

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agronomická fakulta**  
**Ústav agrosystémů a bioklimatologie**

---



**Využití kapalného hnojiva DAM – 390 k přihnojení  
kukuřice během vegetace**  
Diplomová práce

*Vedoucí práce:*  
doc. Ing. Vladimír Smutný, Ph.D.

*Vypracoval:*  
Bc. Vlastimil Lapčík

---

Brno 2016



## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Zpracovatel : **Bc. Vlastimil Lapčák**  
Studijní program: Fytotechnika  
Obor: Fytotechnika  
Název tématu: **Využití kapalného hnojiva DAM-390 k přihnojení kukuřice během vegetace**  
Rozsah práce: 50 – 60 s.

### Zasady pro vypracování:

1. Studium doporučené literatury.
2. Zpracování literárního přehledu k uvedenému tématu.
3. Založit a vyhodnotit polní pokus s variantními způsoby hnojení kukuřice kapalným hnojivem DAM-390 během vegetace.
4. Vyhodnocení vlivu různých variant DAM-390 na dynamiku růstu, výnos a kvalitu zrnové kukuřice.
5. Statistické zhodnocení získaných výsledků.
6. Zpracování diplomové práce.

Seznam odborné literatury.

1. ZIMOLKA, J. a kol. *Kukuřice : hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. 200 s. ISBN 978-80-08726-31-1.
2. *Kukuřice v praxi 2013 : sborník ze semináře s mezinárodní účastí*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. 89 s. ISBN 978-80-7375-691-8.
3. *Kukuřice v praxi 2014 : sborník z mezinárodní konference pořádáné k 95. výročí založení univerzity v Brně*. Brno: Mendelova Univerzita v Brně, 2014. 46 s. ISBN 978-80-7375-937-7.
4. LOŠÁK, T. Zásadní poznatky k výživě a hnojení kukuřice. *Agronomiální*. 2013, sv. 8, č. 3, s. 82–84. ISSN 1801-7673.
5. LOŠÁK, T. – HLUŠEK, J. – FLIPČÍK, R. – POSPÍŠILOVÁ, L. – MAŇÁSEK, J. – PROKEŠ, K. – BUJŇKA, F. – KRAČMAR, S. – MARTENSSON, A. – OROSZ, F. Effect of nitrogen fertilization on metabolism of essential and non-essential amino acids in field-grown grain maize (*Zea mays* L.). *Plant, Soil and Environment*. 2010, sv. 56, č. 12, s. 574–579. ISSN 1214-1178.
6. RYBNÍKÁŘOVÁ, H. *Vliv kapalného hnojiva DAM-390 na kukuřici*. Diplomová práce. 1983.
7. MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. vyd. London: Academic Press, 2006. 889 s. ISBN 978-0-12-473543-9.
8. PROKEŠ, K. – HLUŠEK, J. – LOŠÁK, T. *Výživa kukuřice v podmínkách brněnské úrodné oblasti*. Diplomová práce. MZLU v Brně. 2008. 170 s.
9. Odborné a vědecké články vztahující se k dané problematice.

Datum zadání diplomové práce: říjen 2014

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2016

L. S.



Bc. Vlastimil Lapčík  
Autor práce

  
prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D.  
Vedoucí ústavu



  
Ing. Vladimír Smutný, Ph.D.  
Vedoucí práce

  
doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.  
Děkan AF MENDELU

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Využití kapalného hnojiva DAM – 390 k přihnojení kukuřice během vegetace vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: 22. 4. 2016

.....

podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych velmi rád poděkoval doc. Vladimíru Smutnému, Ph.D., který mě během celého diplomového pokusu a tvorbě diplomové práce velmi ochotně vedl, za jeho cenné rady a připomínky. Rovněž bych zde rád poděkoval Ing. Josefu Maňáskovi, Ph.D., za cennou pomoc, obdivuhodnou trpělivost a velkou ochotu v průběhu celého pokusu. Velké díky, které se jen těžce vyjadřuje slovy, patří celé mé rodině, která mě vždy v průběhu studia podporovala. V neposlední řadě bych rád poděkoval svému otci Ing. Vlastimilu Lapčíkovi, který zastupuje firmu TOPAGRA, spol. s r. o., za umožnění realizovat tento pokus na jejich pozemcích, dále za cenné praktické rady a pomoc při realizaci pokusu.

## ABSTRAKT

V jednoletém polním poloprovozním pokusu s kukuřicí setou byly sledovány a vyhodnocovány výnosově – kvalitativní parametry odrůdy KWS 9361 po aplikaci kapalného dusíkatého hnojiva DAM - 390. Před založením pokusu bylo všech 6 variant jednotně nahnojeno dávkou 156 kg N.ha<sup>-1</sup>. Tento typ hnojiva byl během experimentu aplikován jak samostatně, tak v kombinaci s plečkováním. Varianty plečka + úkap, úkap, plošně mezi řádky a foliárně byly následně přihnojeny o 39 kg N.ha<sup>-1</sup> na celkovou dávku 195 kg N.ha<sup>-1</sup> a porovnávány s kontrolou (varianta 1), respektive s aplikací samostatné plečky bez přihnojení (varianta 2). Výnos zrna byl oproti kontrole prokazatelně zvýšen ve všech variantách. Nejvyššího výsledku bylo dosaženo u úkapu (varianta 4). Výnos byl zjištěn mezi variantami v rozmezí 10,54 – 11,94 t.ha<sup>-1</sup>. Při odběru celých rostlin a stanovení sušiny a obsahu N během vegetace, HTS, obsahu škrobu bylo zjištěno signifikantních rozdílů mezi variantami.

**Klíčová slova:** kukuřice, DAM 390, dusík, plečka, výnos, kvalita, hnojení

## ABSTRACT

The diploma thesis deals with the observation of the maize. The quantitative parameters of the maize, variety KWS 9361 fertilized by nitrogen liquid fertilizer DAM - 390 were observed and evaluated during one year field experiment. The base level of 156 kg N.ha<sup>-1</sup> was applied in all variants before the start of experiment. Nitrogen fertilization was used separately or in combination with a weeder as well. Variants 3 – 6 were subsequently fertilized with extra amount of 39 kg N.ha<sup>-1</sup> to the total level of 195 kg N.ha<sup>-1</sup> and compared to variant 1, respectively with variant with usage of weeder without any extra fertilization (variant 2). The grain yield increased in all variants in comparison to variant 1. The highest numbers of collected data were found out in connection with variant 4. The yield ranged between 10.54 and 11.94 t.ha<sup>-1</sup>. The significant differences among the variants were proved after the determination of dry matter, N content during the growing period, thousand grain weight, and starch content of collected plants.

**Keywords:** maize, DAM 390, nitrogen, weeder, yield, quality, fertilization

# **OBSAH**

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>10</b>
<b>3 LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	<b>11</b>
3.1 Agroekologické požadavky kukuřice seté .....	11
3.1.1 Původ a botanické zařazení kukuřice.....	11
3.1.2 Klimatické nároky.....	11
3.1.3 Stanoviště a půdy .....	13
3.1.4 Kukuřice v osevním postupu .....	14
3.1.5 Význam a využití kukuřice .....	15
3.2 Zásady výživy kukuřice .....	16
3.2.1 Dusík.....	19
3.2.2 Dusík v půdě .....	20
3.2.3 Dusík v rostlině.....	24
3.2.4 Příznaky nadbytku a nedostatku dusíku.....	26
3.3 Plečkování.....	27
<b>4 MATERIÁL A METODIKA</b> .....	<b>28</b>
4.1 Charakteristika lokality.....	28
4.2 Metodika pokusu.....	29
4.3 Použité analytické a statistické metody .....	33
<b>5 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>34</b>
5.1 Sušina rostlin v průběhu vegetace.....	34
5.2 Výnos zrna .....	37
5.3 Obsah N v biomase .....	41
5.4 Ekonomická efektivnost hnojení.....	44
<b>6 ZÁVĚR</b> .....	<b>46</b>

<b>7 POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>48</b>
<b>8 SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>56</b>
<b>9 SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>57</b>



## 1 ÚVOD

Z hlediska celosvětového pěstování rostlin je kukuřice velmi využívanou plodinou. V našich podmínkách se kukuřice využívá jako nejvýznamnější složky krmné dávky pro užitková zvířata. Je také považována za královnu našich polí, která však pro dosažení svých výnosových předpokladů potřebuje zajištění veškerých intenzifikačních prostředků, mezi které se v posledních letech začíná pravidelně zařazovat insekticidní a dokonce fungicidní ošetření. Jako standardní lze dnes považovat v pěstování kukuřice herbicidní ošetření. Tato kulturní rostlina, patřící do II. skupiny obilovin, která se svými agrotechnickými požadavky řadí spíše do skupiny okopanin, patří mezi pět nejpěstovanějších rostlin s širokým využitím jak v potravinářském a krmivářském průmyslu, dále jako zelenina a průmyslová plodina.

V posledních letech byl v našich podmínkách zaznamenán nárůst pěstební plochy kukuřice související s velkou poptávkou bioplynových stanic po kukuřičné siláži, ze které je následně pomocí fermentoru získáván bioplyn. V souvislosti s bioplynovými stanicemi se začíná kukuřice stávat stále rentabilnější plodinou osevního postupu.

Také pěstování kukuřice na zrno může být jedním z pěstebních využití kukuřice i z hlediska stále rentabilních výkupních cen kukuřice. Ovšem klimatické podmínky posledních let napovídají, že je kukuřice plodinou velmi náročnou na srážky. Při pěstování kukuřice je nutno také stanovit harmonické hnojení s dostatkem makro i mikro prvků potřebných k intenzivnímu nárůstu rostlinné biomasy bez příznaků retardací a následné agrotechnické zásahy, které jsou nutné k dosažení co nejvyšší efektivity.

Přesto je hnojení dusíkatými hnojivy hodnoceno jako zásadní z hlediska zabezpečení výnosových očekávání. Agrotechnický zásah, který souvisí s využitím dusíku rostlinou, je plečkování, které nabízí i možnost dusíkatého přihnojení. V současné době se také zkoumá protierozní efekt plečkování. V současné době ovšem v seznamu půdoochranných technologií, dle standardů DZES, stále chybí.

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce, která se realizovala formou jednoletého poloprovozního pokusu, bylo posouzení výnosově – kvalitativních parametrů hybridu kukuřice KWS 9361 po aplikaci dusíkatého hnojiva DAM 390, a to samostatně, nebo v kombinaci s plečkou, oproti samostatnému plečkování a nehnojené kontrole na:

- nárůst produkce suché hmoty (sušiny) rostlin během vegetace
- hmotnost tisíce semen (HTS)
- výnos zrna
- obsah N v rostlinách a listech
- obsah škrobu v zrně

## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Agroekologické požadavky kukuřice seté

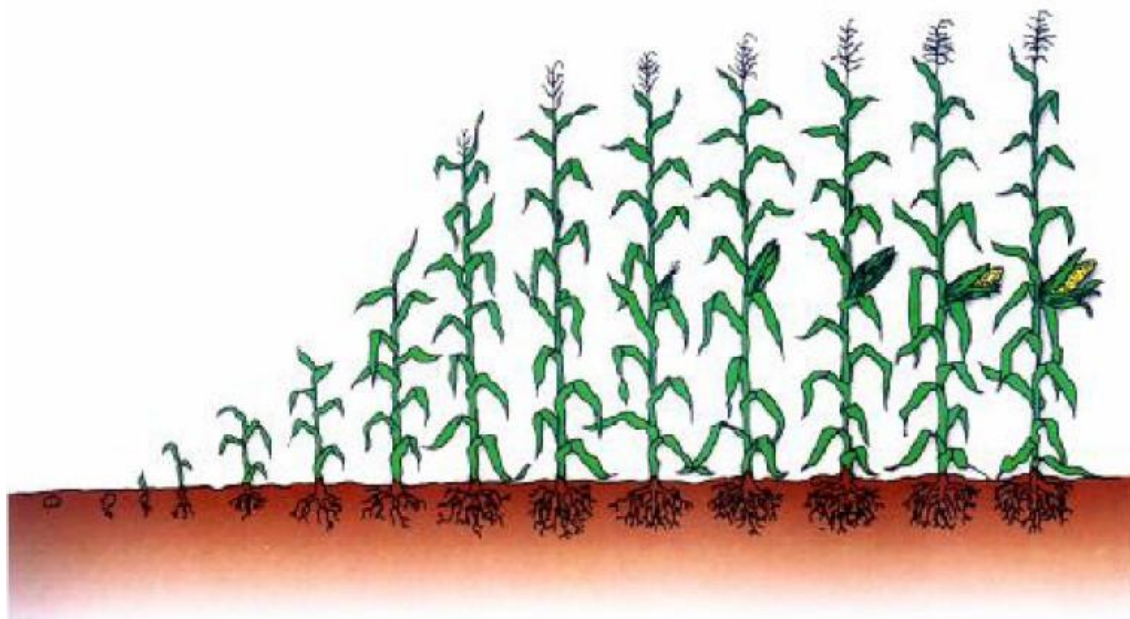
#### 3.1.1 Původ a botanické zařazení kukuřice

Kukuřice je druhou nejrozšířenější pěstovanou plodinou na světě. Tato stará kulturní rostlina má prapůvod v Americe, pravděpodobně v Mexiku (BITTMAN, 2004). Přestože se první písemné záznamy o pěstování kukuřice datují až po objevení Ameriky Kolumbem, existují důkazy o jejím pěstování právě v Mexiku již v dřívějších dobách. HRUŠKA (1962) uvádí, že první zmínka o kukuřici se datuje do roku 1511 Petrem Martyrem. V Evropě se o rozšíření kukuřice postarali Turci, kteří ji v 16. století šířili po svých podrobených zemích. Nazývala se turecké pšenice. Dodnes se na Moravě používá název “turkyňě“. Dnes je díky své plasticitě je rozšířena po celém světě (ZIMOLKA et al., 2008).

Dle HRUŠKY, (1962) se kukuřice z botanického hlediska řadí mezi jednoleté, jednoděložné, jednodomé, cizosprašné, různopohlavní rostliny s rozděleným květenstvím na jedné rostlině. ZIMOLKA et al., (2008) uvádí, že kukuřice patří také do podtřídy jednoděložných (*Monocotyledonae*), řádu lipnicokvětých (*Poales*), čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a skupiny kukuřicovitých (*Maydeae*). Je cizosprašná.

