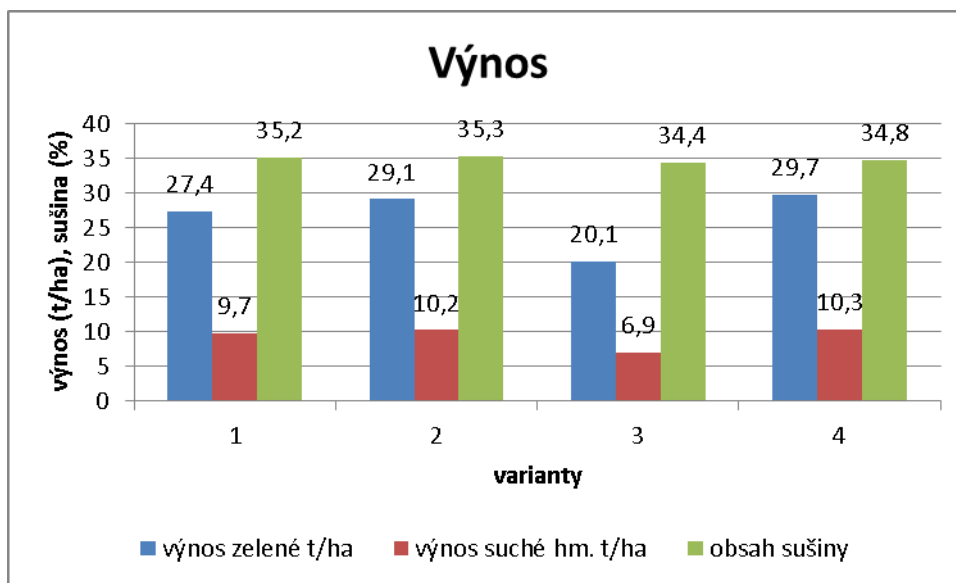
Graf 2 Průměrné hodnoty výšky rostlin všech variant hnojení

V jednotlivých termínech měření nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl v celkové výšce mezi variantami č. 1, 2, 3 a 4 v porovnání s kontrolní variantou č. 1.

Z grafu je patrný vliv některých hnojiv na výšku rostlin. Nejvyšší příčku obsadila kontrolní varianta č. 4 hnojení před setím (Urea Stabil). Z ostatních variant hnojení se přiblížila k této hodnotě varianta č. 2 listové doplňkové hnojivo (Zeastim). Naopak nejnižší hodnoty ze všech dosáhla varianta č. 3 hnojení pod patu (Močovina 46).

### 5.2 Hodnocení výnosu

V grafech 3 a 4 jsou znázorněny ukazatele výnosu jednotlivých pokusných variant. Dospěli jsme k níže zobrazeným výsledkům:

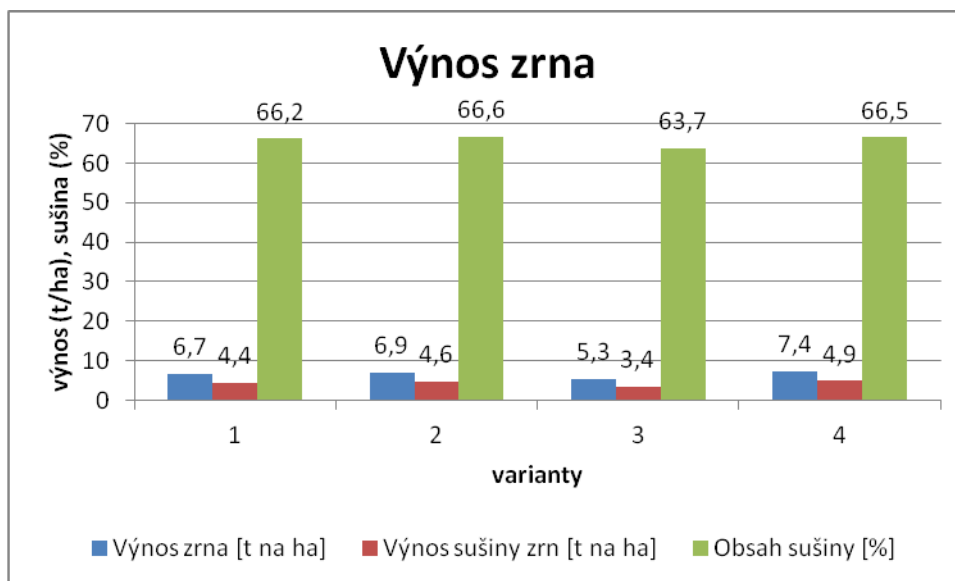


Graf 3 Vliv hnojení na ukazatele výnosu

Z grafu 3 je patrné, že nejvyššího výnosu zelené hmoty dosáhla varianta č. 4 s použitím hnojení Urea Stabil, měla o 2,3 t/ha vyšší výnos zelené hmoty než kontrolní varianta. Také varianta č. 2 hnojené listovým hnojivem Zeastim s kombinací hnojiva Močovina 46 měla vliv na vyšší výnos zelené a to o 1,7 t/ha. Nejnižší hodnotu zelené hmoty dosáhla varianta č. 3 hnojená Močovinou 46 pod patu. Výnos vykazoval hodnotu o 7,3 t/ha nižší, než kontrolní varianta. Při porovnání způsobu aplikace močoviny byl zjištěn trend vyššího výnosu při využití aplikace hnojiva na široko.

Varianta č. 4 dosáhla také nejvyššího výnosu suché hmoty o 0,6 t/ha oproti kontrolní variantě. Varianta č. 2 s dosaženým výnosem 10,2 t/ha suché hmoty při porovnání s kontrolní variantou zaznamenala vyšší hodnotu o 0,5 t/ha. Nejnižšího výsledku také při porovnání výnosu všech variant suché hmoty rostlin kukuřice v našem pokusu dosáhla varianta č. 3 s rozdílem 2,8 t/ha nižším s porovnáním variantou č. 1.

Výnos suché hmoty byl závislý na obsahu sušiny při sklizni. Po porovnání všech výsledků pouze variant č. 2, měla o 0,1 % více sušiny než kontrolní varianta. Varianta č. 3 dosáhla o 0,8 % a varianta č. 4 o 0,4 % menší podíl sušiny než varianta č. 1.



Graf 4 Vliv hnojení na výnos zrna

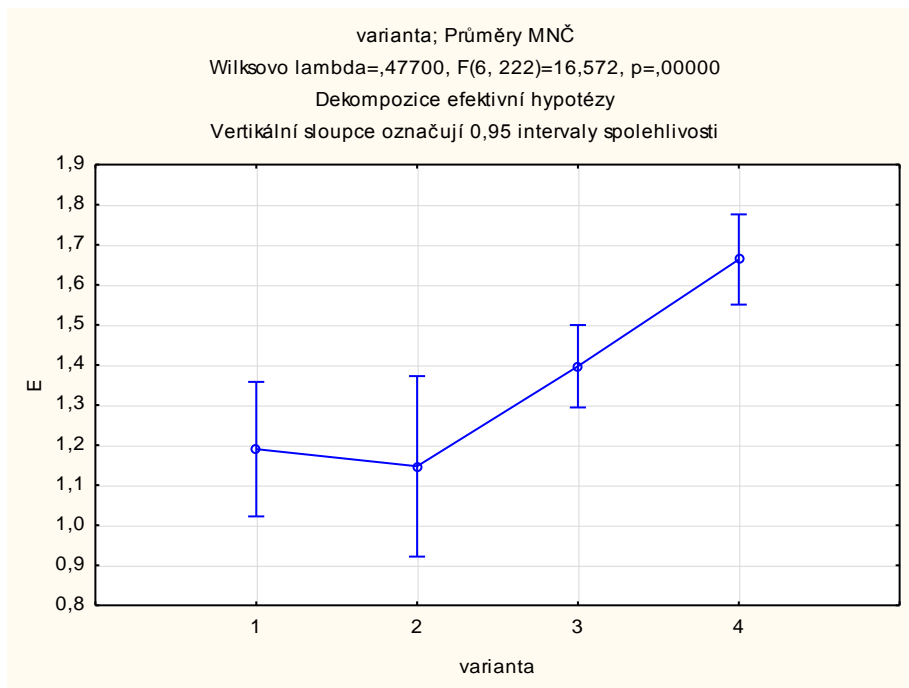
Z grafu 4, ve kterém jsme se zaměřili na porovnání výnosových hodnot zrna je také patrné, že nejvyššího výnosu zrna ve všech ukazatelích dosáhla varianta č. 4 s použitím hnojení Urea Stabil, měla o 0,7 t/ha vyšší výnos zrna než kontrolní varianta.

Také varianta č. 2 hnojené listovým hnojivem Zeastim s kombinací hnojiva Močovina 46 měla vliv na vyšší výnos zrna a sušiny.

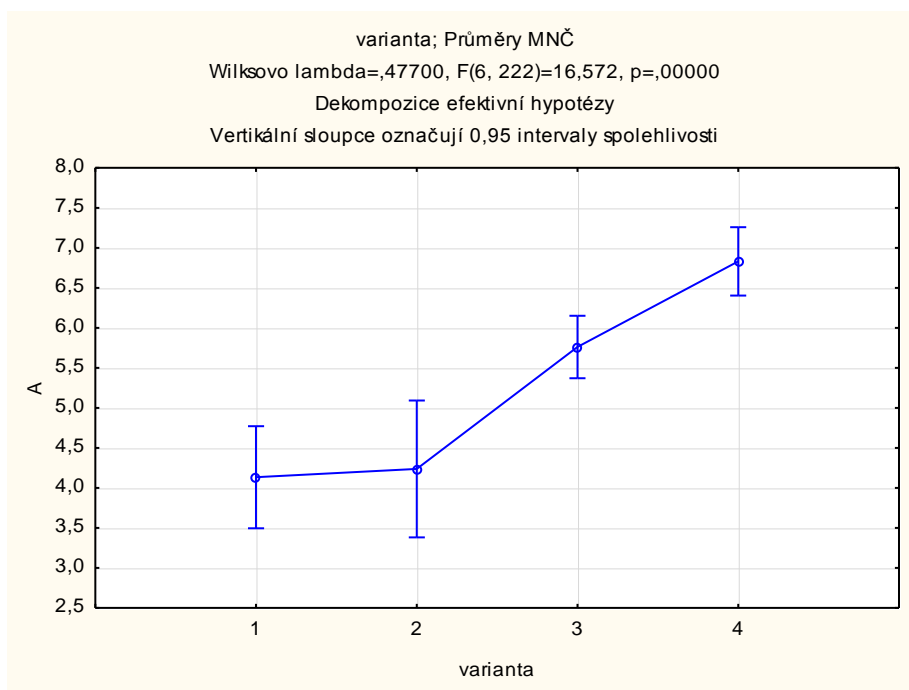
Nejnižších hodnot dosáhla varianta č. 3 hnojená Močovinou 46 pod patu.

### 5.3 Hodnocení intenzity fotosyntézy

Z grafu 5 vyplývá, že varianta č. 4 – Urea Stabil měla vliv na vyšší intenzitu fotosyntézy A, stat. průkazně oproti ostatním variantám. Odpovídá tomu i výnos suché hmoty. Shodný výsledek platí i pro transpiraci E graf 6. To, že varianta č. 3 měla vyšší hodnoty, bych nezdůraznil. Není to logický výsledek.



Graf 5 Intenzita fotosyntézy



Graf 6 Rychlost transpirace

Tabulka 4 Výsledky pro HSD Tukeyho Int. spolehlivosti 0,95 E- transpirace – hodnoty a průkaznost