#### 3.1.2 Klimatické nároky

Kukuřice se jako teplomilná a krátkodenní rostlina řadí do skupiny rostlin typu C4. Pro skupinu rostlin s tímto typem fixace CO<sub>2</sub> při fotosyntéze je typická vyšší rychlost a také efektivita fotosyntézy. Vzhledem ke krátkodennímu charakteru rostliny mají kratší dny urychlující efekt při kvetení a dozrávání (generativním vývoji) a naopak vegetativnímu rozvoji rostliny svědčí dlouhé dny, které jsou optimální pro nárůst výšky porostu, olistění a také prodlužují dozrávání (vegetativní vývoj).



0 5 11 19 21 24 26 53 55 65 82 84 85 87

Kód DC	Popis
0	Klíčení
5	Objevení primárního kořínku
7	Objevení koleoptile
9	Délka koleoptile 2,5 cm
10	<b>Vzcházení - počáteční vývoj</b>
11	Koleoptile proniká povrchem půdy
15	1. zárodečný list
19	rozvinutí 2. listu
20	<b>Růst listů</b>
23	5. list plně rozvinut
25	7. list
27	12. a další listy
30	<b>Prodlužovací růst</b>
32	1. kolénko
35	3. kolénko
36	4. kolénko
50	<b>Metání</b>
51	Začátek metání lat
53	Objevuje se vrchol laty
55	Lata vysunutá z obalových listenů
59	Konec metání - lata plně vyvinutá
60	<b>Kvetení lat</b>
61	Začátek prášení ve střední části laty
65	Plné prášení všech prašníků
70	<b>Kvetení blizen</b>
73	Objevují se špičky blizen
75	Vlákna blizen venku
79	Blizny zaschlé
80	<b>Zralost</b>
82	Mléčná
84	Vosková
85	Fyziologická
87	Skřížňová
89	Konečná fáze - sláma suchá, listy žluté

**Obr. 1:** *Vývojové fáze kukuřice (RICHTER, 2005)*

Jako velmi vhodné se při vytváření květu a zrna jeví osvětlení rostliny okolo 11 hodin. Při srovnání s C3 rostlinami se typ rostlin C4 vyznačuje velmi rozdílnými požadavky na vodu, respektive výrazně nižšími požadavky (FECENKO, LOŽEK, 2000). Přesto však je kukuřice dle VRZALA a NOVÁKA (1995) velmi citlivá na nedostatek vody, čemuž odpovídá i mohutnost kořenového systému, který je schopen

odebírat vodu až v hloubce tří metrů. ZIMOLKA et al., (2008) uvádějí, že potřeba rostliny na vodu při tvorbě 1g sušiny se pohybuje okolo 349 g vody. Nicméně dle FECENKO a LOŽKA (2000), je potřeba vody pro vytvoření 1g sušiny výrazně nižší, a to přibližně 270 g.

Při pohledu na vývoj rostliny není kukuřice rostlinou náročnou na vodu v raných fázích růstu. Při přechodu rostliny do dlouhivého růstu však pozorujeme potřebu přijímat velké množství živin a tím i vláhy (FECENKO, LOŽEK, 2000). ZIMOLKA et al., (2008) uvádějí, že kritickým obdobím pro příjem dostatku vody a její nejvyšší potřebou je fáze metání – mléčná zralost. V období tohoto vývoje rostlina potřebuje pro bezpečný průběh kvetení blizen dostatek srážek, a to v rozmezí 80 – 120 mm měsíčně. Množství těchto srážek zamezí zasychání blizen a tím i velkým ztrátám při sklizni zrna.

HRUŠKA (1962) uvádí, že kukuřice jako typická teplomilná rostlina vyžaduje pro klíčení teplotu půdy 8 – 10 °C a samotné klíčení pak trvá okolo 10 dnů. Ovšem dle SKLÁDANKY et al., (2011) se kukuřice spokojí i s teplotou pod 8 °C. ZIMOLKA et al., (2008) uvádějí, že pro tvorbu generativních orgánů jsou ideální teploty v rozmezí 20 – 24°C. Naopak jako kritickou označují spodní hranici 5-6 °C a horní hranici nad 30 °C, při kterých kukuřice zastavuje růst.

### **3.1.3 Stanoviště a půdy**

Půda je základní, neobnovitelný a omezený zdroj sloužící k tvorbě potravy (RYANT et al., 2004). Ve vztahu k ostatním sférám je půda velmi složitý otevřený systém schopný autoregulace vnitřních procesů (JANDÁK et al., 2010). Dle FECENKO a LOŽKA (2000), se skládá ze třech základních částí, a to pevné, kapalné a plynné, které se neustále ovlivňují a mezi kterými je velmi úzký vztah. Jako základní a nejvýznamnější funkcí půdy je úrodnost. Úrodnost můžeme charakterizovat jako schopnost půdy vytvořit ideální podmínky pro růst a vývoj rostlin s cílem dosažení optimálního výnosu a kvality produkce (RYANT et al., 2003). Půdy charakteristické nízkou úrodností jsou většinou špatně zpracovatelné. Mají nízký obsah organické hmoty, špatnou půdní strukturu a také mohou vykazovat náznaky eroze. K dosažení optimálních výnosů je pak na těchto půdách nutno investovat v hnojivech, pesticidech a

samozejmě pohonných hmotách, což se negativně projeví ve vyšších nákladech (CURRAN et al., 2013). Dle BUJNOVSKÉHO (2008) existuje velmi úzký vztah mezi užíváním půdy k zemědělské činnosti a degradačními procesy, které jsou vratné a také nevratné. Proto je nezbytně nutné pečovat o půdu zodpovědně.

BUDŇÁKOVÁ a JACKO (2012) uvádí, že na území nejen České republiky se začíná projevovat snižující se přirozená půdní úrodnost a také klesající obsah organických látek. Úrodnost půdy, která v současné době již není dostatečně kvalitně hnojena organickými hnojivy, je nižší než při aplikaci organických hnojiv. Půda vykazuje dostatečnou schopnost udržení si půdní úrodnosti i bez organického hnojení, avšak postupem času dochází k plynulému vyčerpávání půd (BALÍK et al., 2010).

Dle RYANTA et al., (2004) není kukuřice rostlinou náročnou na stanoviště. Ovšem vyšší výnos můžeme očekávat na těžších až středně těžkých půdách. Jako nevhodné považuje jílové, zamokřené a půdy s vysokým utužením orniční vrstvy. PH půdy by se mělo optimálně pohybovat v rozmezí 5,6 – 7,0.

SKLÁDANKA (2006) uvádí, že v souvislosti na půdní pH je kukuřice rostlinou snázející slabou kyselost i zásaditost půdy, ovšem klesne – li pH půdy pod úroveň 5, často dochází k úbytku rostlinné hmoty až o 30 %.

### **3.1.4 Kukuřice v osevním postupu**

Kukuřice se řadí mezi obilniny. Svými požadavky na hnojení a technologii pěstování se charakterově řadí spíše mezi okopaniny. Mezi nejvhodnější předplodiny kukuřice uvádějí plodiny s vysokým zastoupením posklizňových zbytků. Jako vynikající předplodiny označují jeteloviny a luskoviny, které váží vzdušný dusík a obohacují jím půdu (ZIMOLKA et al., 2008). VACH a JAVŮREK (2009) popisují kukuřici jako plodinu, která se v rámci osevního postupu řadí mezi okopaniny a velmi dobře dokáže využívat tzv. „starou půdní sílu“.

HŮLA et al., (2008) uvádí, že kukuřice velmi dobře snáší pěstování v monokultuře a zemědělské podniky v posledních letech velmi často využívají této skutečnosti.

Velmi často se kukuřice používá jako přerušovač obilných sledů. Přestože kukuřice velmi dobře snáší pěstování ve víceletém sledu po sobě, není tato varianta vhodná a to především kvůli rozvoji škůdců a chorob. Jako velmi vhodný se jeví dvouletý pěstební sled. Pokud se kukuřice řadí mezi dvě obilniny, považují jako vhodnější její zařazení po pšenici než po ječmenu (PROCHÁZKOVÁ et al., 2011).

### 3.1.5 Význam a využití kukuřice

V technologii pěstování kukuřice jsou v současné době rozšířeny dva hlavní užitkové směry **1) Kukuřice na siláž, 2) Kukuřice na zrno**. Přestože tyto dva směry dominují, objevují se i alternativní možnosti využití kukuřice. Jde například o výrobu škrobu v potravinářském průmyslu, dále také tuků a olejů. Kromě toho nachází kukuřice uplatnění i v průmyslu. Využívá se pro výrobu například lepidel, papíru. Poslední poznatky ukazují na převládající trend v užití kukuřice pro získávání obnovitelných energie z bioplynových stanic (ZIMOLKA et al., 2008).

NAVRÁTIL (2009) uvádí, že se kukuřice může pro získávání energie užívat více způsoby. Jako hlavní je ale přeměna biomasy na bioplyn v bioplynových stanicích. Ve výrobě metanu dle RATAJE (2011), hraje významnou roli volba správného hybridu. Důležitým je také zdravotní stav rostliny v průběhu růstu, její dozrávání a nutriční hodnoty. Odrůdy určené pro využití ve výrobě bioplynu obsahují větší množství vlákniny ve srovnání se škrobem.

Krmné využití kukuřice a její pěstování na siláž hraje dle ZEMANA (2006) významnou roli ve tvorbě kvalitní krmné dávky určené skotu. Na rozdíl od jiných obilovin, které se užívají ke krmným účelům, je kukuřičná siláž jedinečná nízkou úrovní degradovatelnosti bacheru a tím i zabezpečení přechodu většího množství do trávícího traktu skotu. V krmné dávce často zaujímá až 50 % podílu veškeré sušiny.

Pro potravinářské účely se využívá kukuřice pěstovaná na zrno. Z celkových zásob se pro potravinářství zpracuje až 21 %. S kukuřicí jako potravinou se setkáváme již od dob indiánů, kteří vařili a pražili palice kukuřic. Dnes můžeme nejčastěji setkat s lupínky (corn flakes), nebo také s oblíbeným popcornem. Velmi oblíbeným kukuřičným produktem jsou také cereálie, celozrnné výrobky a další produkty

s vysokým procentuálním podílem zastoupení vlákniny (PRUGAR ET AL., 2008 a ZIMOLKA et al., 2008)

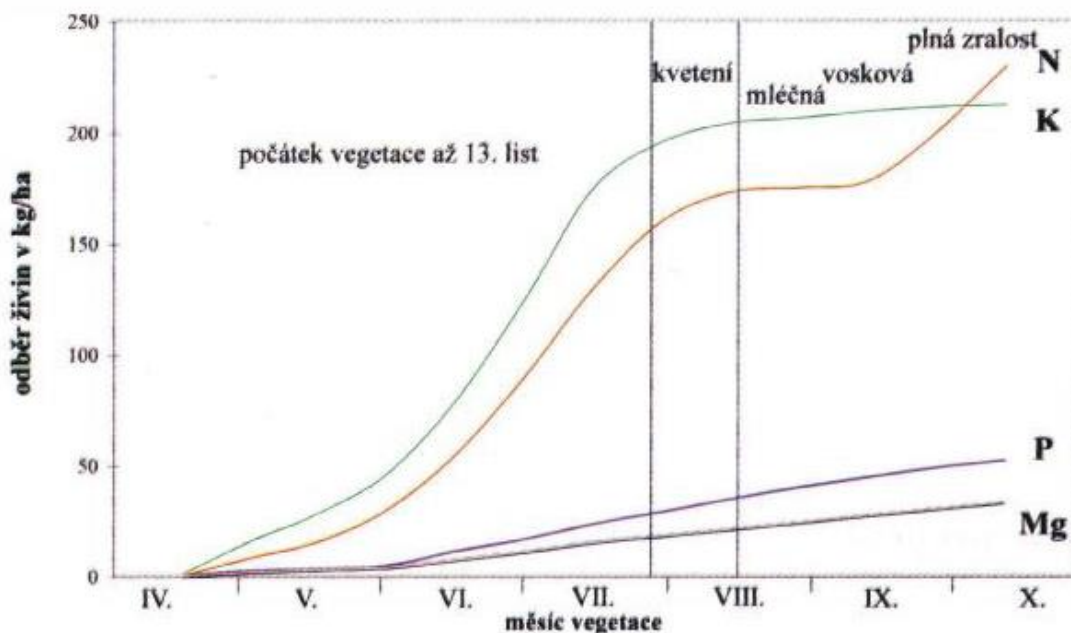
### 3.2 Zásady výživy kukuřice

Při vytváření ideálních podmínek pro růst a vývoj kukuřice musíme při její výživě vycházet z prostředí, ve kterém je pěstována. Díky mohutnému kořenovému systému, který kukuřice během růstu vytváří, dokáže velmi efektivně odčerpávat živiny i z hlubokých vrstev půdního profilu (RYANT et al., 2004). Protože foliární (mimokořenová) výživa není schopna zabezpečit příjem dostatku živin, musí být živiny směřovány přes kořenový systém (přes půdu). Z krátkodobého hlediska lze foliární (mimokořenovou) výživou řešit nedostatek některé živiny (HAVLÍN, 1999). BUNDY (1998) uvádí, že zajištění dostatečného množství živin je nutné k udržení a také realizaci výnosového potenciálu. Kromě toho také dodržení základních pěstebních opatření (optimální datum setí, vhodný výběr hybridu, pesticidní ochrana).

VRZAL a NOVÁK et al., (1995) uvádí, že kukuřice nereaguje na přímé hnojení příliš dobře. Velmi dobře však reaguje na tzv. starou půdní sílu, což znamená, že má velmi kladnou reakci na organické hnojení předplodiny. LOŠÁK et al., (2010) uvádí, že množství odčerpaných živin úzce souvisí s tvorbou velkého množství organické hmoty, přičemž kukuřice velmi citlivě reaguje na zásobu vláhy v půdě a hlavně tzv. starou půdní sílu. Z hlediska agrotechnických požadavků a vlastností považují RYANT et al., (2005) kukuřici za plodinu s charakterem okopaniny, a proto také doporučují pravidelné organické hnojení.