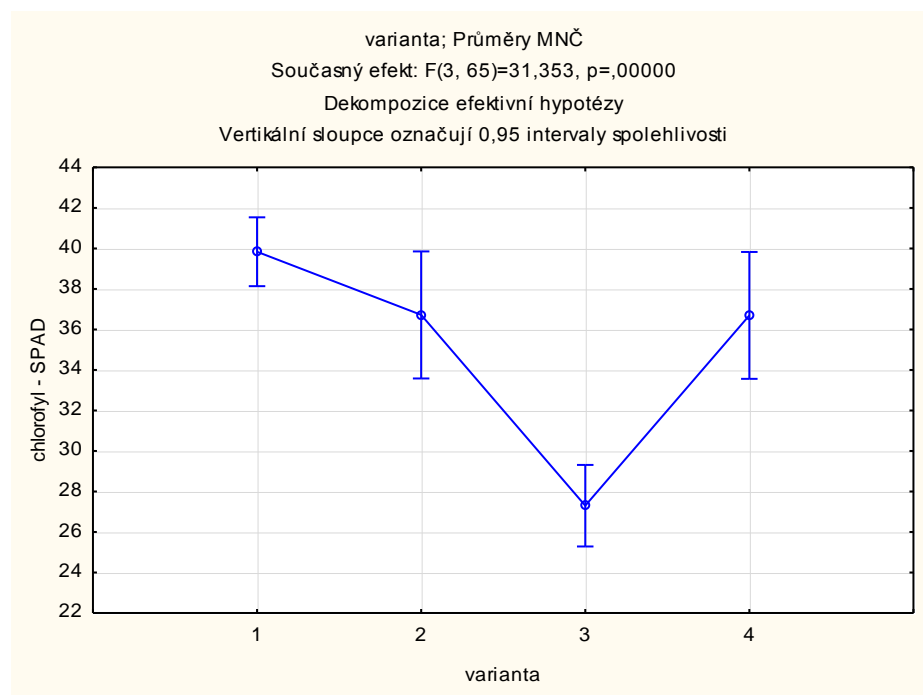
2	1,147000	****	
1	1,189973	****	
3	1,396875	****	
4	1,663250		****

Tabulka 5 Výsledky pro HSD Tukeyho Int. spolehlivosti 0,95 A – intenzita fotosyntézy

1	4,133333	****	
2	4,237000	****	
3	5,761167		****
4	6,831000		****

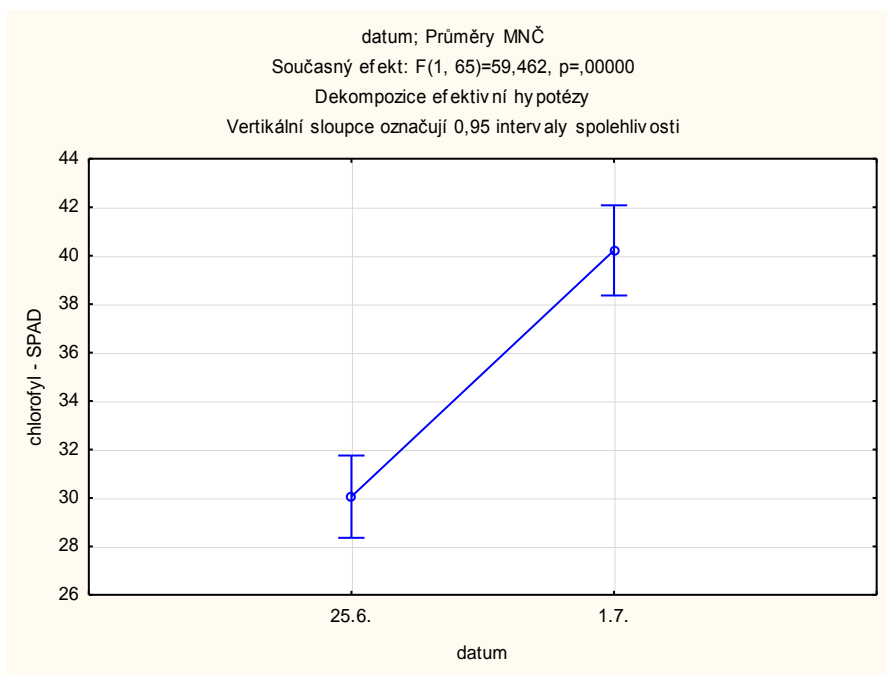
## 5.4 Hodnocení obsahu chlorofylu

Hodnocení obsahu chlorofylu probíhalo ve dvou termínech na všech pokusných variantách. Nejnižší obsah chlorofylu jsme zaznamenali na variantě č. 3 hnojené pod patu graf 7, která měla i nejnižší výnos suché i zelené hmoty. Ostatní varianty jsou mezi sebou neprůkazné. Rostliny vyšetě ve variantách 1, 2, 4 mohly méně trpět nedostatkem vody, živin nebo výkyvy ve výživě, což mohlo pozitivně ovlivnit obsah chlorofylu v listech.



Graf 7 Průměrný obsah chlorofylu – jednotky SPAD

Při sledování obsahu chlorofylu v listech v období 25. 6. a 1. 7. Hodnoty SPAD se mění s růstovou fází a s růstem listového aparátu se rychle zvyšují. Data ukazují, že obsah chlorofylu v listech se měnil v průběhu vegetace, a to nárůstem obsahu chlorofylu ve druhém termínu měření v porovnání s prvním termínem. Z grafu č. 6 vyplývá, že termín má jasný vliv na obsah chlorofylu. Zvyšuje se obsah chlorofylu v červnu a červenci a pak zas klesá.



Graf 8 SPAD podle data měření

Tabulka 6 SPAD podle Tukeyu HSD test

3	27,30000	****	
4	36,75000		****
1	39,14000		****
2	36,80000		****

Tabulka 7 SPAD podle data měření

25.6.	30,23250	****	
1.7.	40,20000		****

## 6 Diskuze

Rok 2015 byl pro kukuřičné siláže nepříznivý. Počasí kukuřici příliš nepřálo, po dobu vegetačního období bylo převážně sucho s vysokými teplotami, což se výrazně promítlo na našem maloparcelovém pokusu. Cavallero et al. (2004) publikuje, že po stránce reakci rostlin na sucho je podstatná délka jeho trvání, intenzita a vývojové stádium rostlin, ve kterém jsou rostliny suchu vystaveny. Nedostatek vláhy ovlivnil některé z pokusných variant a to tak, že hnojivo aplikované v jednotlivých variantách se po dlouhou dobu nacházelo v půdě nevyužito rostlinou. Hnojivo aplikované pod patu mělo zkraje vegetace za dostatku vláhy rostlina ihned využít, jak bylo předpokládáno na pokusné variantě. Místo toho, hnojivo umístěné v pásu a bez srážek nebylo s počátku rostlinou využito. Jakmile později nastaly srážky, hnojivo aplikované na široko se nacházelo v celém půdním profilu a tak rozrostlé kořeny rostliny hnojivo mohli přijmout ve větším množství než hnojivo dodané pod patu.

Velikost kořenů je jeden z důležitých znaků podmiňujících schopnost rostlin přežít nebo se přizpůsobit nepříznivým abiotickým podmínkám v půdě, především nedostatku vody a živin (Chloupek et al. 2010; Kong et al. 2013). Kolísání dostupné zásoby vody se bude kvůli klimatickým změnám pravděpodobně zvyšovat a to bude posilovat význam kořenového systému pro stabilitu výnosů. Hloubka kořenů, jejich hustota a distribuce v půdním profilu jsou nejčastějšími ukazateli schopnosti rostliny využívat vodu a živiny z půdy (Haberle et al., 2015; Kirkegaard et al. 2007). Také určení vlivu limitujících faktorů, jako je utužení půdy, na rozvoj kořenů a příjmové funkce je důležité pro zemědělskou praxi (Bengough et al., 2011).

Rovnoměrný vývoj porostů kukuřice je závislý na množství faktorů jako jsou klimatické podmínky, vlastnosti a struktura půdy, které ovlivňujeme obráběním půdy (Schrödl, 1997).

Mühlbachová et al. (2015) zjistili, že při dlouhodobém pokusu s různými technologiemi zpracování půdy byly u minimalizačních technologií zjištěny nejvyšší obsahy živin v půdě s výjimkou Ca ve vrchní vrstvě půdy. U těchto technologií se distribuce prvků v půdním profilu liší od konvenčního zpracování s orbou. U konvenčního zpracování půdy se jednotlivé prvky (K, P a Mg) dostávají orbou do hlubších vrstev půdního profilu, zatímco u minimalizace a technologie bez zpracování půdy se kumulují v povrchové vrstvě. Vzhledem ke kumulaci živin v povrchové vrstvě půdy je u bezorebných technologií třeba řešit snižující se zásobu makroprvků v hlubších vrstvách půdy a využívat např. lokální aplikaci hnojiv spojenou s hlubokým kypřením půdy.



Jantalia et al. (2012) konstatují, že v pokusu s močovinou byly ztráty volatizací močoviny po zavlažení 0,8 – 3,8 % a nejnižších ztrát s kombinací se závlahou, bylo dosaženo použitím inhibitorů ureázy.

Fecenko et Ložek (2000) uvádí, že při hnojení na hnědozemi dvěma třetinami fosforu, jednou třetinou dusíku případně draslíku z celkové dávky do pasů a zbytku hnojiv do profilu půdy, se výrazným způsobem ovlivňuje počátečný růst kukuřice. Současně se za jednotku času vytváří více sušiny. Zvyšuje se přijímání zejména fosforu, potom dusíku a draslíku.

Přírozenou reakci rostliny na stres suchem je snaha zamezit ztrátě vody a udržovat vodní potenciál na co nejvyšší úrovni. Toho rostliny dosahují zejména uzavřením průduchů, ale to však omezuje také příjem CO<sub>2</sub>, čímž je snížena možnost asimilace uhlíku a rychlost fotosyntézy. Během sucha byla pozorována snížená regenerace ribuloso-1,6bisfosfátu a snížení aktivity některých enzymů podílejících se na fixaci CO<sub>2</sub>, což také vede ke snížení fotosyntetické činnosti (Bláha, 2009). Hnojení během vegetace má většinou charakter přihnojování neboli dohnojování, jimž sledujeme rychlé dodání živin v období, kdy je rostliny potřebují a které jsme nemohli zajistit základním hnojením. Přihnojování proto řídíme více méně podle potřeb a stavu porostu a používáme k tomu hnojiva lehce rozpustná (Varga et al., 2012).

Žembery et al., (2013) zjistili podobné výsledky, že faktor pokusu statisticky průkazně neovlivnil počet rostlin na jednotku plochy. Nejvyšší počet jedinců byl zaznamenán při nehnojené variantě. Hnojení se naopak statisticky projevilo na počtu zrna na rostlinu kukuřice.

Při hnojení pouze N nedocházelo k výraznému zvýšení výnosů kukuřice proti ostatním pokusným variantám. Do budoucna by se dalo doporučit hnojení N a K, což jak uvádí Armstrong (1998), K při dostatečném hnojení N zvyšuje jeho efektivní příjem a využití, což má za následek navýšení výnosu a dále na snížení stresu rostlin.

Dále by se dalo podotknout na zjištění Kintl et al. (2015), kteří uvádí, že organická hmota je základním faktorem půdní úrodnosti a s tím spojenou stabilitou výnosů pěstovaných plodin. Půdy s dobrou zásobou organické hmoty má vyšší schopnost odolávat výkyvům počasí spojených s často zmiňovanou změnou klimatu.

Po založení pokusu se předpokládalo, že použitá hnojiva budou mít na celkový výnos sušiny a zelené hmoty pozitivní.

Z výsledků je patrné, že použitá hnojiva se na jednotlivých variantách promítly, ale nicméně ne v takové míře jak bylo očekáváno. Nicméně musíme brát v potaz, že vliv hnojiva a postřiků stimulačních látek se pohybuje mezi 3-20%.

Subeny at Ma (2005), zjistili, že největší výnosová deprese se projevuje při nedostatečném hnojení dusíkem právě před květem, na který kukuřice reaguje počtem zrn v palicích a zmenšením palic. Freeman et al. (2007) také konstatují, že je vztah mezi odběrem dusíku a výškou porostu na produkci biomasy a je tedy možné využití během vegetace při diferencované výživě.

Jedna z dalších hypotéz očekávala vyšší obsah chlorofylu u rostlin kukuřice za použití listových doplňkových hnojiv. U této varianty se dá říci, že listové hnojivo Zeastim výrazně zvýšilo hodnoty chlorofylu v listech rostlin na pokusné variantě, jak se předem očekávalo.

Poslední hypotéza předpokládala, že hnojivo aplikované pod patu bude mít vliv na vyšší intenzitu fotosyntézy v počátečných fázích vývoje kukuřice. Jak je zmiňováni na začátku této diskuze, klimatické podmínky výrazně ovlivnili tento pokus. Dle mého názoru rostliny kukuřice v této pokusné variantě nemohli využít hnojivo aplikované pod patu, z důvodu chybějících srážek v tomto období.

Naopak výhodou takového roku by byla prověrka kvalit jednotlivých hybridů což, ale nebylo předmětem pokusu.