Organické látky, vstupující do půdy ze statkových hnojiv, ovlivňují v půdě řadu procesů. Úzce souvisí s mobilizací a imobilizací půdního dusíku a tudíž jeho dynamikou. Dále mají schopnost působit na akumulaci dusíku v půdě po hnojení minerálními hnojivy a také stabilizují poměr C:N. V neposlední řadě jsou organické látky primárním zdrojem humusu (RICHTER a HLUŠEK, 1994). Jako optimální dávku při hnojení kukuřice statkovým hnojem považují VANĚK et al., (2002) dávku pohybující se okolo 40 t.ha<sup>-1</sup> a dále fosforečná hnojiva jako doplnění. Kromě hnojení kukuřice statkovým hnojem popisují možnost používat kejdu a také digestát. Dle RYCHTRA et al., (1988) se kukuřice řadí k plodinám s velmi kladnou reakcí na hnojení kejdou nebo močůvkou.





**Obr. 2:** Vývoj odběru živin kukuřice během vegetace (VAŇEK 1997)

Za předpokladu včasného zapravení do půdy se jeví jako vhodné hnojivo také močovina a DAM 390 (NAVRÁTIL, 2009).

Z důvodu klesajících stavů hospodářských zvířat a s tím spojenou produkcí statkových hnojiv, je velmi významné pro udržení dostatečné intenzity při pěstování kukuřice hnojení minerálními hnojivy. Pro jejich kvalitní příjem je nutno udržovat pH půdy v rozmezí 5,6 – 7,0. Samotná aplikace draselných, fosforečných a hořečnatých hnojiv se doporučuje v podzimním období (LESÁK, 2012). LOŠÁK et al., (2006) však upozorňují, že aplikace minerálních hnojiv bývá většinou nedostatečná a poměr N:P:K nevyhovující, a to především pro P a K.

Dle LYNCHÉ (2013) je výnos kukuřice omezován a ovlivňován důležitými mobilními a imobilními zdroji. Jako zdroje mobilní popisuje dva, a to dusík a vodu. Imobilní charakterizoval jako fosfor a draslík.

Dle RYANTA et al., (2004) spotřebuje kukuřice na produkci 1 tuny zrna 22 – 26 kg N, 4,4 – 6,6 kg P, 21 – 33 kg K, 4,3 – 7,1 kg Ca a 4,0 – 6,0 Mg.

KLÍR et al., (2008) uvádějí, že pro produkci 1 tuny zrna a odpovídajícího množství slámy kukuřice odebere 25,9 kg N, 4,7 kg P, 22,1 kg K.

FECENKO a LOŽEK (2000) popisují spotřebu pro produkci zrna a slámy jako 30 kg N, 5,0 kg P, 29 kg K, 11 kg Ca a 5 kg Mg.

PROKEŠ (2008) ve svých polních pokusech se zrnovou kukuřicí popisuje její potřebu a odběr živin jako 91 – 213 kg.ha<sup>-1</sup> N, 17 – 55 kg.ha<sup>-1</sup> P, 21-59 kg.ha<sup>-1</sup> K, 0,2 – 6,1 kg.ha<sup>-1</sup> Ca a 7 – 21 kg.ha<sup>-1</sup> Mg.

FECENKO a LOŽEK (2000) vysvětlují odlišnost ve spotřebách živin kukuřice mezi jednotlivými autory jako specifické potřeby a vlastnosti hybridů, systémem agrotechniky, půdně – klimatickými podmínkami a poměrem zrna ke slámě.

Z pohledu výživy a hnojení je nutno pohlížet na kukuřice jako na plodinu specifickou. Při požadavcích na kvalitu a výnos je potřeba tyto specifika respektovat při samotné výživě a hnojení. Jde především o velmi pomalý počáteční růst kukuřice, také o citlivost k nižším teplotám a s nimi úzce souvisejícím špatným příjmem fosforu kořeny. V neposlední řadě také o velmi vysoké nároky na živiny v průběhu intenzivního růstu v měsících červen a červenec. Právě v těchto měsících přijme rostlina až 75 % všech potřebných živin (LOŠÁK et al., 2010).

VANĚK et al., (1998) uvádějí, že kukuřice přijme 75 % všech živin ještě před fází objevení se laty. Právě v těchto má kukuřice kromě velkých požadavků na přísun dusíku ještě vyšší potřebu draslíku. Funkcí draslíku v rostlině je především zvýšení její odolnosti k chorobám a podílení se na transportu vody uvnitř rostliny. Napomáhá také k tvorbě silného stonku (LARSON a OLDHAM, 2008). V rostlině dochází k nejvyššímu příjmu draslíku v období voskové zralosti. Následně pozorujeme částečný pokles a současnou exkreci do půdy přes kořenový systém rostliny. Tento exkrecní proces nepozorujeme u silážní kukuřice, protože se sklizeň provádí ve voskově – mléčné zralosti (RYANT et al., 2004).

Kukuřice pro svůj růst také vyžaduje dostatečné množství fosforu. Jako živina se řadí do kategorie esenciálních a je nepostradatelnou složkou pro růst a vývoj rostlin

(SANCHÉZ, 2007). Potřeba fosforu rostlinou v průběhu růstu neustále mírně stoupá až do sklizně. Příjem fosforu vrcholí a je nejvyšší v období kvetení a tvorby palic. Naopak za nedostatečný považujeme příjem fosforu v raných fázích růstu, a to z důvodu nedostatečně vyvinutého kořenového systému. Velmi často viditelný je projev nedostatku fosforu nafialovělými listy i stonky, což je projevem tzv. hyperchlorofylace rostlin (LARSON a OLDHAM, 2008). To koresponduje s tvrzením LAUZONA a MILLERA, (1997), kteří uvádí, že je kukuřice velmi citlivá na nedostatek fosforu v časných fázích růstu. Velký význam v hnojení fosforem uvádí FECENKO a LOŽEK, (2000) v klimatických podmínkách méně vhodných pro pěstování kukuřice. Fosfor má velmi pozitivní vliv při rychlosti dozrávání zrna kukuřice. Za již běžné se považuje aplikovat hnojivo superfosfátu či mofosu tzv. „pod patu“ při výsevu kukuřice (RYANT et al., 2004). Hnojivo se při hnojení „pod patu“ současně se setím aplikuje do hloubky přibližně o 3-4 cm hlubší než samotné osivo kukuřice (ZIMOLKA et al., 2008).

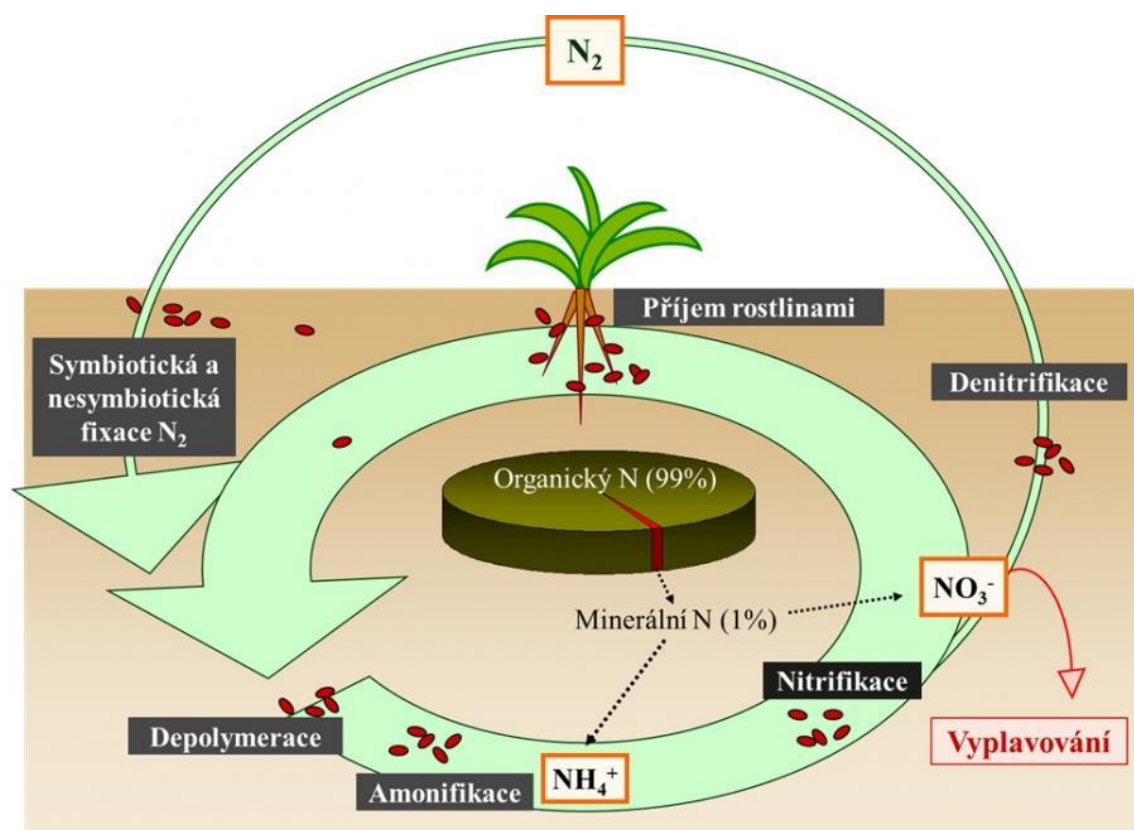
Odběr hořčíku rostlinou lze charakterizovat přímkou s velmi podobným průběhem a neustále se zvyšující se tendencí podobně jako u fosforu (HANWAY, 1963).

Stanovení potřeby hnojení a aplikačních dávek jednotlivých hnojiv by mělo vždy vycházet z rozboru půdy, který stanoví množství přijatelných živin v půdě (VANĚK et al., 2007) a samotné odběry by se měly opakovat minimálně jednou za 3 roky (BUNDY, 1998).

### **3.2.1 Dusík**

Dusík (N) je v půdním prostředí charakterizován jako velmi pohyblivý prvek, který vlivem různých faktorů a reakcí neustále cirkuluje mezi půdou, atmosférou a živými organismy. Samotný proces cirkulace se nazývá koloběh dusíku. Nejvíce je dusík zastoupen v zemské atmosféře, kde je obsažen ze 78,09 % (FECENKO a LOŽEK 2000). Největší množství celkového dusíku je ovšem obsaženo v litosféře, kde zaujímá 98,03 % celkového obsahu na zemi (RYERS a BRANSON 1973). Společně s uhlíkem tvoří dvojici nedůležitějších prvků v přírodě a také dvojici, která svým významem tvoří základní stavební části živé hmoty, konkrétně bílkoviny (VANĚK et al., 2007).

V atmosféře se dusík vyskytuje ve formě  $N_2$ , jejíž využití je pro rostliny neuskutečnitelné. Využitelné jsou ovšem sloučeniny dusíku v půdě (FINK, 1991). Dusík všeobecně patří mezi nejvíce sledovaný prvek v dlouhodobých pokusech a jeho aplikační dávky se často liší. Průměrné využití dusíku se např. u obilnin pohybuje v celosvětovém měřítku okolo 33 % (ČERNÝ et al., 2010).



**Obr. 3:** Koloběh dusíku v přírodě (RYANT et al., 2005)

### 3.2.2 Dusík v půdě

Obsah dusíku (N) v půdě se dle jednotlivých autorů mírně liší. Dle AMBRGERA (1996) se celkový obsah dusíku v půdě pohybuje od 0,02-0,4 % a jeho koncentrace je závislá na stanovišti. Důležitým faktorem je také druh vegetace, který se na stanovišti vyskytuje. BERGMANN a ČUMAKOV (1977) však uvádí celkové množství N v orniční vrstvě 0,05-0,55 %. Převážná část dusíku se v půdě vyskytuje v organické formě. Podíl této formy je 98-99 % a zbytek (1-2 %) je v půdě obsažen ve formě minerální (RICHTER a HLUŠEK 2003). Protože je dusík v půdě vázán na těžce

rozložitelné složité organické látky, považujeme obsah dusíku v půdě za hodnotu stálou. Mezi složité organické látky řadíme především nejcennější huminové kyseliny, dále také fulvokyseliny a huminy. Aminokyseliny, amidy a aminocukry, které jsou obsaženy v půdě, tvoří skupinu látek lehce rozpustných, a proto velmi rychle podléhají mineralizaci (RICHTER a HLUŠEK, 2006).

Minerální dusík v půdě dělíme zpravidla na: 1) Nitrátové ionty ( $\text{NO}_3^-$ )

2) Amonné ionty ( $\text{NH}_4^+$ )

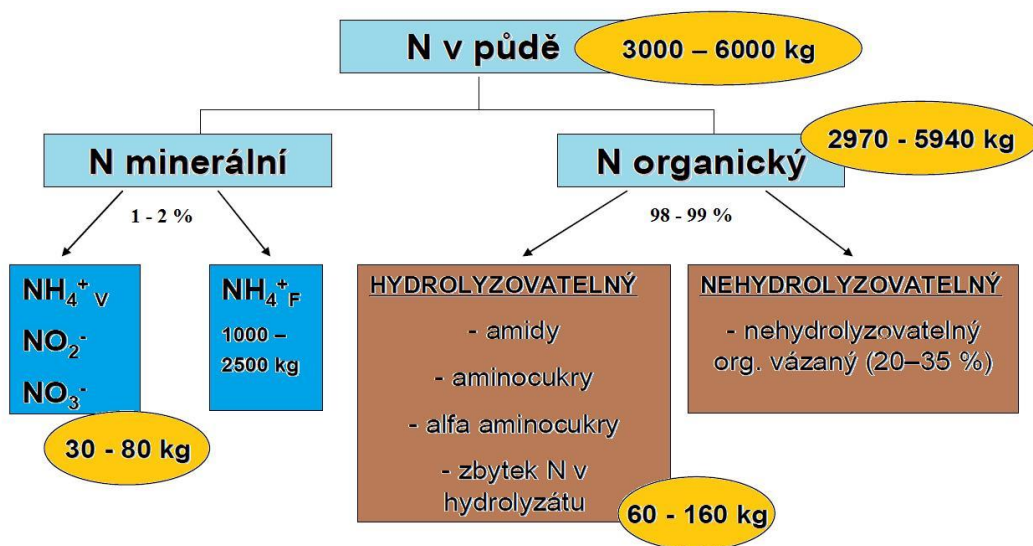
3) Nitritové ionty ( $\text{NO}_2^-$ )

Jen přechodně se kromě těchto tří hlavních minerálních složek mohou v půdě vyskytovat navíc i oxidy dusíku a meziprodukty mikrobiálních procesů (FECENKO a LOŽEK, 2000).