## 7 Závěr

Diplomovaná práce „Vliv různých způsobů ošetření rostlin kukuřice na zvýšení produkce biomasy“ se zabývala problematikou hnojení kukuřice před setím na široko, pod patu, aplikace listových doplňkových přípravků ve vztahu k produkci sušiny. Po setí v roce 2015 nastalo období vysokých teplot, které jsou sice v hodné pro vývoj kukuřice, ale toto období bylo doprovázeno obdobím bez dostatku srážek, které byly po dlouhodobým normálem. Výsledky pokusu mohou být ovlivněny právě nepříliš vyhovujícím klimatickým podmínkám pro pěstování rostlin kukuřice v roce, ve kterém pokus probíhal. V rámci jednoletého pokusu jsme zjistili následující výsledky, které mohou pomoci při plánování základního či doplňkového hnojení silážní kukuřice. Na výnos zelené hmoty varianta hnojení na široko, dosáhla navýšení 2,3 t/ha a varianta aplikace listových doplňkových přípravků se rovněž navýšila o 1,7 t/ha, naopak varianta hnojení pod patu zaznamenala pokles o 7,3 t/ha. Po porovnání výsledků suché hmoty se varianta hnojení na široko navýšila o 0,6 t/ha a varianta aplikace listových doplňkových přípravků o 0,5 t/ha. Varianta hnojení pod patu se snížila o 2,8 t/ha. Na základě výsledků uvádíme, že použití hnojiv Zeastim na list s kombinací s Močovinou a použití Urea Stabil aplikované na široko, mají vliv na vyšší nárůst zelené hmoty, tím pádem vykazují vyšší výnosy zelené i suché hmoty.

Dále se potvrdila hypotéza, že varianty s použitím listových hnojiv prokazovali vyšší intenzitu fotosyntézy, než varianty bez listové výživy.

V žádném případě listové hnojení nemůžeme považovat za náhradu základního hnojení do půdy, protože přes list může rostlina přijmout jen malé množství živin. Stále musíme brát na zřetel, že doplnění základních makroelementů je neekonomičtější právě přes půdu. Hnojení přes list je osvědčený a výhodný způsob zajištění požadavek rostlin na příjem dalších makroelementu (Ca, S, Mg) a mikroelementů (Zn, Mn, Fe, Cu, B, Mo). Listovou výživu je dnes dobré chápat již jako nedílnou součást vysoké agrotechniky pro stimulaci vyššího využití genetického potenciálu a omezení negativního působení stresových vlivů během vegetace.

Na základě výsledků této práce lze učinit následující závěry:

- V předešlém textu jsou uvedeny výsledky porovnání třech různých způsobů ošetření rostlin kukuřice. Výsledné hodnoty dosahují spíše průměrné hodnoty sledovaných pokusných variant. Může to být způsobeno zejména vlivem klimatických podmínek (nedostatek srážek i vysoké teploty), které následovali po většinu času samotného pokusu.

- Z výsledku lze také říci, že listové hnojivo Zeastim pozitivně ovlivňuje průměrné hodnoty obsahu chlorofylu sledovaných rostlin v průběhu vegetace.
- Na základě těchto dílčích výsledků není možno jednoznačně konstatovat závěry z porovnání různých způsobů ošetření porostu kukuřice.
- Aktivní selektivní přístup rostlinného organismu k nepříznivým, stresovým podmínkám vnějšího prostředí se projevuje v jeho schopnosti samoregulace, optimalizací procesů a ke schopnosti adaptace k faktorům vnějšího prostředí, ve kterém se rostlina nachází v průběhu celého svého růstu.
- Při porovnání variant hnojení s kontrolní variantou lze konstatovat, že rostliny kukuřice v pokusných variantách dosahovali lepších výsledků.
- Na tvorbu chlorofylu má velký vliv minerální výživa, vodní režim a další faktory.

## 8 Literatura

- Alloway, B. J. 2008. Zinc in soils and crop nutrition. 2nd, IZA and IFA. Brussels. Belgium and Paris. France. p. 135. ISBN: 978-90-8133-310-8.
- Andraski, T. W., Bundy, L. G., Brye, K. R. 2000. Crop management and corn nitrogen rate effects on nitrate leaching, Amer soc agronomy. 677. Journal of Environmental Quality 29-4. s. 1095-1103 2000/7-8. ISSN: 0002-1962.
- Armstrong, D. L. 1998. Potassium Interactions with Other Nutrients in Better crops with plant. Better Crops. 82 ( 3). ISSN: 0006-0089.
- Azooz, R. H., Arshad, M. A. 1997. Soil in filtration and hydraulic conductivity under long-term no-tillage and conventional tillage systems. Canadian Journal of Soil Science. 76: 143–152.
- Badalíková, B. 2012. Protierozní ochrana půdy v kukuřici. Úroda 12/2012. s. 40-42.
- Baier, J. 1969. Abeceda výživy a hnojení rostlin. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. s. 409. 07-082-69.
- Bartlová, J., Badalíková, B., Brtnický, M., Hladky, J. 2015. Změny fyzikálních vlastností půdy při svahové erozi. Úroda 1/2015. s. 64-65.
- Bengough A.G., McKenzie B.M., Hallett P.D., Valentine T.A. 2011. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. Exp. Bot. 62: 59-68.
- Bláha, L. 2009. Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin. Výzkumný ústav rostlinné výroby v. v. i. Praha – Ruzyně. s. 390. ISBN: 978-80-87011-91-1.
- Brant, V., Kroulík, M., Zábranský, P. 2015. Pásové zpracování půdy – strip-tillage. Úroda, 5/2015. s. 98-103.

- Brookes, P. C. 1995. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of Soils*. 19 (4): 269-279. ISSN: 0178-2762.
- Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc. Agronomic or genetic biofortification? *Plant Soil*. 302: 1–17.
- Cure, J.D., Acock, B. 1986. Crop responses to carbon dioxide doubling a literature survey. *Agric.For.Met.* 38: 127-145.
- Cavallero, A., Gianineti, A., Franca, F., Delogu, G., Stanca, A. M., 2004. Tocols in hull-less and hulled barley genotypes grown in contrasting environments. *Journal of Cereal Science* 39: 175–180.
- Diviš, J., Kajan, M. 2009. Energie využitelná z kukuřice. *Úroda*8/2009. s. 26-28.
- Dostál, J., Lošák, T., Hlušek, J. 2015. Digestát - mýty a skutečnost ve vztahu k půdní úrodnosti. In *Kukuřice v praxi 2015*. 1. vyd. Brno. Mendelova univerzita v Brně a KWS Osiva. s. r. o. s. 24-31. ISBN 978-80-7509-179-6.
- Dovrtěl, J., Procházková, B. 2005. Zpracování půdy a zakládání porostu kukuřice do meziplodin. In *Kukuřice v praxi 2005*. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 29-38. ISBN: 80-7157-824-x.
- Fecenko, J., Ložek, O. 2000. Výživa a hnojení polních plodín. Nitra. SPU. s. 452. ISBN: 80-71337-777-5.
- Freeman, K. W., Girma, K., Arnall, D. B., Mullen, R. W., Martin, K. L., Teal, R. K., Raun, W. R. 2007. By-plant prediction of corn forage biomass and nitrogen uptake at various growth stages using remote sensing and plant height, Amer Soc Agronomy, 677 Segeo Rd. Madison. Wi 53711 USA. *Agronomy Journal* 99-2 s. 530-536 2007/4 ISSN: 0002-1962.
- Genc, Y., McDonald, G. K., Graham, R. D. 2004. Differential expression of zinc efficiency during the growing season of barley. *Plant Soil*. 263: 273–282.

Grant, C. A., Flaten, D. N., Tomasiewicz, D. J., Shepard, S. C. 2001. The importance of early season P nutrition. *Can. J. Plant Sci.* 81: 211–224.

Gregorich E.G., Carter M.R., Angers D. A., Montreal C. M., Ellert B. H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.* 74: 367-385.

Haberle J., Vlček V., Kohut M., Dostál J., Středa T., Svoboda P. 2015. Bilance a určení dostupné zásoby vody v kořenové zóně plodin. *Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby v. v. i. Praha – Ruzyně.* s. 36.

Havličková, K., Weger, J., Boháč, J. et al. 2008. Rostlinná biomasa jako zdroj energie. *VÚKOZ, v. v. i. Průhonice.* s. 83. ISBN: 978-80-85116-65-6.

Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., Nelson, W. L. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers, Sixth edition.* Prentice Hall. Upper Saddle River. New Jersey. 07458.

Hart, J., Sullivan, D., Gamroth, M., Downing, T., Peters, A. 2009. *Silage Corn (Western Oregon), Nutrient Management Guide,* Oregon State University.

Houšť, M., Smutný, V., Procházková, B., Neudert, L., Lukas, V. 2014. Vliv agrotechnických zásahů na udržení půdní úrodnosti. In *Kukuřice v praxi 2014.* Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 12-22. ISBN: 987-80-7375-937-7.

Hrnčířík, J., Klíma, J., Kupec, J. 1997. Aparatura pro volumetrické sledování anaerobního rozkladu organických láte. *Chemické listy* 91: 877-883.

Hůla, J., Procházková, B. et al. 2008. *Minimalizace zpracování půdy.* Profí Press. Praha. s. 248. ISBN: 978-80-86726-28-1.

Chloupek, O., Dostál, V., Středa, T., Psota, V., Dvořáčková, O. 2010. Drought tolerance of barley varieties in relation to their root system size. *Pl. Breeding* 129: 630–636.

Janeček, M. et al. 2005. Ochrana zemědělské půdy před erozí. Praha. ISV nakladatelství. s. 195.

Jantalia, C. P., Halvorson, A. D., Follett, R. F., Alves, B. J. R., Polidoro, J. C., Urquiaga, S. 2012. Nitrogen Source Effects on Ammonia Volatilization as Measured with Semi-Static Chambers. *Agronomy Journal*. 104 (6): 1595-1606.

Johnston, A. M., Dowbenko, R. 2004. Essential Elements in Corn in Bittman, S., Kowalenko, C. G. 2004. Advanced Silage Corn Management. Pacific Field Corn Association. P. O. Box 1000 Agassiz. BC V0M 1A0. ISBN: 0-9685015-1-6.

Kačicová, L., Prokeš, K. 2011. Otevíráme nové možnosti s produktem KWS. In *Kukuřice v praxi 2011*. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 6–16. ISBN: 978-80-7375-477-8.

Kačicová, L., Prokeš, K. 2014. Strážci pokladu. In *Kukuřice v praxi 2014*. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 6-11. ISBN: 978-80-7375-937-7.

Kajan M. 2011. Bioplynové stanice v Jihočeském kraji – současnost a perspektivy, prezentace. Calla. České Budějovice.

Karabínová, M., Molnárová, J., Žembery, J., 2001, Pestovanie kukurice, ciroku, prosa a pohánky. In. *Obilniny III*. vyd. Kuriér plus Reklama s.r.o. p. 91. ISBN: 80-88843-23-5.

Kent, N. L., Evers, A.D. 1993. Technology of cereals introduction for students of food science and agriculture, 4th ed.. Oxford. Pergamon. s. 64. ISBN: 15-912-4108-1.

Kintl, A., Blbl, J., Dvořáčková, H. 2015. Organická hmota v půdě – dokončení. *Úroda* 12/2015. s. 53-54.

Kirkegaard J. A., Lilley J.M., Howe G.N., Graham J.M. 2007. Impact of subsoil water use on wheat yield. *Aust. J. Agr. Res.* 58: 303–315.

Klement, V., Smatanová, M., Travník, K. 2012. Padesát let agrochemického zkoušení zemědělských půd v České republice. Čtyřicet let dlouhodobých výživářských pokusů v ÚKZÚZ. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Brno. s. 96. ISBN: 978-80-7401-062-0.



- Kocourek, V. 2015. Ideální kombinace v ochraně kukuřice, *Úroda* 5/2015. s. 18-19.
- Kolařík, P., Rotrekl, J. 2015. Monitoring bázlivce kukuřičného v letech 2013-2014, *Úroda*, 5/2015. s. 20-24.
- Kong L., Si J., Sun M., Feng B., Zhang B., Li S., Wang Z., Wang F. 2013. Deep roots are pivotal for regulating post-anthesis leaf senescence in wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Agron. Crop. Sci.* 199: 209–216.
- Kouřil, M. 2011. Ochrana půdy proti erozi při pěstování širokořádkových plodin. In *Kukuřice v praxi 2011*. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 17-22. ISBN: 978-80-7375-477-8.
- Kouřil, M. 2015. Eroze půdy-ohrožení výrobního prostředku zemědělců. *Úroda* 5/2015. s. 61-64.
- Kowalenko, C. G. 2004. *Advanced Silage Corn Management*, Pacific Field Corn Association, P. O. Box 1000 Agassiz, BC V0M 1A0, ISBN: 0-9685015-1-6.
- Krejčíř J. 1990. *Obecná produkce rostlinná*. Skriptum. MZLU. Brno. 133 s.
- Krupinsky J. M., Karen L., Bailey M.P., McMullen, Bruce D. Gossen and Turkington T.K. 2002. Managing plant disease risk in diversified cropping systems. *Agronomy Journal*. 94 (2): 198-209.
- Kubát, J. 1999. Udržování vyrovnané bilance půdní organické hmoty v půdě. *Metodika pro zemědělskou praxi*. Praha. ÚZPI. s. 30.
- Kukal, S. S., Rehana-Rasool, Benbi, D. K. 2009. Soil organic carbon sequestration in relation to organic and inorganic fertilization in rice-wheat and maize-wheat systems. *Soil and Tillage Research*. 102(1): 87-92.