**Nitrátová forma** dusíku ( $\text{NO}_3^-$ ) je na rozdíl od amoniakální formy ( $\text{NH}_4^+$ ) velmi rozpustná. V půdě nevytváří složité a nerozpustné sloučeniny a ani se neváže na jílové minerály. Mezi velké výhody nitrátové formy patří především velká pohyblivost půdou a její rychlý příjem rostlinou. Naopak velké nebezpečí a nevýhoda vzniká ve vlhkých obdobích, kdy hrozí jeho vyplavení (WELLS et al., 1986). LEHOTSKY (1984) poukazuje na velké nebezpečí vyplavení v obdobích zimy a časného jara, kdy půda zůstává bez pokryvu. Opačný případ vzniká v suchých obdobích, kdy se může akumulovat ve svrchní vrstvě půdy (WELLS et al., 1986). FECENKO a LOŽEK (2000) uvádí, že roční suma ztrát nitrátového dusíku vyplavením se pohybuje v závislosti na průběhu počasí, pěstované plodině a půdním druhu v rozmezí 5 – 55  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Dále poukazují na mobilitu nitrátové formy, ovšem dodávají, že při splavení do hloubky větší než 80 cm již není možné jeho využití rostlinami, ale naopak hrozí jeho průnik do spodních vod.

**Amonný dusík** je v půdě obsažen ve dvou formách, a to  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NH}_3^+$ . Vyskytuje se v půdním roztoku ve velmi nepatrném množství, nejčastěji ve formě nitrátové soli, odkud může být okamžitě využit rostlinami. Dále se též vyskytuje vázán v sorpčním komplexu půdy a po jeho translokaci do půdního roztoku může být též spotřebován vegetací (RICHTER a HLUŠEK, 2006). Toto potvrzují BAIER et al., (1988), kteří popisují formu  $\text{NH}_4^+$  jako pro rostliny přijatelnou, ale také popisují možnost její vazby

s jílovými minerály v půdním sorpčním komplexu. Jako velkou výhodou popisují RICHTER a HLUŠEK (1994) jen velmi malé riziko ztráty amonné formy dusíku vyplavením (asi 0,5-3,0 %).



**Obr. 4:** *Formy dusíku v půdě (RICHER a HLUŠEK, 2006)*

Rychlost mineralizace a samotný proces přeměny organického dusíku na minerální je závislý na množství faktorů, např. na půdně – klimatických podmínkách a obsahu organických látek aj. (RICHTER a HLUŠEK, 1994). Dle BAIERA et al., (1988) je rychlost mineralizačního procesu nepřímo úměrná poměru C:N, tzn. že čím větší je tento poměr, tím pomaleji se dusík uvolňuje a naopak. **Proces mineralizace** popisují RICHTER a HLUŠEK (2006) jako přeměnu organického dusíku na anorganický. Někdy bývá tento proces označován i jako amonifikace, tj. transformace organických sloučenin na amoniak. Jde o velmi složitý, třífázový rozklad organických sloučenin za přítomnosti mikroorganismů (FECENKO a LOŽEK, 2000).

1. Fáze – Aminizace
2. Fáze – Amonizace
3. Fáze – Nitrifikace

V první fázi (*aminizaci*) se rozkládají bílkoviny na aminy a aminokyseliny pomocí proteolytických enzymů. Ve druhé fázi (*amonizaci*) jsou aminy a aminokyseliny získané

rozkladem bílkovin degradovány až na amoniak. Vzniklý amoniak již může být využíván rostlinami, nebo také mikroorganismy, kteří ho spotřebují při rozkladu organické hmoty. Další možností je vazba na jílové minerály a půdní sorpční komplex. Vyloučena není i jeho částečná volatizace nebo únik do ovzduší. Ve třetí fázi (*nitrifikaci*) může být oxidován přes nitrity na nitrát (LEHOTSKÝ, 1984).

V přírodě také můžeme pozorovat proces přeměny dusičnanů ( $\text{NO}_3^-$ ) zpět do formy plynné ( $\text{N}_2$ ). Tento proces nazýváme *denitrifikací*. Jedná se o anaerobní redukční proces rozkladu nitrátů pomocí fakultativně anaerobních denitrifikačních bakterií, probíhající za dostatku organické hmoty, až na elementární dusík. Denitrifikační proces může mít i chemický charakter, který je ovšem jen málo významný. Jedná se o redukci nitritů za přítomnosti amidů (VANĚK et al., 2007).

*Volatizací (těkáním)* je v přírodě a hlavně půdním prostředí označován děj, při kterém dochází k úniku amoniaku z půdy do atmosféry (FECENKO a LOŽEK, 2000). Mezi faktory, které přímo podporují volatizační proces, je aplikace velkého množství hnojiv s amidovou, amonnou a amoniakální formou dusíku na povrch půdy a ponechání bez následného zapravení (McKAGUE et al., 2005). Proces volatizace bývá nejčastěji spojován s aplikací hnojiv s obsahem močoviny. Močovina se pomocí působení enzymu ureázy velmi rychle rozkládá na amoniak (PIŠANOVÁ a RŮŽEK, 2006).

V zemědělské praxi bývá proto velmi často společně s hnojivy aplikován inhibitor ureázy, který snižuje aktivitu tohoto enzymu (LARSON a OLDHAM, 2008). Účinnost tohoto inhibitoru je ovšem závislá na teplotě, přičemž při teplotě okolo 32 °C se účinnost inhibitoru zkracuje přibližně na 4 dny a při působení teplot nižších se doba působení inhibice prodlužuje (PIŠANOVÁ a RŮŽEK, 2006). Při snaze o omezení volatizačních procesů bývá velmi často využívána úprava pH půdy, přičemž CAMBERATO (2001) popisuje, že půdy s dostatečnou pufrací schopností vykazují výrazně nižší ztráty N.

### 3.2.3 Dusík v rostlině

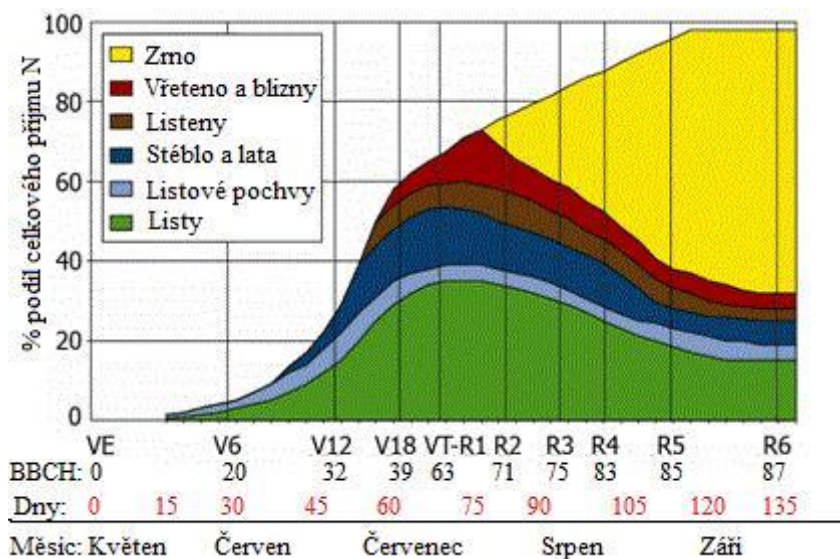
BARKER a BRYSON (2007) popisují dusík jako prvek nezbytný pro život. Z hlediska významu a jeho obsahu v rostlině řadíme dusík mezi makrobiogenní prvky hned za C, O, H (RYANT et al., 2004). Dusík je základní stavební složkou aminokyselin, které dále tvoří bílkoviny. Obsah dusíku v rostlinné biomase se pohybuje od 0,5 – 7,1 % (FECENKO a LOŽEK, 2000).

Jako základní v dusíkaté výživě rostlin popisují FECEKO a LOŽEK (2000) příjem N ve dvou formách, a to nitrátové ( $\text{NO}_3^-$ ) a amonné ( $\text{NH}_4^+$ ). V procesu příjmu těchto forem rostlinou hraje významnou roli prostředí. Pokud se rostliny vyskytují na kyselém stanovišti, převládá příjem nitrátového  $\text{NO}_3^-$ . Neutrální a zásadité prostředí ovšem vyrovnává příjem obou forem s mírnou převahou příjmu amonné formy  $\text{NH}_4^+$  (VANĚK et al., 2007). FECENKO a LOŽEK (2000) uvádí, že rostliny dokáží přijmout N i ve formě organické, a to hlavně  $\text{NH}_2$  (močovinu). Dále jsou některé rostliny schopny fixovat a využít vzdušný dusík  $\text{N}_2$ .

Ve dnes již velmi staré literatuře lze získat informaci, že amonná forma dusíku je pro výživu rostlin méně kvalitním zdrojem potřebného dusíku než forma nitrátová. Tuto skutečnost opravil PRJANIŠNIKOV (1955), který ve své práci publikoval fakt, že význam amonné formy dusíku a využití amonných solí může být stejná, nebo i vyšší než nitrátová. MENGEL a KIRKBY (1978) popisují skutečnost, že příjem nitrátového a amonného dusíku v půdě je vyrovnaný, ale závisí na faktorech pH, obsahu půdního vzduchu, pěstovaného druhu, vlhkosti a také sorpční kapacity půdy. Samotná provzdušněnost půdy má pak významný vliv na příjem pouze amonné formy  $\text{NH}_4^+$ , avšak příjem nitrátové formy výrazně neovlivňuje (MÍČA a VOKÁL, 1984).

Přístup jednotlivých forem dusíku a jejich transport k místu využití rostlinou, tedy ke kořenu, se děje dvěma odlišnými způsoby. Zatímco nitrátová forma  $\text{NO}_3^-$  je obsažena v půdním roztoku, amonná forma, tedy její ionty, jsou vázány na sorpční komplex půdy a jen nepatrná část je obsažena v půdním roztoku.





**Obr. 5:** Odběr dusíku v průběhu růstu kukuřice (RICHTER, HLUŠEK, 1994)

Dle BALÍKA (2001) se příjem  $\text{NH}_4^+$  odehrává přes kontakt vlášení kořene a povrchem půdy. MENGEL a KIRKBY (2001) popisují, že samotná asimilace  $\text{NH}_4^+$ , který je přijat rostlinou, se odehrává právě v kořenech a po asimilaci je dusík translokován již ve formě aminokyselin nebo amidů do různých částí rostlin. V případě příjmu nitrátové formy dusíku rostlinou LOŠÁK (2006) popisuje jeho transport ke kořenům rostliny ze 79 % objemovým tokem, 20 % difuzí a 1% kontaktní výměnou. Následně je pak aktivně přijímán rostlinou a pomocí xylémového transportu rozváděn do nadzemních částí rostliny (BALÍK 2001).

Pro rostlinu je výhodnější přijímat dusík ve formě  $\text{NH}_4^+$  a to z důvodu jeho možného okamžitého zabudování rostlinou (syntéza aminokyselin) (VANĚK et al., 2007). RICHTER a HLUŠEK (2006) uvádí, že po příjmu nitrátového dusíku  $\text{NO}_3^-$  musí v rostlině před jeho aktivním zabudováním proběhnout jeho přeměna na  $\text{NH}_4^+$ , která probíhá ve většině případů v kořenech, ale také v nadzemních částech rostliny.

AMBERGER (1996) popisuje redukci nitrátů na amoniak jako proces skládající se ze dvou etap. V první části enzym nitrátoreduktáza redukuje nitrátový  $\text{NO}_3^-$  na  $\text{NO}_2^-$ . Ten je následně redukován pomocí enzymu nitritoreduktázy na výsledný  $\text{NH}_3^-$ .

### 3.2.4 Příznaky nadbytku a nedostatku dusíku

AMBERGER (1996) uvádí, že se nedostatek dusíku projeví nejdříve na starších listech, kde dochází k proteolýze bílkovin. Aminokyseliny jsou následně translokovány do mladých, stále funkčních listů. Rostliny trpící nedostatkem dusíku vykazují růstovou retardaci, jsou slabé a malé. Dalším pozorovatelným projevem je tvořící se nekróza listu, která má charakteristický tvar písmena V a směřuje od špičky listu ke středu (LARSON a OLDMAN, 2008). Velmi běžný jev je změna barvy, a to nejdříve u starších listů dle stupně deficiencie postupně od zelené do žluté. Tento jev může navodit klamný dojem urychleného dozrávání. Změny se neprojevují jen na nadzemních částech rostliny, nýbrž i na kořenech. Kořen, který trpí nedostatkem dusíku, bývá často slabě rozvětvený a má tendenci růst do délky (RYANT et al., 2006).



**Obr. 6:** Příznaky deficiencie dusíku u kukuřice (MAŇÁSEK, 2013)

Případy projevu nadbytku dusíku nejsou časté. Při dlouhodobém trvání nadbytku se nepotřebný dusík hromadí na okraji listu a ty mohou následně nekrotizovat z důvodu jeho vysoké koncentrace (VANĚK et al., 2002). Nadbytek dusíku může být způsoben deficiencí jiného prvku výživy, dále přichází v úvahu i působení některých vegetačních faktorů (BAIER et al., 1988). Dle RICHTERA a RYANTA (2001) má nadbytečný dusík v rostlině přímý vliv na kvalitu produkce osiva, ovlivňuje též délku vegetační doby a tudíž i délku dozrávání.

### 3.3 Plečkování

Z hlediska ošetření širokořádkových plodin v průběhu vegetace je agrotechnický zásah plečkování jednou z možností. Hlavní přednost plečkování spočívá v narušení půdního škraloupu a tím zabránění neproduktivnímu výparu vody z povrchu půdy. Vytvořením této izolační vrstvičky se dále ovlivňuje i zasakování srážkové vody (HŮLA et al., 1997).

HASSINK (1992) uvádí, že kromě efektivního zasakování srážek do půdy po provedení plečkování má tento zásah dále vliv na dynamiku dusíku v půdě spojenou s mineralizací organických složek půdy.

ŠKODA a CHOLENSKÝ (2002) popisují kultivaci v průběhu vegetace jako zlepšující faktor fyzikálního stavu půdy, který navíc potlačuje růst a vývoj plevelů.



**Obr. 7:** Ukázka plečkování kukuřice (KWS, 2012)

## 4 MATERIÁL A METODIKA

### 4.1 Charakteristika lokality

Poloprovozní maloparcelkový pokus byl založen v roce 2015 nedaleko obce Bílovice přibližně 9 km od města Uherské Hradiště směrem na Zlín. Pozemek obhospodařuje firma TOPAGRA, spol. s r. o., sídlící v obci Topolná.

Firma hospodaří v řepařské výrobní oblasti. Konkrétní pozemek, na kterém byl prováděn experiment, se nazývá Polání I.

**Tab. 1:** Obsah přístupných živin a pH (AZZP)

pH/CaCl <sub>2</sub>	mg.kg <sup>-1</sup>			
	P	K	Mg	Ca
7,2	199	288	145	3 610

Pozemek obsahuje velmi vysokou zásobu P, dobrý obsah Ca a K a vyhovující obsah Mg.



1:4030, zdroj dat: Digitální ortofotomapa © Český úřad zeměměřický a katastrální, Data půdních bloků a dílů © Ministerstvo zemědělství ČR

**Obr. 8:** Pokusný pozemek Polání I (LPIS, 2016)

Průměrná nadmořská výška pozemku je 204 m. n. m. a průměrná sklonitost je 2,4°. Pozemek má těžkou půdu a neutrální pH.

**Tab. 2:** Průměrné teploty a srážky 1986 – 2015 (LAPČÍK, 2015)

Roky	Průměrné teploty (°C)												Rok
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	
1986 - 2015	-0,7	0,8	4,9	10,9	15,9	19,2	21,2	20,6	15,3	10,2	4,9	0,3	10,3
2015	1,6	1,2	5,8	10,4	15,4	20	23,8	24,4	16,3	9,7	6,3	3	11,6
srážky (mm)													
1986 - 2015	32	30	36	38	64	77	81	62	60	38	41	40	598
2015	49	23	24	34	39	24	53	103	52	30	34	17	483

Vývoj průměrných teplot a srážek je uveden v tabulce 2. Od začátku vegetace (duben) po sklizeň (září) byla průměrná teplota 18,4°C. Celkový úhrn srážek během vegetace činil 305,5 mm. Při celkovém pohledu na rok 2015 lze říct, že patřil k teplotně výrazně nadprůměrným a srážkově byl, hned po roku 2003, druhým srážkově nejchudším rokem od roku 1986 v dané lokalitě.

## 4.2 Metodika pokusu

Pozemek Polání I, který byl pro náš pokus vybrán, byl oset kukuřicí 19.4.2015. Předplodinou byla již po dva roky kukuřice na zrno. Posklizňové zbytky byly před zapravením mulčovány a pro potřebu úpravy poměru C:N bylo použito dusíkaté hnojivo DAM 390 v dávce 100 l.ha<sup>-1</sup>. Předseťová úprava pozemku spočívala v rozdělení orby provedené na podzim a následné přípravě seťového lože kompaktozemem. Následně byl pozemek nahnojen dusíkatým hnojivem DAM 390 v dávce 400 l.ha<sup>-1</sup>. Seť bylo provedeno 6-ti řádkovým pneumatickým secím strojem bez možnosti přihnojení značky Monosem, který byl zakoupen od nedaleké společnosti MOREAU AGRI, a probíhalo za ideálních klimatických podmínek. Výsevek byl stanoven na 83 000 jedinců na hektar s hloubkou 4 cm. Po zasetí bylo pole uvaleno cambridgeskými válci. Pro pokus byl vybrána odrůda KWS 9361. Tento kombinovaný (Sc) hybrid s FAO Z 300/ S 290 velmi

kladně reaguje na vyšší hustotu porostu a jeho výhodou je snášenlivost k mírným přísuškům. Typ zrna hybridu KWS 9361 je koňský zub, který velmi dobře odbourává vlhkost před sklizní.

Pro potřebu regulace plevelů byl vybrán časně postemergentní (CPOST) herbicid ADENGO od společnosti BAYER s.r.o. v dávce 0,44 l.ha<sup>-1</sup>. Přípravek vykazuje vynikající účinnost na typické plevele kukuřice (ježatka kuří noha, heřmánky, merlíky) a navíc zasahuje i plevele jednoděložné (např. pýr plazivý). Velkou výhodou přípravku je možnost jeho využití i v pásmu vodních zdrojů podzemní i povrchové vody. Přípravek byl na pozemku aplikován 6. 5. 2015 taženým postřikovačem HARDI Commander, který disponuje záběrem 24 metrů a je vybaven technologií TWIN pro možnost aplikace i ve větrném počasí.

Kvůli velmi suchému průběhu počasí, které probíhalo po aplikaci herbicidu ADENGO, došlo k nedokonalé aktivaci účinné látky přípravku a pozemek bylo tudíž nutné „opravit“ aplikací postemergentní herbicidní kombinace SAMSON EXTRA 6 OD (0,75 l.ha<sup>-1</sup>) + STORY (0,3 l.ha<sup>-1</sup>). Aplikace byla provedena 8.6. ve růstové fázi kukuřice 6. list (BBCH 16).

**Tab. 3:** Schéma hnojení pokusu

Varianta č.	Popis	Dávka N v kg.ha <sup>-1</sup>		
		Před setím	Během vegetace	Celkem
1	Kontrola	156	0	156
2	Plečka	156	0	156
3	Plečka + úkap	156	39	195
4	Úkap	156	39	195
5	Plošně mezi řádky	156	39	195
6	Foliárně	156	39	195

Pokus pro diplomovou práci byl proveden v 6 variantách. Každá varianta byla 6x opakována. Na pozemku byl vyměřena délka pokusu 50 m. Systém odběrů probíhal ve 4 vnitřních řádcích a dva krajní řádky sloužily jako ochranný obsev mezi jednotlivými variantami pokusů. Z řádků sloužících pro ochranný obsev nebyly v žádné z variant odebírány vzorky pro stanovení analýz. Prvních 6 řádků (varianta 1) sloužila jako

kontrolní a nebyl na ní aplikován žádný kultivační zásah ani hnojení. Pro druhou a třetí variantu bylo použito plečkování, přičemž na variantě 2 bylo spolu s plečkou aplikováno dusíkaté hnojivo DAM 390 v dávce 100 l.ha<sup>-1</sup>. Pro variantu 3 bylo provedeno pouze plečkování již bez přihnojení. Pro variantu 4 bylo použito pouze dusíkaté hnojivo formou úkapu mezi řádky v dávce 100 l.ha<sup>-1</sup>. Varianty 5 a 6 byly přihnojeny dusíkatým hnojivem ve stejné dávce (100 l.ha<sup>-1</sup>) s použitím zádového postřikovače ovšem ve variantě 5 jako postřik na povrch půdy mezi jednotlivými řádky a ve variantě 6 foliárně na povrch listu.

Pro potřebu aplikace plečkování a hnojení byla použita plečka a aplikátor sestrojený Ing. Maňáskem Ph.D. Tato pasivní plečka je vybavena párem trysek s dutým kuželem (Iurmark, HCX 2), do kterých je hnojivo dopravováno pomocí odstředivého čerpadla. Samotné trysky pak udržují neustálý tlak 2 bary a jsou seřizeny pro dávku 100 l.ha<sup>-1</sup> při vyvinuté pojezdové rychlosti 2 km.hod<sup>-1</sup>. Plečkování je prováděno ve variabilně nastavitelné hloubce od 5 do 10 cm.

Odběry celých rostlin v průběhu vegetace byly provedeny :

1. *Odběr celých rostlin – BBCH 32 (první kolénko) – 9.6.2015*
2. *Odběr celých rostlin – BBCH 34 (čtvrté kolénko) – 16.6.2015*
3. *Odběr celých rostlin – BBCH 37 (sedmé kolénko) – 23.6.2015*

Odběry ve všech třech termínech probíhaly systémem, kdy se odebíralo 5 za sebou stojících rostlin. Rostliny se odebíraly pouze ve čtyřech vnitřních opakováních, tudíž dvě krajní opakování sloužila jako ochranná.

Následně byl proveden 4. odběr:

4. *Odběr listů po primární palici – BBCH 65 (plný květ lat) – 25.7.2015*

Odběr listů pod primární palicí probíhal v období plného květu kukuřice. Odebíráno bylo 15 listů pod primární palicí z 15 rostlin stojících za sebou. Odběry byly provedeny opět pouze ze 4 vnitřních opakováních.

Jako poslední byl proveden odběr:

*5. Odběr palic v plné zralosti – BBCH 97-99 (sklizňová zralost) – 10.10.2015*

Naposled bylo odebráno 15 palic z 15 rostlin stojících za sebou. Palice byly v době odběru v plné (sklizňové zralosti).

Odběry 1 – 4 byly ihned po odebrání zpracovány, nastříhány a následně sušeny. Poté se stanovila celková sušina. Následně byly vzorky šrotovány a tím homogenizovány. Takto upravené se jednotlivé vzorky poslaly na analýzu obsahu N v sušině. U palic (5. odběr) se stanovila vlhkost, následně se vzorky ponechaly vyschnout. Po vyzrnutí se stanovila HTS, výnos, škrob a obsah N v znu.



**Obr. 9:** *Vymezení pokusu uvnitř zemědělské parcely (LAPČÍK, 2015)*



### 4.3 Použité analytické a statistické metody

#### Statistické vyhodnocení dat

V rostlinné hmotě byl stanoven obsah dusíku coulometricky po spalování na mokré cestě v  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$  z mineralizátu na přístroji SL 02 (ZBÍRAL, 1994).

#### Stanovení škrobu

Stanovení obsahu škrobu proběhlo polarimetrickou metodou dvojitého stanovení dle Ewerse, dle ČSN 56 0512-16 (560512), Metody zkoušení mlýnských výrobků. V průběhu prvního stanovení je za tepla zkoušený vzorek ošetřen kyselinou chlorovodíkovou (HCl). Následně probíhá čiření a filtrace vzorku, po které se polarimetricky změří optická rotace roztoku. V průběhu druhého stanovení se vzorek extrahuje 40 % etanolem, následně je okyselen HCl, čiřen a filtrován. Nakonec se změří optická rotace. Obsah škrobu ve vzorku následně udává rozdíl mezi měřeními, který se vynásobí známým faktorem (ANONYM, 1978).

#### Statistické vyhodnocení dat

Ke statistickému zhodnocení námi naměřených hodnot bylo využito jednofaktorové ANOVY v programu STATISTICA 12.0. Pro zjištění statisticky průkazných rozdílů mezi variantami bylo využito Scheffeho testu. Statisticky průkazné rozdíly mezi variantami jsou v jednotlivých tabulkách označeny malými písmeny (a, b, c), při P- hodnotě  $<0,05$ .

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 5.1 Sušina rostlin v průběhu vegetace

**Tab. 4 :** Analýza variance pro hmotnost rostlin v sušině v různých termínech

Zdroj variability	1. odběr			2. odběr			3. odběr		
	stupně volnosti	průměrný čtverec	F-hodnota	stupně volnosti	průměrný čtverec	F-hodnota	stupně volnosti	průměrný čtverec	F-hodnota
varianta hnojení	5	51,57	1,265	5	109,7	1,728	5	828,1	6,545**
chyba	18	40,78	x	18	63,5	x	18	126,5	x

\*\* statisticky vysoce významný vliv

Z tabulky 4 vyplývá, že u 3. termínu odběru byl zaznamenán vysoce významný vliv faktoru na hmotnost rostlin kukuřice v sušině.

**Tab. 5:** Hmotnost sušiny celé rostliny v průběhu vegetace

Varianta č.	Popis	Hmotnost sušiny 1 rostliny (g)		
		BBCH 32	BBCH 34	BBCH 37
1	Kontrola	12,25 ab	16,40 a	40,00 c
2	Plečka	11,80 ab	18,25 ab	36,95 bc
3	Plečka + úkap	13,15 b	19,20 b	38,40 bc
4	Úkap	11,50 ab	18,10 ab	36,35 b
5	Plošně mezi řádky	11,25 a	19,25 b	39,15 bc
6	Foliárně	11,35 ab	18,65 ab	31,95 a

Rostliny odebrané v průběhu vegetace, přesněji v růstových fázích BBCH 32 – BBCH 39, zobrazuje tabulka 5. Z tabulky je patrné, že kukuřice je velmi náročná na dostatek vody, a to hlavně v období intenzivního růstu. První odběr rostlin se provedl ve

stejný den, jako bylo aplikováno hnojivo, a mezi jednotlivými variantami byl zjištěn průkazný rozdíl mezi variantou 3 (Plečka + úkap) a variantou 5 (DAM 390 plošně mezi řádky). Mezi ostatními variantami nebyla zjištěna výrazná odchylka. Druhý odběr (BBCH 34) odhalil, že významná odchylka v sušině rostlin byla mezi variantou 1 a variantou 3, resp. 5. Třetí odběr celých rostlin proveden v růstové fázi BBCH 37 průkazně zjistil, že hmotnost sušiny varianty 6 byla nejnižší a to ve srovnání se všemi ostatními variantami. Přírůstek sušiny mezi prvním odběrem (BBCH 32) a druhým odběrem celých rostlin (BBCH 34) se pohyboval v průměru okolo 1g na rostlinu za jeden den. KALABUS (2015), který prováděl totožný pokus na stejném pozemku a hybridu kukuřice, zjistil, že denní přírůstek mezi prvním a druhým odběrem (BBCH 32 – BBCH 34) se pohybuje okolo 2g na rostlinu za den. Mezi odběry 2 – 3 (BBCH 34 – BBCH 37) se již průměrný nárůst sušiny pohyboval v rozmezí 2 – 3 g na rostlinu za den.

KALABUS (2015) zjistil ve svém totožném pokusu sušinu jedné rostliny v odběru BBCH 32 hodnoty v rozmezí 10,48 – 11,99 g, ve druhém odběru (BBCH 34) hodnoty mezi 21,30 – 25,75 g. Hodnoty třetího odběru v růstové fázi BBCH 37 se pohybovaly v rozmezí 34,90 – 41,45. LAPČÍK (2014), který prováděl také tento pokus, ovšem pouze ve variantách 1 – 4, zjistil v odběrech celých rostlin ve stejných růstových fázích hmotnosti sušin v prvním odběru (BBCH 32) 4,20 – 6,06 g, ve druhém odběru (BBCH 34) 23,57 – 29,40 g a ve třetím odběru (BBCH 37) hodnoty 39,86 – 49,99.

Ani v jednom případě se naše výsledky neshodují. Tyto rozdíly v pozorování nárůstu sušin způsobuje velmi rozdílné a v našem případě suché počasí posledních let v průběhu intenzivního přirůstání nadzemní biomasy kukuřice. Jednotlivé odchylky souvisí s rozdílnými, téměř neměřitelnými úhrny srážek, za které se kukuřice v tomto období dokáže odvděčit rozdílným nárůstem sušiny, a to i 1 - 2g za den.

Z našich výsledků, konkrétně 3. odběru (BBCH 37) lze však konstatovat, že průkazně nejnižší výsledky hmotnosti sušiny dosáhla 6. varianta (DAM 390 foliárně). Tímto se potvrdilo nebezpečí negativní reakce rostlin na hnojivo, které se i vizuálně rozpozná poškozením listů, tzv. popálením. Negativní reakce by nebyla natolik průkazná, pokud by rostlina překonala tento stres kapalného hnojiva pomocí dostatku vody, dodané úhrnem srážek po aplikaci hnojení, která by popálení listů a tím snížení asimilační plochy rostlin značně zmenšila. Retardace listů rostlin byla ovšem pouze dočasná a tudíž nebyl pozorován následek retardace prostřednictvím sníženého výnosu

Tabulka 7 zobrazuje výsledky hmotností sušin 15 odebraných listů pod primární palicí, které se odebíraly v růstové fázi BBCH 65. Prokazatelně nejvyšší hmotnost sušiny lze pozorovat po aplikaci plečky v kombinaci s přihnojením DAMu 390. Námi zjištěné výsledky se neshodují s pozorováním KALABUSE (2015), který zjistil nejvyšší hmotnost sušiny listu pod primární palicí u varianty 4 (Úkap do meziřádku).

**Tab. 6:** *Analýza variance pro hmotnost 15 listů pod primární palicí*

Zdroj variability	List pod primární palicí		
	stupně volnosti	průměrný čtverec	F-hodnota
varianta hnojení	5	85,4	2,025
chyba	18	42,2	x

Z tabulky 6 vyplývá, že u odběru 15 listů pod primární palicí nebyl zaznamenán vysoce významný vliv faktoru na hmotnost listů kukuřice v sušině.

**Tab. 7:** *Hmotnost sušiny 15 listů pod primární palicí*

Varianta č.	Popis	Hmotnost sušiny 15 listů (BBCH 65)
1	Kontrola	80,75 a
2	Plečka	84,75 ab
3	Plečka + úkap	92,00 b
4	Úkap	89,00 ab
5	Plošně mezi řádky	88,25 ab
6	Foliárně	80,75 a

## 5.2 Výnos zrna

**Tab. 8:** *Analýza variance pro výnos zrna*

Zdroj variability	výnos zrna		
	stupně volnosti	průměrný čtverec	F-hodnota
varianta hnojení	5	0,861	14,09**
chyba	18	0,061	x

\*\* statisticky vysoce významný vliv

Z tab. 8 vyplývá, že faktor hnojení statisticky významně ovlivnil výnos zrna.

**Tab. 9:** *Výnos zrna*

Varianta č.	Popis	Výnos při 14 % vlhkosti (t.ha <sup>-1</sup> )	Rel. (%)
1	Kontrola	10,54 a	100
2	Plečka	11,21 b	106,36
3	Plečka + úkap	11,28 b	107,02
4	Úkap	11,94 c	113,28
5	Plošně mezi řádky	10,99 b	104,27
6	Foliárně	10,96 b	103,98

Výsledky uvádějící výnos zrna jednotlivých variant pokusu demonstruje tabulka 9. Z tabulky je patrné, že prokazatelně nejnižšího výnosu bylo dosaženo u varianty 1 (Kontrola), naopak průkazně nejvyšším byl výnos zrna ve variantě 4 (Úkap). Signifikantní rozdíly nebyly zjištěny mezi variantami 2, 3, 5, 6. Přesto z námi pozorovaných výsledků lze říci, že námi aplikované agrotechnické zásahy měly pozitivní vliv na výsledný výnos zrna. Nejvyšší rozdíl mezi výnosy v jednotlivých variantách, tedy mezi variantami 1 a 4, byl 1,4 t.ha<sup>-1</sup> (13,28 %). I když výsledky variant s agrotechnickým zásahem plečkování nebyly průkazně statisticky vyhodnoceny jako rozdílné, prostřednictvím procentuálních výsledků můžeme pozorovat rozdíl ve výnosu aplikace pouze plečky ve variantě 2 a varianty s hnojením ve variantách 5 (2,09 %) a 6 (2,38 %). KALABUS (2015) nedospěl ve svých výsledcích k signifikantním rozdílům

mezi jednotlivými variantami. Ve své práci ovšem zjistil, že samotné plečkování dosáhlo vyššího výnosu než varianta kontrola a dokonce i varianta 3 (plečka + úkap). Rozdíly ve výnosu ovšem nevyšly jako statisticky průkazné. LAPČÍK (2014) ve své práci ovšem dospěl k výsledkům, které prokazují signifikantní rozdíly mezi variantou kontrola a plečka, resp. plečka + úkap a to konkrétně z kontrolních 12,49 t.ha<sup>-1</sup> na 13,19 t.ha<sup>-1</sup>. U varianty 3 (plečka + úkap) došlo ke zvýšení z 12,49 na 13,31 t.ha<sup>-1</sup>. I když se námi zjištěné výnosové výsledky neshodují, došlo v našich pozorováních ke stejné kladné a statisticky prokazatelné reakci ve variantách 2 a 3 ve srovnání s kontrolou. PROKEŠ (2008) zjistil, že po aplikaci 161 kg N.ha<sup>-1</sup> průměrný výnos 10,06 t.ha<sup>-1</sup>. Námi zjištěné výsledky se velmi podobají u varianty 1 (kontrola), která dosáhla průměrného výnosu 10,54 t.ha<sup>-1</sup> při aplikaci 156 kg N.ha<sup>-1</sup> jednorázově před setím. MAŇÁSEK (2013) uvádí, že při svých pokusech variability hnojení dospěl v dávce 240 N.ha<sup>-1</sup> u kukuřice k průměrnému výnosu 10,94 t.ha<sup>-1</sup>. Námi zjištěné výsledky se liší. Přesto se výsledek varianty 1 (10,54 t.ha<sup>-1</sup>) podobá výsledkům zjištěným MAŇÁSKEM (2013), i když námi zjištěný výnos byl po aplikaci N – hnojiv ve výši 156 kg N.ha<sup>-1</sup>. Lze konstatovat, že zjištěné výnosy souvisejí s průběhem počasí a úhrnem srážek v měsících, které jsou pro výnos kukuřice důležitými, a to konkrétně červenec a srpen. Dle DUARTEHO et al., (2005) je výnos vždy ovlivněn ročníkem a hladinou N hnojení. Jako velmi důležité dále uvádí vliv stanoviště.

**Tab. 9:** Analýza variance pro obsah škrobu a HTZ zrna

Zdroj variability	HTZ (g)			obsah škrobu v zrna (%)		
	stupně volnosti	průměrný čtverec	F-hodnota	stupně volnosti	průměrný čtverec	F-hodnota
varianta hnojení	5	835	3,639**	5	4,5	0,98
chyba	18	230	x	18	4,7	x

\*\* statisticky vysoce významný vliv

Z tab. 9 vyplývá, že faktor hnojení statisticky významně ovlivnil HTS zrna.

**Tab. 10:** *Obsah škrobu a HTS zrna*

Varianta č.	Popis	Obsah škrobu (%)	HTS (g)
1	Kontrola	73,10 a	304,35 a
2	Plečka	72,75 a	320,95 ab
3	Plečka + úkap	71,01 a	325,85 ab
4	Úkap	70,70 a	337,90 b
5	Plošně mezi řádky	72,89 a	340,15 b
6	Foliárně	71,34 a	341,65 b

Tabulka 10 uvádí hmotnost tisíce semen (HTS) a obsah škrobu v zrně. Mezi jednotlivými variantami při sledování obsahu škrobu nebyly zjištěny prokazatelné rozdíly. Procentuální obsah škrobu v zrně se pohyboval od 70,70 – 73,10 %. I když výsledky nejsou statisticky rozdílné, je velmi zajímavé sledovat, že v případě kontroly (varianta 1) bylo dosaženo nejvyššího procentuálního obsahu ve srovnání s ostatními variantami. Lze tedy říci, že vliv agrotechnického zásahu plečkování a dusíkatého hnojení nemá vliv na obsah škrobu v zrně. SINGH et al., (2005) ve svém obdobném sledování zjistil, že se obsah škrobu v zrně po aplikaci 151 kg N.ha<sup>-1</sup> pohyboval v hodnotách 67 %. Při hnojení 202 kg N.ha<sup>-1</sup> zjistil obsah škrobu v zrně na úrovni 66,6 %. Námi dosažené výsledky se tudíž při obdobných dávkách dusíku liší. Ve své publikaci FECENKO a LOŽEK (2000) uvádí, že vzhledem k jen velmi nepatrné změně obsahu škrobu v zrně po aplikaci hnojení, nemá hnojení vliv na ten sledovaný znak. Námi dosažené výsledky toto tvrzení potvrzují. Naproti tomu XIE – RUI ZHI et al., (2004) publikoval výsledky svých pokusů, které poukazují na zvyšující se obsah škrobu v zrně v závislosti na hnojení dusíkem. V námi zjištěných výsledcích ovšem není patrný nárůst procentuálního obsahu škrobu po hnojení N. SINGH et al., (2005) a MIAO et al., (2006) poukazují, ve srovnání s výsledky XIE – RUI ZHI et al., (2004) na skutečnost, kdy zvyšující dávky N měly negativní vliv na obsah škrobu v zrně, který má následně klesající tendenci. Námi zjištěné výsledky nepotvrzují ani tuto zjištěnou skutečnost. Ve své disertační práci MAŇÁSEK (2013) zmiňuje skutečnost, kdy zvyšující se hnojení dusíkem snižuje obsah škrobu v zrně kukuřice, ovšem dusík výrazně ovlivňuje výnos kukuřice, tudíž i výtěžnost škrobu z hektaru. LAPČÍK (2014) uvádí v totožném pokus,

že obsah škrobu mezi variantami 1 -4 se pohyboval v rozmezí 67,08 – 68,98 %. KALABUS (2015) uvádí ve své diplomové práci výsledky v rozmezí 69,44 – 70,88 %. Spodní hranice našich výsledků se téměř shodují s výsledky KALABUSE (2015). Výsledky, které publikoval LAPČÍK (2014) se od námi zjištěných liší.



**Obr. 10:** Poškození rostlin po aplikaci DAM 390 (LAPČÍK, 2015)

Výsledky HTS jsou zobrazeny v tabulce 10. Signifikantních rozdílů bylo dosaženo mezi variantami 1 (kontrola) a 4 (úkap), resp. 5 (plošně mezi řádky) a 6 (foliárně). Lze tedy říci, že se v našem pokusu neprojevil kladný projev zásahu plečkování v závislosti na nárůst HTS. Ovšem statisticky průkazného rozdílu bylo dosaženo po aplikaci dusíkatého hnojení. LAPČÍK (2014) publikoval výsledky svých pokusů, ve kterých se HTS jednotlivých variant (1 – 4), pohybovaly v rozmezí 336 – 343 g. V jeho výsledcích ovšem nebylo dosaženo statisticky průkazných rozdílů mezi



variantami. Velmi podobného výsledku dosáhl ve svých pokusech SZULC et al., (2008), který při hnojení dusíkem v dávce 150 kg N.ha<sup>-1</sup> dospěl k průměrnému výsledku 339,2 g HTS. KALABUS (2015) publikoval rozdílné výsledky při zkoumání HTS. Při hnojení 156 – 195 kg N.ha<sup>-1</sup> (totožné jako v našem pokusu) dospěl k výsledkům 356,65 – 365,15 g HTS mezi jednotlivými variantami. Mezi variantami nezjistil průkazný vliv hnojení ani plečkování na výsledek HTS kukuřice. Rozdílný výsledek při zkoumání tohoto faktoru lze přičíst vlivu ročníku, konkrétně klimatickým podmínkám. Toto tvrzení potvrzuje MADDONI et al., (1998), který uvádí, že rozdílné výsledky při zkoumání HTS ovlivňují hlavně klimatické rozdíly v průběhu vegetace. Jako velmi důležitým faktorem při zkoumání HTS popisuje především SET (suma efektivních teplot), které rostlině umožní být fotosynteticky aktivní, a tudíž translokovat velké množství asimilátů v rostlině.

NEVES a RAHEULA (2001) potvrzují, že hnojení dusíkem má pozitivní vliv na výnos kukuřice, ale mimo to také velmi kladně ovlivňuje stres kukuřice při jejím pěstování v monokultuře.

### 5.3 Obsah N v biomase

**Tab. 11:** *Analýza variance pro obsah N v sušině rostlin v různých termínech odběru.*

Zdroj variability	obsah N - 1. odběr			obsah N - 2. odběr			obsah N - 3. odběr		
	stupně volnosti	průměrný čtverec	F-hodnota	stupně volnosti	průměrný čtverec	F-hodnota	stupně volnosti	průměrný čtverec	F-hodnota
varianta hnojení	5	0,0246	0,644	5	0,0553	4,476**	5	0,0665	3,278**
chyba	12	0,0382	x	12	0,0124	x	12	0,0203	x

\*\* statisticky vysoce významný vliv

Z tab. 11 vyplývá, že faktor hnojení statisticky významně ovlivnil obsah N ve 2. a 3. termínu odběru.

**Tab. 12:** Obsah dusíku v sušině celých rostlin v průběhu vegetace

Varianta č.	Popis	Obsah N (%)		
		BBCH 32	BBCH 34	BBCH 37
1	Kontrola	3,60 a	3,17 bc	2,28 a
2	Plečka	3,43 a	3,00 ab	2,68 b
3	Plečka + úkap	3,32 a	2,97 a	2,60 b
4	Úkap	3,47 a	3,27 c	2,67 b
5	Plošně mezi řádky	3,47 a	2,92 a	2,62 b
6	Foliárně	3,47 a	2,98 ab	2,63 b

Tabulka 12 uvádí, jak se vyvíjela koncentrace N v rostlinách v průběhu vývoje nadzemní biomasy v různých růstových fázích. Odběr v růstové fázi BBCH 32 neprokázal mezi jednotlivými variantami průkazné rozdíly. Obsah N se v průměru v jednotlivých variantách pohyboval mezi 3,32 – 3,60 % N. Druhý odběr BBCH 34 již odhalil statisticky průkazné rozdíly mezi variantami. Nejmenší obsah byl zjištěn ve variantě 3 (plečka + úkap) a to 2,97 % N. Varianta 4 (úkap) naopak obsahovala nejvíce N z druhého odběru a to 3,27 % N. Ve třetím odběru N (BBCH 37) bylo dosaženo signifikantního rozdílu mezi variantou 1 a variantami 2-6. Obsah N se ve třetím odběru pohyboval průměrně mezi 2,28 – 2,68 % N. BUNDY (1998) a SCHWAB et al., (2007) uvádí, že obsah dusíku ve fázi BBCH 32 pohybuje mezi 4 -5 %. Námi zjištěné hodnoty se liší v průměru o 0,6 % N.

PROKEŠ (2008) ve svém pokusu zjistil v odběru DC 34 obsah N ve variantě nehnojené kontroly 2,28 – 2,96 %. PLÉNET a LEMAIRE (1999) publikovali obdobné výsledky svých odběrů v růstové fázi 13 – 14 listu kukuřice, konkrétně 2,76 – 2,81 % N. Námi zjištěné hodnoty se shodují, nebo přibližují spodní hranici s výsledky jednotlivých autorů.

LAPČÍK (2014) ve svém odběru rostlin BBCH 37 zjistil obsah N v rostlině v rozmezí 2,94 – 3,36 % N. Ve své publikaci pak uvádí statisticky významné zvýšení obsahu N u varianty úkap oproti kontrole, resp. plečka + úkap. Lze konstatovat, že námi zjištěné výsledky se neshodují. KALABUS (2015) ve svém pokusu zjistil při odběru

celých rostlin v BBCH 37 obsah N v rozmezí 2,75 – 3,05 %. Námi zjištěné výsledky odběru v růstové fázi BBCH 37 jsou v průměru o 0,5 % nižší.

Z tabulky 12 je také zřejmé, že rostlina kukuřice v intenzivním růstu snižuje obsah N. Mezi růstovými fázemi BBCH 32 – BBCH 37 průměrně poklesl obsah N o 1 – 1,2 %. MENGEL a KIRKBY (2001) popisují tento snižující jev jako tzv. zředující efekt. Souvisí s nárůstem nadzemní biomasy a nedostatečným příjmem živin. Zajímavá je ovšem skutečnost, kdy zředovacímu efektu nezabránilo ani přihnojení 39 kg N.ha<sup>-1</sup> v našem pokusu.

**Tab. 13:** *Analýza variance pro obsah N v listech pod primární palicí*

Zdroj variability	Obsah N – list pod primární palicí		
	stupně volnosti	průměrný čtverec	F-hodnota
varianta hnojení	5	0,01589	1,412
chyba	12	0,01125	x

Z tabulky 13 vyplývá, že u odběru 15 listů pod primární palicí nebyl zaznamenán vysoce významný vliv faktorů na obsah N v sušině.

**Tab. 14:** *Obsah N v sušině listů pod primární palicí*

Varianta č.	Popis	Obsah N (%) 15 listů (BBCH 65)
1	Kontrola	2,08 ab
2	Plečka	2,17 ab
3	Plečka + úkap	2,27 b
4	Úkap	2,07 a
5	Plošně mezi řádky	2,17 ab
6	Foliárně	2,12 ab

Tabulka 14 zobrazuje výsledky odběrů listu pod primární palicí v růstové fázi BBCH 65. Signifikantního rozdílu bylo dosaženo mezi variantami 3 (plečka + úkap) a variantou 4 (úkap). LAPČÍK (2014) zjistil ve svém pokusu, že se varianta 3 a 4 prokazatelně liší od varianty 1 (kontrola). Námi zjištěné výsledky se liší od výsledků

publikovaných LAPČÍKEM (2014), protože varianta 4 (úkap) se nijak nelišila od kontrolní, ovšem v případě kontrolní varianty byly zjištěny významně rozdílné hodnoty oproti variantě 3 (plečka + úkap). LAPČÍK (2014) prezentuje své výsledky obsahu N v odběru listu pod primární palicí v rozmezí 2,24 – 2,59 %. KALABUS (2015) zjistil ve svém pokusu se stejnou hladinou hnojení hodnoty v rozmezí 2,22 – 2,55 %. Námi zjištěné výsledky se shodují v jedné variantě ve spodní hranici. SCHWAB et al., (2007) ve svých pokusech s kukuřicí zjistil obsah N v listu pod primární palicí v rozmezí hodnot 2,8 – 4 %. Podobné výsledky publikoval BUNDY (1998), který při odběru listu v růstové fázi BBCH 65 naměřil hodnoty 2,76 – 3,75 %. Námi zjištěné hodnoty se liší ve všech variantách, přičemž rozdíl mezi námi zjištěnými hodnotami a výsledky publikovanými autory se pohybuje od 0,5 – 1,5 %.



**Obr. 11:** *Aplikace pokusných variant (LAPČÍK, 2015)*

## **5.4 Ekonomická efektivnost hnojení**

Celkové zhodnocení efektivity námi realizovaných agrotechnických zásahů zobrazuje tab. Náklady spojené s jednotlivými zásahy byly použity z vnitropodnikových sazeb. Cena hnojiva byla převzata z ceníku NAVOS a.s. pro rok 2015.

Tabulka kromě ceny hnojiv a jednotlivých zásahů zobrazuje také koeficient ekonomické efektivity (KEE). Pro výpočet poslouží jednoduchý výpočet rozdílu výnosu variant s kontrolou. Rozdíl se následně vynásobí cenou komodity, která byla stanovena na 3 600 Kč.t<sup>-1</sup>. Vynásobená hodnota se pak jednoduše vydělí celkovou sumou nákladů. Index KEE nám pak udává, kolik korun přírůstku produkce nám přinese 1 Kč spojená s hnojením.  $KEE = P/N$ , kdy P = přírůstek výnosu způsobený hnojením a N jsou náklady spojené s hnojením (náklady na hnojivo a na aplikaci). **Zisk z hnojení** = P – N kdy P je přírůstek výnosu způsobený hnojením a N jsou náklady spojené s hnojením. (FECENKO a LOŽEK, 2000).

**Tab. 15:** *Ekonomická efektivnost hnojení*

Varianta č.	Popis	Cena hnojiva	Cena aplikace	Celkem	Průměrný výnos	KEE	Zisk/Ztráta z hnojení
		Kč.ha <sup>-1</sup>	Kč.ha <sup>-1</sup>	Kč.ha <sup>-1</sup>	Kč.ha <sup>-1</sup>	Kč	Kč.ha <sup>-1</sup>
1	Kontrola	0	0	0	10,54	0	0
2	Plečka	0	640	640	11,21	3,77	1772
3	Plečka + úkap	680	775	1455	11,28	1,83	1209
4	Úkap	680	265	945	11,94	5,33	4455
5	Plošně mezi řádky	680	265	945	10,99	1,71	675
6	Foliárně	680	265	945	10,96	1,6	567

Z našich výsledků je patrné, že každý zásah se v porovnávání zisk/ztráta pohyboval v ziskových číslech. Jednoznačně nejvyššího zisku (4455 Kč), resp. 5,33 KEE dosáhla varianta 4 (Úkap). Tato varianta také ve výnosových výsledcích dosáhla signifikantního rozdílu oproti všem jiným variantám. KALABUS (2015), který taktéž zkoumal efektivitu jednotlivých zásahů, prezentoval ve svých výsledcích ekonomické efektivnosti jako nejziskovější variantu 2, samostatné plečkování bez přihnojení DAMem 390, které zvýšilo výnos o 0,61 t.ha<sup>-1</sup> s indexem KEE 3,43 a ziskovostí 1 556 Kč.ha<sup>-1</sup>. Námi zjištěné výnosové i ekonomické výsledky se liší.

## 6 ZÁVĚR

V diplomové práci na téma „Využití kapalného hnojiva DAM 390 k přihnojení kukuřice během vegetace“ byl zkoumán vliv dusíkatého hnojiva DAM 390 během vegetace po aplikaci hnojiva jak samostatně, v kombinaci s plečkou, oproti samotnému plečkování a kontrole. Porovnávány byly výnosově – kvalitativní parametry na hybridu kukuřice KWS 9361.

Na základě dosažených výsledků diplomového pokusu, lze učinit následující závěry:

- a) U hmotnosti sušiny 1 rostliny v růstové fázi BBCH 32 byla zaznamenána nejnižší hodnota po aplikaci mezi řádky (var. 5).
- b) U hmotnosti sušiny 1 rostliny v růstové fázi BBCH 34 byla nejnižší hodnota zjištěna u varianty kontrola (var. 1). Naopak nejvyšší hodnoty byly zjištěny u variant plečka v kombinaci s hnojivem (var. 3), resp. hnojivo plošně mezi řádky (var. 5).
- c) Třetí odběr celých rostlin BBCH 37 odhalil nejnižší hodnotu u varianty foliární aplikace hnojiva (var. 6), naopak nejvyšší hodnota byla zjištěna u varianty kontrola.
- d) Přírůstek sušiny rostlin v průběhu vegetace značně kolísaly.
- e) U hmotnosti sušiny 15 listů pod primární palicí v růstové fázi BBCH 65 byla zjištěna nejvyšší hodnota u varianty plečka v kombinaci s hnojivem (var. 3). Naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny u variant kontrola (var. 1) a foliární aplikaci hnojiva (var. 6). Po poškození foliární aplikací nedokázaly rostliny dostatečně regenerovat.
- f) Výnos zrna kolísal mezi hodnotami 10,54 – 11,94 t.ha<sup>-1</sup>, přičemž nejnižší hodnota byla zjištěna u varianty kontrola.
- g) Nejvyššího výnosu bylo dosaženo u varianty úkap (11,94 t.ha<sup>-1</sup>).
- h) U obsahu škrobu nebylo dosaženo signifikantních rozdílů mezi variantami.
- i) Hmotnost tisíce semen (HTS) byla ovlivněna variantami, přičemž nejnižší hodnota byla u kontrolní varianty.
- j) Obsah škrobu v zrně nebyl ovlivněn variantami.

- k) U obsahu N v sušině celý rostlin v růstové fázi BBCH 32 nebylo zjištěno průkazných rozdílů.
- l) Nejvyšší obsah N v sušině odběru celých rostlin BBCH 34 byl zjištěn u varianty úkap (3,27 %).
- m) Nejnižší hodnoty v sušině rostlin BBCH 37 bylo dosaženo u kontroly. Mezi ostatními variantami nebyl zjištěn průkazný rozdíl.
- n) V průběhu nárůstu biomasy během vegetace byl pozorován snižující se obsah N v rostlinách.
- o) Nejnižší obsah N v sušině listu pod primární palicí bylo dosaženo u varianty úkap.
- p) Z ekonomického hlediska bylo dosaženo ziskovosti u všech zkoumaných variant. Nejvýhodněji se ovšem jevila varianta úkap s nejvyšší hodnotou KEE (5,33 Kč), resp. varianta samostatné plečky s hodnotou KEE (3,77 Kč).

**Z dosažených jednoletých výsledků lze potvrdit přínos dusíkatého přihnojení na výnos zrna kukuřice. Z našich dosažených výsledků lze konstatovat, že použití plečkování mělo v ročníku 2015 pozitivní vliv pouze samostatně. Z ekonomického hlediska se stejně jako z pohledu výnosu jeví jako nejefektivnější aplikace úkapu hnojiva mezi řádky kukuřice, což potvrzuje i ekonomická nenáročnost tohoto zásahu. Pro praktické použití lze použít namísto trysek hadicové aplikátory, které omezí poškození porostu. Lze také konstatovat, že námi zjištěné výsledky korespondují se suchým průběhem počasí v průběhu celého pokusu. V deštivém a chladném roce bude výsledný efekt plečkování jistě kladnější.**

## 7 POUŽITÁ LITERATURA

1. **AMBERGER, A. (1996):** *Pflanzenernährung*, 4. Auflage, 319 s.
2. **ANONYM (1978):** *Community methods of analysis for the official control of feeding stuffs*, July 29, 43-55, Official Journal L 206. Eighth Commission Directive 78/633/EEC of 15 June 1978 Establishing
3. **BAIER, J., SMETÁNKOVÁ, BAIEROVÁ, V. (1988):** *Diagnostika výživy rostlin*, MZe ČSR Praha, s. 284, Publikace č. 639
4. **BALÍK, J., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P., VAŇEK, V. (2010):** Význam dlouhodobých pokusů pro praxi, vědu a zaměření výzkumu, Sborník z konference: Racionální použití hnojiv, ČZU Praha 2010, ISBN 978-80-213-2118-2 s. 13-20
5. **BARKER, A. V., BRYSON, G. M. (2007):** *Nitrogen* in BARKER, A. V., PILBEAN, D. J. (2007): *Handbook of Plant Nutrition*, Taylor & Francis Group, New York, ISBN 978-0-8247-5904-9
6. **BERGMANN, W., ČUMAKOV, A. (1977):** *Kľúč na určovanie porúch vo výžive rastlín*. Príroda Bratislava, 295 s.
7. **BITTMAN, S. (2004):** *Advanced silage corn management: a production guide to coastal British Columbia and the Pacific Northwest*. Agassiz, B.C: Pacific Field Corn Association. ISBN 09-685-0151-6.
8. **BUDŇÁKOVÁ, M., JACKO, K. (2012):** *Půda - situační a výhledová zpráva*, MZE Praha, 100 s., ISBN 879-80-7434-088-8
9. **BUJNOVSKÝ, R., VILČEK, J. (2008):** Právne, ekonomické a etické aspekty ochrany poľnohospodárskej pôdy - Legal, economic and ethical aspects of agricultural soil protection, Sborník: Piate pôdoznalecké dni, str. 67-74



10. **BUNDY, L. G. (1998):** *Corn fertilization*: University of Wisconsin Cooperative Extension Service Publication AA3340.
11. **CAMBERATO, J. J. (2001):** Nitrogen in soil and fertilizers. First published in the SC Turfgrass Foundation News, January-March, (8), 1: 6-10 s.
12. **CURRAN, W., LINGENFELTER, D. D. (2013):** *The agronomy guide: 2013-2014* [online]. The Pennsylvania State University, [cit. 2015-01-15]. Dostupné z: <http://pubs.cas.psu.edu/FreePubs/PDFs/agrs026.pdf>
13. **ČERNÝ, J., BALÍK, J., KULHÁNEK, M., VAŠÁK, F. (2010):** *Bilance živin v dlouhodobých hnojařských pokusech*, Sborník z konference: *Racionální použití hnojiv*, ČZU Praha 2010, ISBN 978-80-213-2118-2 s. 26-31
14. **DUARTE, A. P., MASON, S. C., JACKSON, D. S., de C KIEHL, J. (2005):** *Grain quality of Brazilian maize genotypes as influenced by nitrogen level*. Crop Science, 45(5), 1958-1964.
15. **FECENKO, J., LOŽEK, O. (2000):** *Výživa a hnojení polních plodin*. Nitra: SPU Nitra. ISBN 80-7137-777-5.
16. **FINK, A. (1991):** *Pflanzen-Ernährung in Stichworten*, 5. Auflage, 200 s.
17. **HANWAY, J. J. (1963):** *Growth stages of corn (Zea mays, L.)*. Agron. J. 55:487-492.
18. **HASSINK, J. (1992):** *Effects of soil texture and structure on carbon and nitrogen mineralization in grassland soils*. Biology and Fertility of Soils, 14(2), 126-134.
19. **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.

20. **HŘUŠKA et al. (1962):** *Monografie kukuřice*, SZN Praha, 916 s.
21. **HŮLA, J., ABRHAM, Z., BAUER, F. (1997):** *Zpracování půdy*. Praha: Brázda. ISBN 80-209-0265-1.
22. **HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. a kol. (2008):** *Minimalizace zpracování půdy: uplatněná certifikovaná metodika*. 1. vyd. Praha: Profi Press. ISBN 978-808-6726-281.
23. **JANDÁK, J., POKORNÝ, E., PRAX, A. (2010):** *Půdoznalství*, Skripta Mendelova univerzita v Brně, 3. Přepřacované vydání, 143 s., ISBN 978-80-7375-445-7
24. **KALABUS, T. (2015):** Uplatnění dusíkatého hnojení a plečkování při pěstování kukuřice seté. Diplomová práce, MZLU v Brně, 58 s.
25. **KLÍR, J., KUNZOVÁ, E., ČERMÁK, P. (2008):** *Rámcová metodika výživy rostlin a hnojení*, VÚRV 2008, 48 s. ISBN 978-80-87011-61-4
26. **KWS (2012):** *Kukuřice do kapsy*, kolektiv autorů KWS OSIVA s.r.o., Velké Meziříčí
27. **LAPČÍK, V. (2014):** *Uplatnění kapalného hnojiva DAM – 390 při hnojení kukuřice seté*. Bakalářská práce, MZLU v Brně, 49 s.
28. **LARSON, E. J., OLDHAM, J. R. (2008):** *Corn fertilization*. Mississippi State University Extension Service, [online]. [cit. 2015-01-11]. Dostupné z: <http://msucares.com/pubs/infosheets/is0864.pdf>
29. **LAUZON, J. D., MILLER, M. H. (1997):** *Comparative response of corn and soybean to seed-placed phosphorus over a range of soil test phosphorus* 1. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 28.3-5: 205-215.

30. **LEHOTSKÝ, J. (1984):** Agricultural production in relation to water resources, Sborník, ČSVTS Košice, s. 72 – 75
31. **LESÁK, R. (2012):** Oseva. Katalog kukuřice, 39 s.
32. **LOŠÁK, T., PROKEŠ, K., HLUŠEK, J. (2006):** *Uplatnění lokální aplikace hnojiva amofos při pěstování kukuře (Zea mays, L.)*, Agrochémia, 46, 1: s. 20-23.
33. **LOŠÁK, T. (2008):** Společné působení síry a dusíku ve výživě rožky seté a cibule kuchyňské, Habilitační práce, Mendelova univerzita v Brně 2008, 147 s.
34. **LOŠÁK, T., HLUŠEK, J., FILIPČÍK, R., POSPÍŠILOVÁ, L., MAŇÁSEK, J., PROKEŠ, K., BUŇKA, F., KRÁČMAR, S., MARTENSSON, A., OROSZ, F. (2010):** *Effect of nitrogen fertilization on metabolisms of essential and nonessential amino acids in field-grown grain maize (Zea mays L.)*, PLANT SOIL ENVIRON., 56, 2010 (12): s. 574–579
35. **LYNCH, J. P. (2013):** Steep, cheap and deep: an ideotype to optimize water and N acquisition by maize root systems. *Annals of botany*, mcs293.
36. **MADDONNI, G. A., OTEGUI, M. E., BONHOMME, R. (1998):** *Grain yield components in maize II. Postsilking growth and kernel weight*, *Field Crops Research* 56: 257–264.
37. **MCKAGUE, K., REID, K., SIMPSON, H. (2005):** *Environmental Impacts of Nitrogen Use in Agriculture*. Ontario, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
38. **MENGEL, K., KIRKBY, E. A. (2001):** *Principles of plant nutrition*. 5th ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, xvi, 849 p. ISBN 07-923-7150-X.
39. **MIAO, Y., MULLA, D. J., ROBERT, P. C., HERNANDEZ, J. A. (2006):**

*Within-field variation in corn yield and grain quality responses to nitrogen fertilization and hybrid selection.* Agronomy journal, 98(1), 129-140.

40. **MÍČA, B., VOKÁL, B. (1984):** Príspevok k problematike dynamiky dusíka v pôde. *Agrochémia*, 24, 1, 14–16.
41. **NAVRÁTIL, M. (2009):** *Pěstování kukuřice k energetickým účelům.* Diplomová práce, JU ZF České Budějovice. 57 s.
42. **NEVENS, F., REHEUL, D. (2001):** *Crop rotation versus monoculture; yield, N yield and ear fraction of silage maize at different levels of mineral N fertilization,*  
43. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 49: s. 405-425.
42. **PIŠANOVÁ, J., RŮŽEK, P. (2006):** *Uplatnění inhibitorů ureasy a nitrifikace při používání dusíkatých hnojiv,* s. 36 – 39, In Sborník z konference, **RŮŽEK, P., PIŠANOVÁ, J.:** *Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv,* VÚRV Praha, 47 s., ISBN 80-86555-96-8
43. **PLÉNET, D., LEMAIRE, G. (1999):** *Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Determination of critical N concentration.* *Plant and Soil*, 216(1-2), 65-82.
44. **PRJANIŠNIKOV, D. N. (1955):** *Agrochémia.* Sobrané spisy. Bratislava, SVPL.
45. **PROCHÁZKOVÁ, B. a kol. (2011):** *Význam a možnosti optimalizace struktury a střídání plodin v systémech hospodaření na půdě: uplatněná certifikovaná metodika.* V Brně: Mendelova univerzita. ISBN 978-80-7375-525-6.
46. **PROKEŠ, K. (2008):** *Výživa kukuřice v podmínkách bramborářské výrobní oblasti.* Doktorská disertační práce, MZLU v Brně, 170 s.
47. **PRUGAR, J. a kol. (2008):** *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí.* Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, 327s., ISBN 978-80-86576-28-2

48. **RATAJ, D. (2011):** Energetické využití kukuřice seté. Bakalářská práce, JU ZF České Budějovice 72 s.
49. **RICHTER, R., JURČÍK, F., BEČKA, J., RIKANOVÁ, J. (1988):** *Využití kejdy skotu a prasat k melioraci písčitých půd.* VŠZ Brno, 140 s
50. **RICHTER, R., HLUŠEK, J. (1999):** *Výživa a hnojení rostlin.* 1. vyd. Brno: MZLU, 1999, 187s. ISBN 80-7157-346-9.
51. **RICHTER, R., JURČÍK, F., BEČKA, J., RIKANOVÁ, J. (1988):** *Využití kejdy skotu a prasat k melioraci písčitých půd.* VŠZ Brno, 140 s
52. **RICHTER, R., HLUŠEK, J. (1994):** *Výživa a hnojení rostlin.* VŠZ Brno, 171 s.
53. **RICHTER, R., HLUŠEK, J. (2003):** *Půdní úrodnost.* ÚZ a PI, Praha, 44 s.
54. **RICHTER, R., RYANT, P. (2001):** Aktuální otázky výživy a hnojení kukuřice In.: Sborník ze semináře „Kukuřice“ 2001. ČZU Praha, MZLU Brno, 1–4 a 32–34
55. **RYANT, P., RICHTER, R., HLUŠEK, J., FRYŠČÁKOVÁ, E. (2003):** *Multimediální učební texty z výživy rostlin* [online]. [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: [www.af.mendelu.cz/ustav/221/multitexty](http://www.af.mendelu.cz/ustav/221/multitexty).
56. **RYANT, P., RICHTER, R., POULÍK, Z., HŘIVNA, L. (2004):** *Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin.* [online]. [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: [www.af.mendelu.cz/ustav/221/multitexty\\_2](http://www.af.mendelu.cz/ustav/221/multitexty_2)
57. **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)

58. **RYERS, R. S. R., BRANSON, R. L. (1973):** *Nitrates in the Upper Santa Ana river Basin in relation to groundwater pollution.* Berkley, Calif.
59. **SANCHEZ CH. A. (2007):** Phosphorus in **BARKER, A. V., PILBEAN, D. J. (2007):** *Handbook of Plant Nutrition*, Taylor & Francis Group, New York, ISBN 978-0-8247-5904-9
60. **SCHWAB, G. J., LEE, C. D., PEARCE, R., THOM, W. O. (2007):** *Sampling plant tissue for nutrient analysis*, Cooperative Extension Service, University of Kentucky – College of Agriculture
61. **SINGH, M., PAULSEN, M. R., TIAN, L., YAO, H. (2005):** *Site-specific study of corn protein, oil, and extractable starch variability using NIT spectroscopy.* Appl. Eng. Agric, 21, 239-251.
62. **SKLÁDANKA, J., DOLEŽAL, P., VYSKOČIL, I. (2011):** *Pícninářství a výroba krmiv.* Multimediální učební texty, AF MENDELU v Brně. Dostupné na [http://web2.mendelu.cz/af\\_222\\_multitext/picvk/index.php?N=6&I=1](http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picvk/index.php?N=6&I=1) (11. 3. 2016)
63. **SZULC, P., SKRZYPCZAK, W., WALIGÓRA, H. (2008):** *Improvement of the effectiveness of maize (Zea mays L.) fertilization with nitrogen by the application of magnesium.* Part I. Grain yield and its structure. Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura, 7.4.
64. **VACH, M., JAVŮREK, M. (2009):** *Ekologická optimalizace hlavních pěstitelských opatření pro polní plodiny*, Metodika pro praxi, VÚRV Praha, ISBN 978-807427-007-9
65. **VANĚK, V., BALÍK, J., NĚMEČEK, R., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P. (1998):** *Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny.* Farmář – zemědělské listy, 124 s. ISBN 80-902413-1-X.

66. **VANĚK, V., BALÍK, J., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P. (2007):** *Výživa polních a zahradních plodin*. Profi Press, 176 s.
67. **VANĚK et al. (2002):** *Výživa a hnojení polních a zahradních plodin*, Praha, 132 s., ISBN 80-902413-7-9
68. **VRZAL, J., NOVÁK, D. a kol. (1995):** *Základy pěstování kukuřice a jednoletých plodin*. Institut VV Mze ČR, Praha 1995.
69. **WELLS, K. L., SIMS, J. L., SMITH, M. S. (1986):** *Nitrogen in Kentucky soils*. AGR-University of Kentucky, Cooperative Extension Service (USA).
70. **XIE RUI-ZHI, DONG SHU-TING, HU CHANG-HAO, WANG KONG-JUN (2004):** *The Difference of Sulfate on Absorption and Utilization of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in Genotypes of maize (Zea mays L.)*, Journal of Maize Science, 2004, S2
71. **ZBÍRAL, J. (1994):** *Jednotné pracovní postupy. Analýza rostlinného materiálu*. ÚKZÚZ Brno.
72. **ZEMAN, L. (2006):** *Výživa a krmení hospodářských zvířat*, Profi Press, Praha, 360 s., ISBN 80-867-2617-7
73. **ZIMOLKA, J. et al. (2008):** *Kukuřice*, Profi Press, 199 s. ISBN: 978-80-86726-31-1

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

**Obr. 1:** *Vývojové fáze kukuřice (RICHTER, 2005)*

**Obr. 2:** *Vývoj odběru živin kukuřice během vegetace (VAŇEK 1997)*

**Obr. 3:** *Koloběh dusíku v přírodě (RYANT et al., 2005)*

**Obr. 4:** *Formy dusíku v půdě (RICHER a HLUŠEK, 2006)*

**Obr. 5:** *Odběr dusíku v průběhu růstu kukuřice (RICHTER a HLUŠEK, 1994)*

**Obr. 6:** *Příznaky deficiencie dusíku u kukuřice (MAŇÁSEK, 2013)*

**Obr. 7:** *Ukázka plečkování kukuřice (KWS, 2012)*

**Obr. 8:** *Pokusný pozemek Polání I (LPIS, 2016)*

**Obr. 9:** *Vymezení pokusu uvnitř zemědělské parcely (LAPČÍK, 2015)*

**Obr. 10:** *Poškození rostlin po aplikaci DAM 390 (LAPČÍK, 2015)*

**Obr. 11:** *Aplikace pokusných variant (LAPČÍK, 2015)*



## 9 SEZNAM TABULEK

**Tab. 1:** *Obsah přístupných živin a pH (AZZP)*

**Tab. 2:** *Průměrné teploty a srážky 1986 – 2015*

**Tab. 3:** *Schéma hnojení pokusu*

**Tab. 4 :** *Analýzy variance pro hmotnost rostlin v sušině v různých termínech*

**Tab. 5:** *Hmotnost sušiny celé rostliny v průběhu vegetace*

**Tab. 6:** *Analýzy variance pro hmotnost 15 listů pod primární palicí*

**Tab. 7:** *Hmotnost sušiny 15 listů pod primární palicí*

**Tab. 8:** *Analýzy variance pro výnos zrna*

**Tab. 9:** *Výnos zrna*

**Tab. 10:** *Obsah škrobu a HTS zrna*

**Tab. 11:** *Analýza variance pro obsah N v sušině rostlin v různých termínech odběru.*

**Tab. 12:** *Obsah dusíku v sušině celých rostlin v průběhu vegetace*

**Tab. 13:** *Analýza variance pro obsah N v listech pod primární palicí*

**Tab. 14:** *Obsah N v sušině listů pod primární palicí*

**Tab. 15:** *Ekonomická efektivnost hnojení*