Kunzová, E. 2010. Výživa rostlin a hnojení draslíkem. VÚRV Praha. s. 23. ISBN: 978-80-7427-066-6.

Kunzová, E., Menšík, L., Hejman, M., Dostál, J. 2014. Metodický postup odběrů vzorků hnojiv, rostlin a půdy pro stanovení rizikových prvků v agroekosystémech a dalších parametrů půdní úrodnosti. Výzkumný ústav rostlinné výroby. v.v.i. Praha – Ruzyně. s. 32. ISBN: 978-80-7427-162-5.

Kuthan, A. 2012. VP AGRO. Kukuřičné listy 01/2012. s. 2-3 .

KWS. 2007. Kukuřice, slunečnice, řepka. Kolektiv autorů KWS OSIVA s.r.o. Velké Meziříčí.

Lošák, T., Hlušek, J. 2007. Kejda – jenom (ne)doceňované organické hnojivo?. In Kukuřice v praxi 2007. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 32-39. ISBN: 978-80-7375-020-6.

Lošák, T., Hlušek, J. 2011. Jak přistupovat k výživě a hnojení kukuřice při snižujících se zásobách živin v půdě. In Kukuřice v praxi 2011. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 48-54. ISBN: 978-80-7375-477-8.

Lošák, T., Hlušek, J., Žalud, Z., Trnka, M., Semerádová, D., Dubrovský, M. 2008. Zásady správné výživy a hnojení kukuřice v měnících se klimatických podmínkách. In Kukuřice v praxi 2008. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 23-34. ISBN: 978-80-7375-135-7.

Magg T., Melchinger, A. E., Klein, D. et al. 2001. Comparison of Bt-maize hybrids with their non-transgenic counterparts and commercial varieties for resistance to European corn borer and for agronomic traits. - Pl. Breed. 120: 397–403.

Makádi, M., Tomócsik, A., Orosz, V. 2012. Digestate. A New Nutrient Source – Review. Biogas. Dr. Sunil Kumar (Ed.). ISBN: 978-953-51-0204-5.

Maňásek, J. 2014. Uplatnění fosforu a draslíku na výnos a kvalitu kukuřice seté. In Kukuřice v praxi 2014. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 23-28. ISBN: 987-80-7375-937-7.

Marton, C., Kálmán, L., Árendás, T., Bónis, P., Szieberth, D. 2007. Comparisons of some methods for estimating vegetation periods in maize. *Acta Agronomica Hungarica*, 55 (1): 1–5.

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

Nedvěd, V., Csako, M. 2015. Větší výtěžnost bioplynu a metanu. *Úroda* 5/2015. s. 85.

Novák, V. 1994. Možu očekávané globálne zmeny ovplyvniť poľnohospodárstvo aj pozitívne?. *Klimatická zmena a земедělství. Sborník referátů. Brno.* s. 8 – 10.

Oerlemans, J. 2005. Extracting a Climate Signal from 169 Glacier Records, *Science*. 308 (5722): 675 – 677.

Pilbeam, D. J., Morley, P. S. 2007. *Calcium* in Barker, A. V., Pilbeam, D. J. 2007. *Handbook of Plant Nutrition*, Taylor & Francis Group. New York. ISBN: 978-0-8247-5904-9.

Poštulka, R. 2010. Význam obsahu sušiny při silážování. *Zemědělec* 34. s. 13.

Procházková, B., Dovrtěl, J., Dryšlová, T., Křen, J., Lukas, V., Neudert, L., Smutný, V., Winkler, J. 2011. Význam a možnosti optimalizace struktury a střídání plodin v systémech hospodaření na půdě. *Certifikovaná metodika. MZLU.* ISBN: 978-80-7375-525-6.

Prokeš, K., Románková, Z. 2013. Kukuřice je plodina budoucnosti. In *Kukuřice v praxi 2013.* Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 6–14. ISBN: 978-80-7375-691-8.

Prokop, M. 2008. Sklizeň kukuřice na siláž v roce 2008. *Agromanuál*. 3 (9): 44–45.

Prokop, M. 2009. Výnos a kvalitu sklizené kukuřice ovlivňuje setí. *Kukuřičné listy. VP Agro.* 1/2009 s. 1-2.

Prokop, M., Kuthan, A. 2011. Termín sklizně kukuřice na siláž. Kukuřičné listy 3/2011. s. 1-2.

Prugar, J., a kol. 2008. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumní ústav pivovarský a sladařský a.s. ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných výrobků ČAZV. Praha. s. 237. ISBN: 978-80-86576-28-2.

Přikryl, J., Doležal, P., Zeman, L. 2014. Vliv pomrznutí silážní kukuřice na nutriční a tetické parametry. In Kukuřice v praxi 2014. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 33-37. ISBN: 978-80-7375-937-7.

Richter, R., Hlušek, J. 2003. Půdní úrodnost. ÚZPI. Praha. s. 44.

Románková, Z., Kačicová, L., Stropnický, M. 2008. Pěstitelský systém. Kukuřice KWS, In „Kukuřice v praxi 2008. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 7-16. ISBN: 978-80-7375-135-7.

Ryant, P., Richter, R., Poulík, Z., Hřivna, L. 2005. Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin. MZLU v Brně. Dostupné na:  
[http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/hnojeni\\_plodin/index.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/index.htm) (11. 1. 2016).

Řeňč, J. 2015. Setí – základ úspěchu pěstování kukuřice. Úroda 6/2015. s. 22-24.

Samsová, P. Šarapadka, B. Urban, J. 2005. Přínos ekologického zemědělství pro kvalitu podzemních a povrchových vod. 1. vydání. Olomouc: PRO-BIO ve spolupráci s Bioinstitutem, o.p.s. s. 43. ISBN: 80-903583-2-2.

Schmidt, L., Warnstorff, K., Dorfel, H., Leinweber, P., Lenge, H., Merbach, W. 2000. The influence of fertilization and rotation on soil organic matter and plant yields in the long-term Eternal Rye trial in Halle (Saale).Germany. J. Plant Nutr. Soil Sci., s. 163s. 639–628.

Schrödl, J. 1997. Einzelkornsämaschinen für Zuckerrüben. In: Die Zuckerrüben. 46 (1): 22-27.

Smatanová, K. 2012. Digestát jako organické hnojivo. Zemědělec. č. 18, s. 21-22.

Smutný, V., Birkas, M., Procházková, B., Neudert, L., Lukas, V., Dryšlová, T. 2012. Vliv různých agrotechnických zásahů na výnos kukuřice a kvalitu půdního prostředí. In Kukuřice v praxi 2012. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 23-41. ISBN: 978-80-7375-591-1.

Smutný, V., Houšť, M., Procházková, B., Neudert, L., Lukas, V., Dryšlová, T., Illek, F. 2014. Pěstování kukuřice na zrno při různých způsobech zpracování půdy. Úroda 2/14. s. 12- 16.

Srbek, J., Kincl, D., Procházková, E., Vopravil, J. 2015. Půdoochranné technologie u kukuřice. Úroda 1/2015. s. 12-14.

Subedi, K. D., Ma, B. L. 2005. Nitrogen uptake and partitioning in stay-green and leafy maize hybrids, Crop Science Soc Amer. s. 677. Segoe Road. Madison, Wi 53711 USA. ISSN: 0011-183X.

Šedek, A. 2011. Zakládání porostu půdoochrannými technologiemi. In Kukuřice v praxi 2011. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 23-34. ISBN: 978-80-7375-477-8.

Šnobl, J., Pulkrábek, J., a kolektiv. 2002. Základy rostlinné produkce. Česká zemědělská univerzita v Praze. s. 153. ISBN: 80-213-0924-5.

Špaldon, E. A. et al. 1982. Rostlinná výroba. SZN Praha. s. 720.

Taufarová, A., Petrášová, M., Pokorná, J., Tremlová, B., Bartl, P. 2014. Rostlinná produkce. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. s. 140. ISBN: 978-80-7305-717-6.

Tebrügge, F., Düring, R.A. 1999. Reducing tillage intensity – a review of results from a long term study in Germany. Soil Till. Res. 53: 15-28.

Tippl, M., Janeček, M., Kačer, M. 2005. Vliv zpracování půdy na velikost povrchového odtoku a ztrátu vody erozí. Průběžná výzkumná zpráva projektu NAZV 1G57042. s. 63–82.

Torresen, K. S., Skuterud, R., Weiseth, L., Tandsather, H. J., Honsem, S. H. 1999. Plant protection in spring cereals production with reduced tillage. I. Braun yields and weed development. *Crop protection*, 18: 595-603. ISSN 0261-2194.

Trčková, M., Raimanová, I., Svoboda, P. 2009. Listová výživa obilnin. Výzkumný ústav rostlinné výroby. v.v.i.. Praha. s. 39. ISBN: 978-80-7427-030-7.

Trevini, M., Benincasa, P., Guiducci, M. 2013. Strip tillage effect on seedbed tillage and maize production in Northern Italy as case-study for the Southern Europe environment, *Europ.J. Agronomy* 48: 50-56.

Trnka, M., Muška, F., Semerádová, D., Doubravský, M., Kocmanková, E., Žalud, Z. 2007. European Corn Borer life stage model: Regional estimates of pest development and spatial distribution present and future climate. *Ecological Modelling*. 207: s. 61-84. ISSN: 0304-3800.

Truman, C. C., Shaw J. N., Reeves D. W. 2005. Tillage effects on rainfall partitioning and sediment yield from an Ultisol in central Alabama. *J. Soil Water Conservation*. 60: 89-98.

Vaněk, V. et al. 2002. Výživa a hnojení polních a zahradních plodin. Praha. 132 s. ISBN: 80-902413-7-9.

Vaněk, V., a kol. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press. Praha. ISBN: 978-80-86726-25-0.

Vaněk, V., Balík, J., Černý, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2012. Výživa zahradních rostlin. Nakladatelství Academia. Praha. s. 578. ISBN: 978-80-200-2147-2.

Varga, L., Ducsay, L., Ložek, O. 2007. Optimalizácia výživy hnojenia kukurice pri narastajúcich úrodách a význam mikroelementov na tvorbu úrody. In *Kukurice v praxi 2007*. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 51-61. ISBN: 978-80-7375-020-6.

Varga, L., Ducsay, L., Ložek, O. 2012. Optimalizácia výživy a hnojenia kukurice při narastajúcich úrodách a význam mikroelementov na tvorbu úrody. In Kukuřice v praxi 2012. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 51-61. ISBN 978-80-7375-591-1.

Vavřina, M., Sedláček, M., Stropnický, M. 2009. Pěstitelský systém kukuřice. In Kukuřice v praxi 2009. Mendelova univerzita v Brně. KWS Osiva. s. r. o. s. 7-15. ISBN: 978-80-7375-263-7.

Vrzal, J., Novák, D., et al. 1995. Pěstování kukuřice a jednoletých píceňích kultur. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR v Praze.

Wellinger, Jerry Murphy and David Baxter. 2013. Woodhead Publishing Limited. IEA Bioenergy. p. 476. ISBN: 978-0-85709-498-8.

Zbiral, J. 2002. Analýza půd I., ÚKZÚZ Brno, s. 197.

Zeman, L., Šimeček, K., Krása, A., Šimek, M., Lossman, J., Třináctý, J., Rudolfová, Š., Veselý, P., Háp I., Doležal, P., Kráčmar, S., Tvrzník, P., Michele, P., Zemanová, D., Šiške, V. 1995. Katalog krmiv. ČAZ, Pohořelice.

Zimolka, J. et al. 2008. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. Profi Press. Praha. s. 200. ISBN: 978-80-86726-31-1.

Žembery, J., Pospíšil, R., Brezina, R., & Illéš, L. 2013. Vplyv obrábania pôdy a hnojenia na úrodovorné prvky a energetickú bilanciu kukurice satej na zrno. Acta Fytotechnica et Zootechnica. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. 15 (4): 91 – 95.

## 9 Přílohy

Foto dokumentace autor práce:









