

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta

Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin



**Účinek dělené aplikace dusíku na výnosové a kvalitativní
parametry silážní kukuřice**

Bakalářská práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Petr Škarpa, Ph.D.

Vypracoval:
Jaroslav Pajl

Brno 2017



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Jaroslav Pajl**

Studijní program: Agrobiologie

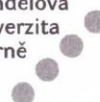
Obor: Fytotechnika

Název tématu: **Účinek dělené aplikace dusíku na výnosové a kvalitativní parametry silážní kukuřice**

Rozsah práce: 30-40 stran

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literárního přehledu na zadané téma
2. Založení vegetačního maloparcelkového pokusu se silážní kukuřicí na pokusné lokalitě Vatín dle zvolené metodiky
3. Vyhodnocení účinku aplikace N hnojiv dle zvolené metodiky na výnos a vybrané kvalitativní parametry produkce silážní kukuřice
4. Statistické zhodnocení výsledků maloparcelkového pokusu



Seznam odborné literatury:

1. JÁNSKÝ, J. – POLÁČKOVÁ, J. *Náklady, výnosy a rentabilita pěstování kukuřice*. In: ZIMOLKA, J. *Kukuřice : hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. s. 183–190. ISBN 978-80-86726-31-1.
2. Licencované databáze: Biological Abstracts (online)
3. Licencované databáze: CAB abstract (online)
4. Licencované databáze: SCOPUS (online)
5. Licencované databáze: Web of Science (online)

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2017




Jaroslav Pajl
Autor práce


doc. Ing. Petr Škarpa, Ph.D.
Vedoucí práce


doc. Ing. Petr Škarpa, Ph.D.
Vedoucí ústavu


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

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: “Účinek dělené aplikace dusíku na výnosové a kvalitativní parametry silážní kukuřice“ 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 a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, 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:.....

.....
podpis

Poděkování

Děkuji touto cestou vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Petru Škarpovi, Ph.D. za ochotu, pomoc, odborné rady a čas strávený při zpracování a hodnocení bakalářské práce. Dále děkuji firmě LIMAGRAIN za poskytnuté prostředky v rámci pokusu a také své rodině za materiální a psychickou podporu.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce bylo zjistit v jednoletém vegetačním maloparcelkovém pokusu výnosovou reakci kukuřice seté (*Zea mays* L.) odrůd LG 30.220 a LG 31.233 na dělenou aplikaci dusíku. Kromě výnosu byl dále zjišťován efekt hnojení na kvalitu silážní kukuřice. Experiment byl založen na pokusné stanici ve Vatíně, dusík byl aplikován ve 4 variantách: var. 1 - bez hnojení, var. 2 – 150 kg.ha⁻¹ při setí, var. 3 – 50 kg.ha⁻¹ při setí a 100 kg.ha⁻¹ ve fázi V8, var. 4 – 100 kg.ha⁻¹ při setí a 50 kg.ha⁻¹ ve fázi V8. Anorganické rozborů rostlin charakterizující vliv hnojení na růst a vývoj porostu kukuřice byly provedeny z odběrů rostlin v termínech 6. 6. 2016 a 17. 7. 2016. Po sklizni byl hodnocen výnos zelené hmoty, výnos suché hmoty, produkce sušiny, hodnota NEL a stravitelnost organické hmoty.

Faktory hybridu a hnojení dusíkem se pozitivně projeví na výnosu zelené hmoty kukuřice. Průkazný vliv dělené aplikace dusíku byl prokázán pouze na produkci suché hmoty hybridu LG 30.220. Sušina sklizené hmoty kukuřice, stravitelnost organické hmoty a ani netto energie laktace se mezi sledovanými hybridy průkazně nelišily. Ze sledovaných kvalitativních parametrů byla dělenou aplikací dusíku signifikantně ovlivněna pouze stravitelnost organické hmoty.

Klíčová slova: kukuřice, dělená aplikace dusíku, dusík, výnos, sušina, stravitelnost organické hmoty, NEL

Abstract

The aim of the bachelor thesis was to find out in a one-year small land parcel vegetation experiment the yield reaction of maize (*Zea mays* L.) varieties LG 30.220 and LG 31.233 on split nitrogen application. In addition to the yield, the fertilizer effect on the quality of silage maize was investigated. The experiment was based on the experimental station in Vatín, nitrogen was applied in 4 variants: var. 1 - without fertilizing, var. 2 - 150 kg.ha⁻¹ when sowing, var. 3 - 50 kg.ha⁻¹ when sowing and 100 kg.ha⁻¹ in phase V8, var. 4 - 100 kg.ha⁻¹ for sowing and 50 kg.ha⁻¹ for V8 phase. Inorganic plant analyzes characterizing the influence of fertilization on maize growth and development were made from plant withdrawals on 6 June 2016 and 17 July 2016. After harvest following indicators were evaluated such as green harvest yield, dry substance yield, dry matter yield, NEL value and organic matter digestibility.

Hybrid factors and nitrogen fertilization were positively reflected in the yield of corn green. The probative effect of split nitrogen application was demonstrated only on dry mass production of hybrid LG 30.220. The dry matter of maize harvested, the digestibility of organic matter and the net energy for lactation did not differ significantly among the hybrids studied. From the monitored qualitative parameters, only the digestibility of the organic matter was significantly affected by the split nitrogen application.

Key words: maize, split application nitrogen, nitrogen, yield, dry matter, digestibility of organic matter, NEL

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
2.1	Pěstování kukuřice v ČR.....	11
2.2	Botanická charakteristika	11
2.3	Anatomie a morfologie	13
2.3.1	Vegetativní orgány.....	13
2.3.2	Generativní orgány	14
2.4	Růstové a vývojové fáze kukuřice	15
2.5	Nároky a požadavky na prostředí.....	18
2.6	Dusík	20
2.6.1	Dusík v půdě	20
2.6.2	Funkce dusíku v rostlině	24
2.6.3	Nedostatek dusíku.....	25
2.6.4	Nadbytek dusíku	26
2.6.5	Hnojení kukuřice dusíkem	26
3	CÍL PRÁCE	29
4	MATERIÁL A METODIKA.....	30
4.1	Polní pokus.....	30
4.2	Anorganický rozbor rostlin	34
4.3	Výnosové parametry	35
4.4	Kvalitativní parametry	35
4.4.1	Metodika stanovení sušiny.....	35
4.4.2	Metoda NIR	35
4.5	Statistické zpracování dat.....	35
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	36
5.1	Anorganický rozbor rostlin	36
5.1.1	Vliv hnojení na hmotnost rostlin	36
5.1.2	Obsah dusíku v rostlině a jeho odběr.....	38
5.2	Výnosové parametry silážní kukuřice	40
5.2.1	Výnos zelené a suché hmoty.....	40
5.3	Kvalitativní parametry silážní kukuřice	42
5.3.1	Sušina.....	42

5.3.2	Stravitelnost organické hmoty	44
5.3.3	Netto energie laktace (NEL)	46
6	ZÁVĚR	48
7	LITERATURA	49
8	SEZNAM PŘÍLOH	61

1 ÚVOD

Kukuřice setá (*Zea mays* L.) byla pěstována již v nejstarších mexických a peruánských kulturách, do Evropy se dostala až po objevení Ameriky. Dnes je považována za jednu z nejdůležitějších plodin ve výživě lidí společně s pšenicí a rýží. Velmi důležité postavení má také v krmení hospodářských zvířat, kde je považováno za nejdůležitější energetické krmivo. Zkrmuje se celoročně a často tvoří až 50 % sušiny krmné dávky skotu. Velmi důležitou roli zastává také v energetickém průmyslu.

Silážní kukuřice patří mezi náročné rostliny na živiny, z makroprvků odebírá největší množství dusíku, draslíku a fosforu, z mikroprvků pak manganu a zinku. Dusík je hlavní součástí bílkovin (15-18,9 % N), které jsou obsaženy hlavně v mladých orgánech, dělivých pletivech, enzymech, nukleoproteidech a dalších, které se podílejí na růstu rostliny, tvorbě nejdůležitějších orgánů a celkové biomasy. Dále je součástí kyseliny ribonukleové, která je přenašečem genetické informace v RNA a nukleotidů (ribosy, purinové a pyrimidové báze). Nezastupitelný je také v chlorofylu, kde společně s hořčíkem tvoří složité organické sloučeniny.

Díky neustále rostoucím nákladům na hnojiva jsou dnes využívány různé metody hnojení, které mají zabránit ztrátám živin při dosažení maximálního výnosu a jeho kvality. Jednou z možností, jak zvýšit efektivitu dusíkatého hnojení u kukuřice je jeho dělená aplikace. Jedná se o optimalizaci dávky tohoto prvku v termínech, kdy je rostlina potřebuje nejvíce. Zamezuje tak ztrátám dusíku pomocí půdních elementů (vyplavování, denitrifikace) v počátku vegetačního období, kdy jsou nároky na živiny nízké. Snižování těchto aspektů vede následně k snížování emisí plynů N_2O a N_2 , čímž se zamezuje únik do životního prostředí.

Cílem předložené práce je ověření účinku dělené aplikace dusíku na výnos a kvalitu vybraných hybridů silážní kukuřice.

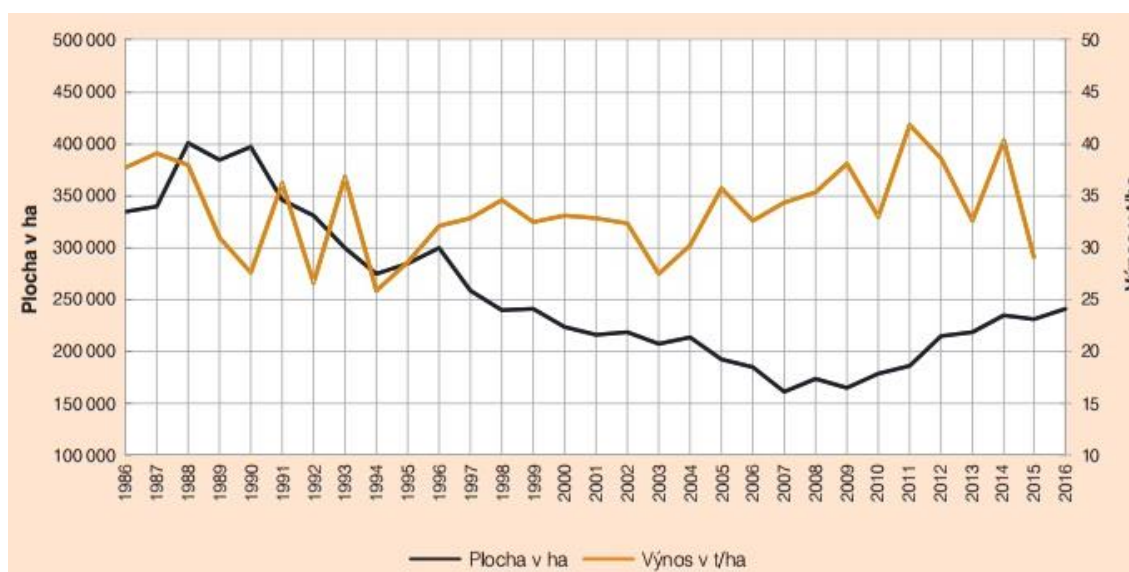
2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Pěstování kukuřice v ČR

Kukuřice je v současnosti naše nejvýznamnější jednoletá pícnina. Hlavní produkcí kukuřice je kukuřice na siláž (Skládanka 2014). Většina podniků ji využívá jako základ krmné dávky skotu, nebo pro produkci obnovitelných zdrojů energie (Plíštil, Malat'ák 2004).

U nás se pěstování kukuřice rozšířilo na začátku 20. století společně se zaváděním hybridního osiva. Až na výjimky se u nás rozšířily dva směry a to: kukuřice na siláž a kukuřice na zrno. Postupem času se začaly také rozšiřovat směry obnovitelných zdrojů energie nebo ve výživě hospodářských zvířat (Zimolka et al. 2008a). V letech 2007 až 2009 je možné vidět zlom ve snižování ploch kukuřice, kdy do dnes přetrvává naopak jejich nárůst, jak ukazuje graf 1 (ÚKZÚZ 2016).

Graf 1: Růst a klesání ploch silážní kukuřice a její průměrný výnos (ÚKZÚZ 2016).



2.2 Botanická charakteristika

Botanický systém ji řadí jako jednoletou, jednodomou, různopohlavní, typu rostlin diklinických s prašníkovými a pestíkovými květy uspořádaných do oddělených květenství (Moudrý, Jůza 1998). Podle Diviše et al. (2010) se jedná o cizosprašnou rostlinu čeledi lipnicovitých (Poaceae). Většina skupin se dělí do nižších botanických skupin podle tvaru nebo barvy zrna takzvaných variet (Zimolka et al. 2008a).

Kukuřice obecná - tvrdá (*Zea mays* convar. *indurata* Sturt., syn. *Z. m.* convar. *vulgaris* Körn.). Zrno je tvrdé, lesklé a kruhovitě. Má měkký a škrobovitý endosperm (Kopáčová 2007), který je obalen tvrdou vnější vrstvou. Patří sem odrůdy ranější s rychlejším růstem a vývojem v počátečním stádiu (Zimolka et al. 2008a).

Kukuřice koňský zub (*Zea mays* convar. *indentata* Sturt., syn. *Z. m.* convar. *dentiformis* Körn.). Má klínovitý tvar s malou jamkou nahoře (Belej et al. 1982). Je sklovitá a tvrdá, endosperm je měkký a moučný. Jedná se o pozdnější druh než kukuřice obecná, ale výnosy podává větší (Hruška 1962, Zimolka et al. 2008a). Většina dnešních hybridů vznikla z koňského zubu a kukuřice obecné (Schlegel 2010). Hospodářsky se jedná o nejdůležitější convarietu (Kopáčová 2007).

Kukuřice polozubovitá (*Zea mays* convar. *aorista* Grebencsc., syn. *Z. m.* *semidentata* Kulesh.). Jedná se o křížence kukuřice obecné a kukuřice koňského zubu. Je to přechodná forma mezi těmito varietami (Belej et al. 1982, Kopáčová 2007, Schlegel 2010). Jeho endosperm je moučnější než u koňského zubu (Schlegel 2010).

Kukuřice pukancová – praskavá (*Zea mays* convar. *evarta* Stur., syn. *Z. m.* convar. *microsperma* Körn., Grebencsc.). Tvoří velmi drobné zrno, podle typu zrna se dále dělí na rýžovou (se zobákovitě ukončeným, téměř průhledným zrnem) a perlovou (zrno zakulacené, hladké a lesklé). Pražením zrno praská a má vysokou výživovou hodnotu. Její hlavní využití je na popcorn (Hruška 1962, Kopáčová 2007, Zimolka et al. 2008a).

Kukuřice cukrová (*Zea mays* convar. *saccharata* Sturt.). Má charakteristický vrásčitý endosperm, který je složen z glycidů rozpuštěných ve vodě (amylodextrin). Její hlavní využití je k vaření, konzervování a přípravě salátů (Belej et al. 1982). Pro potravinářské účely se sklízí ve voskové zralosti (Schlegel 2010).

Kukuřice vosková (*Zea mays* convar. *ceratina* Grebencsc., Kulesh.). Je kukuřice se zrny, které mají voskovitý vzhled (Kopáčová 2007). Vzhledem i tvrdostí se podobá kukuřici obecné (Schlegel 2010).

Kukuřice škrobnatá (*Zea mays* convar. *amylacea* Sturt., Mont., Grebencsc., syn. *Z. m.* convar. *macrosperma* Klobsch.). Zrno má nízký obsah bílkovin a vysoký obsah škrobu (Belej et al. 1982, Petr, Húska et al. 1997). Používá se k výrobě škrobu, nebo k výrobě lihu (Belej et al. 1982, Kopáčová 2007). Zrno má moučný endosperm.

Kukuřice pluchatá (*Zea mays* var. *tunicata* St. Hill, syn. *cryptosperma* Bonaf, syn. *glumacea* Larranaga). Hospodářsky nevýznamná, převážně využívaná k botanickým

a genetickým studiím. Od ostatních rostlin kukuřice se liší tím, že má zrno uzavřené ve zvětšených pluchách (Zimolka et al. 2008a).

2.3 Anatomie a morfologie

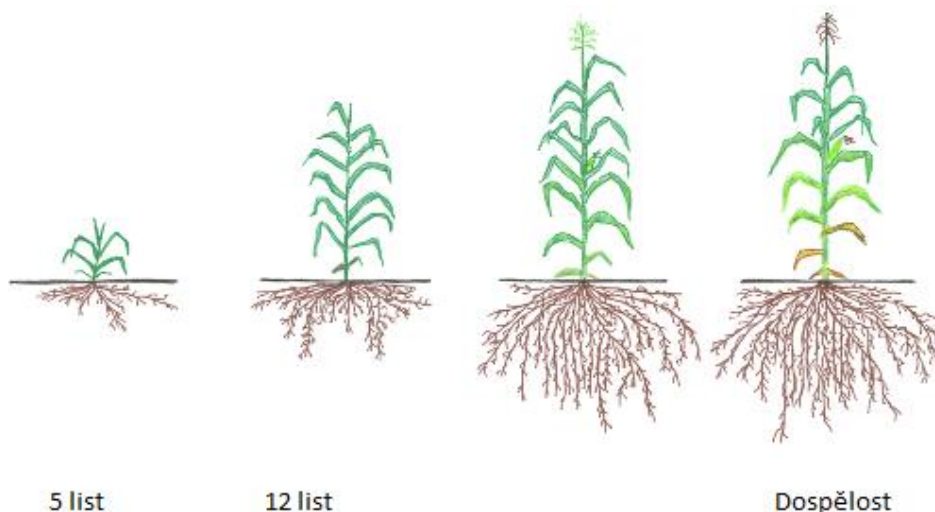
2.3.1 Vegetativní orgány

2.3.1.1 Kořeny

Kukuřice má bohatě větvený a jemný svazčitý kořenový systém. Provazčité kořeny pronikají poměrně hluboko do půdy a celková délka kořene bez kořenových vlásků je dle stanovištních podmínek 1,5–3 i více metrů, díky čemuž zajišťují dobré zásobování vodou a živin i z větších hloubek (Sapkota 2012). Většina kořínků je ovšem položena v mělké orniční vrstvě zhruba do 20 cm a kolem stébla v okruhu jednoho metru (Hruška 1962, Zimolka et al. 2008a).

Rostliny vysoké okolo 10–20 mm mohou mít kořeny dlouhé až 300 mm (Šantrůček et al. 2001). Kukuřice zakořeňuje do hloubky 300–400 mm již v době mezi druhým a třetím listem, což je zhruba 4 týden po vzejití (Šantrůček et al. 2001, Zimolka et al. 2008a). Kromě adventivních kořenů může kukuřice vytvořit i nadzemní vzdušné kořeny. Tyto kořeny slouží jako opora a chrání rostlinu před poléháním. V případě dostatečně kypré půdy slouží kořeny také jako zdroj vody a to zvláště v době přívalových dešťů (Šašková 1993). Nejsilnější a nejhojnější bývají u vysoko vzrůstných pozdních odrůd a za vlhkého počasí (Zimolka et al. 2008a). Rozdíl velikosti kořenů ve 12 listu a v dospělosti je patrný na obrázku 1.

Obr. 1: Vzdělání kořenového systému v průběhu vývoje (University of California)



2.3.1.2 Stéblo

Kukuřice má vzpřímené dužnaté stéblo, které je na povrchu hladké (Šantrůček et al. 2001, Zimolka et al. 2008a). Dosahuje do výšek od 100 až 300 centimetrů, výjimečně může i více a také slouží jako zásobní orgán kukuřice (Šašková 1993). Dále spojuje listy a kořeny (Petr et al. 1997). Počet nadzemních kolének je podmíněn délkou vegetační doby a stanovištním podmínkám. U dnešních druhů kukuřice to bývá mezi 11 až 15. Z každého kolénka vyrůstají vstřícné listy a vytváří tak dvě svislé řady. Stéblo je vyplněno dřevem a udržuje tím pevnost. Výška stébela může působit jako ukazatel ranosti hybridu, živin v půdě, obsahu vody nebo vhodnosti stanoviště. Stéblo může denně narůst v optimálních podmínkách zhruba 12 až 15 cm (Hruška 1962, Zimolka et al. 2008a).

2.3.1.3 List

Listy kukuřice jsou dlouhé 30–100 cm, široké 1,5–12 cm a kopinaté (Hruška 1962), jsou protilehlé a přirůstají na stéblo ve dvou svislých řádech. Spodní část listu tvoří tvrdou a pevnou pochvu obklopující stéblo. V místě, kde se čepel spojuje s pochvou, na svrchní straně vyrůstá jazýček, který objímá celé stéblo (Petr 1997). Žlábkovité a šikmo vzhůru postavené listy umožňují kukuřici zachytávat i menší srážky a odvádět je ke kořenům. Listy jsou pokryty mnoha průduchy. Od spodu roste listová plocha až ke čtvrtému listu a po té se opět zmenšuje směrem k vrcholku rostliny. Největší intenzita růstu listů je při teplotě okolo 20 stupňů Celsia, což je období konce května a začátku července (Hruška 1962, Zimolka et al. 2008a). Počet listů je závislý na odrůdě a ranosti hybridu. Rané hybridy tvoří okolo 8–10 listů, pozdní tvoří 24 a více (Diviš et al. 2010).

2.3.2 Generativní orgány

2.3.2.1 Květy a květenství

Podle Hrušky (1962) a Zimolky et al. (2008a) se květenství značně liší od jiných lipnicovitých druhů. Květy jsou různopohlavní, jednodomé, sestavené do klásků. Samčí prašníkové květy tvoří klásky a jsou uspořádané do latic, samičí pestíkové květy tvoří palice (Šantrůček et al. 2001). Lata se nachází na vrcholku rostliny a palice vyrůstají z úžlabí listů ve střední části rostliny (Římovský et al. 1989). Lata je tvořena hlavní

větví a vedlejšími větvemi, které se mohou dále na velkých květenstvích ještě jednou větvit (Hruška 1962, Zimolka et al. 2008a).

Kukuřice je větrosprašná rostlina a pyl se přenáší pomocí větru. Jelikož při domestikaci ztratila schopnost rozmnožování pomocí uvolňování semen, stalo se její rozmnožování zcela odkázané na lidskou práci (Smith et al. 2004).

2.3.2.2 Plod

Plod kukuřice je nažka. Nažka je suchý a jednosemenný plod s tenkým oplodím, který je nepukavý (Zimolka et al. 2008a). Zrna mají velkou HTS, která se pohybuje v rozmezí 50 až 800 g avšak většinou kolem 300 g (Moudrý, Jůza 1998). U některých druhů jsou semena hustě uspořádaná, proto jsou zploštělá, u jiných jsou uspořádány volně a získávají kulovitý tvar. Tvar ovlivňuje i umístění na palici. Na bázi jsou okrouhlejší a ve střední části zploštělejší (Zimolka et al. 2008a).

2.4 Růstové a vývojové fáze kukuřice

V současné době vyhovuje ještě stále dnešním potřebám stupnice podle Kupermanové, která rozlišuje individuální vývoj podle diferenciacce vegetačního vrcholu od vyklíčení po zralost rostlin na 12 etap ontogeneze. Praktičtější se ale jeví rozdělení růstové a vývojové fáze na vegetativní (klíčení, vzcházení a odnožování) a generativní (sloupkování, metání, kvetení, tvorba zrna a zrání). Díky tomu se přesněji definují růstové fáze a pomocí stupnice se optimalizují vstupy agrotechniky do porostu. V dnešní době se využívají hlavně stupnice DC a BBCH jak prezentuje tab. 1 (Zimolka et al. 2008a).

Tab. 1: Stupnice BBCH (Zimolka et al. 2008a).

Kód BBCH	Popis	Kód BBCH	Popis
00	suché semeno, výsev	65	samičí květenství: plný květ (horní a dolní větve laty kvetou)
01	počátek bobtnání		
03	konec bobtnání		
05	objevení se kořínku		
07	objevení se koleoptile ze semene	67	samičí květenství: nitky blizen zcela vysunutě
09	vzcházení – koleoptile proniká nad povrch půdy	69	konc kvetení, blizny zcela zaschlé
		71	začátek tvorby obilek, obilky jsou patrné, obsah vodnatý (přibližně 16% sušiny)
10	1. list vystupuje z koleoptile	73	časná mléčná zralost
11 – 19	1. – 9. list vyvinutý, pokračuje tvorba dalších listů		
30	počátek prodlužovacího růstu	75	mléčná zralost, zrna ve středu palice jsou žlutobílá, obsah mléčný (přibližně 40% sušiny)
31 – 39	1. – 9. kolénko patrné, pokračuje tvorba dalších kolének	79	dosažení konečné velikosti zrna příslušné konvariety a odrůdy
51	počátek metání lat (lata dobře viditelná na pochvě)		
53	špička laty viditelná		
55	střed metání: lata úplně viditelná, rozvíjí se střední větvelaty		
59	konec metání (dolní větve laty jsou úplně rozvinuté)	85	vosková (silážní) zralost, zrna žlutavá až žlutá, těstovití konzistence, sušina asi 55%
61	samčí květenství: začátek květu (střední prostředních větví laty kvetou) samičí květenství: objevují se špičky palic v listových pochvách		
63	samčí květenství: počátek prášení pylu samičí květenství: viditelné špičky blizen	87	fyziologická zralost (černá skvrna v oblasti klíčku), sušina zrna asi 60%
		89	plná zralost, zrna tvrdá, lesklí, sušina zrna okolo 75%
		97	rostlina odumřela
		99	sklizňová zralost

Vývojové fáze kukuřice jdou rovněž dělit na části vegetativní a generativní, jak uvádí obrázky 2 – 15 (Pioneer), se kterou se setkáváme hlavně v zahraničních zdrojích.

Obr. 2 – 15: Růstové fáze rozdělené na vegetativní a generativní (Pioneer).



1. VE - V1

Vzcházení – 1. list



2. V3

Třetí list



3. V6

Šestý list



4. V9

Devátý list



5. V12

Dvanáctý list



6. V15

Patnáctý list



7. V18

Osmnáctý list



8. VT

Vznik laty



1. R1

Objevení blizen



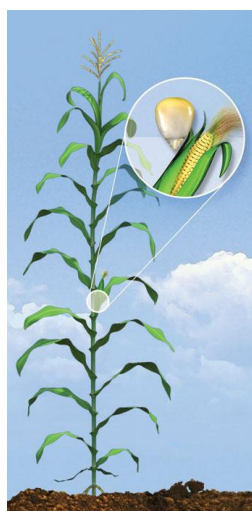
2. R2

Začátek vývoje zrn



3. R3

Mléčná zralost



4. R4

Vosková zralost



5. R5

Plná zralost



6. R6

Fyziologická
zralost

2.5 Nároky a požadavky na prostředí

Podle Prokopa et al. (2000) se jedná o jedinou kulturní plodinu s fotosyntetickým systémem C4 pěstovanou na území České republiky. Kukuřice je teplomilná rostlina a využívá k fixaci CO₂ v rámci fotosyntézy Hatch-Slackův cyklus. Název C4 je odvozen od první organické sloučeniny oxalacetát, která má v molekule čtyři uhlíky. Dochází zde k nižším ztrátám při fotorespiraci, ale vyžaduje více energie ve formě záření a tepla (Skládanka et al. 2014). Díky výše uvedenému je pro ně charakteristická

zvýšená fotosyntéza, tedy přeměna světelné energie na energii chemických vazeb a nižší transpirace v porovnání s C3 rostlinami (Kincl, Krpeš 2000).

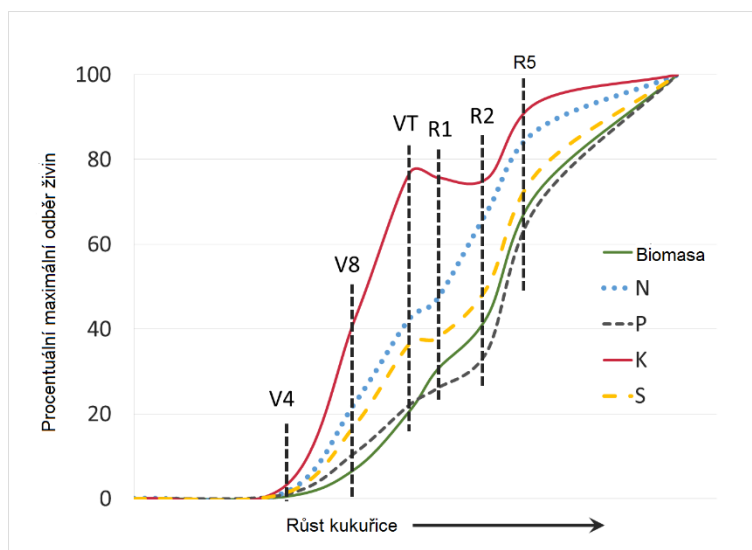
Doba potřebná pro klíčení je 7–10 dní. Při optimálních podmínkách může vzejít za 4–5 dní (Belej 1982). Minimální teplota, při které je schopná klíčit, je 6 °C (Zimolka et al. 2008a). Vegetativní orgány se začínají tvořit při teplotě 10 °C a generativní při teplotě 12 °C (Skládanka 2006). Optimální teplota pro tvorbu vegetativních orgánů je 20 °C, pro klíčení je mezi 25–28 °C a pro kvetení 28–30 °C. (Šroller et al. 1997). Nedosahují-li teploty během vegetace 16 °C, středně rané a pozdní hybridy často nezakvétají (Skládanka 2006).

Ideální půdy jsou středně těžké až těžké s pH 5,6–7. Z hlediska agrotechniky vykazuje kukuřice vlastnosti okopaniny, a proto se ji doporučuje hnojit organickými hnojivy (Richter et al. 2005).

Na začátku má kukuřice pomalý růst, a proto odebírá málo živin. První měsíc odčerpá zhruba 3,3–5,6 kg.ha⁻¹ N, stejné množství přijme za jeden den před mléčnou zralostí (Richter Hlušek 1999). Při výšce rostlin 40–50 cm odčerpá porost kukuřice zhruba 35 kg N, 4 kg P, 40 kg K, a 3 kg Mg (Vaněk et al. 2007). Než se na rostlině objeví lata, přijme rostlina až 75% všech živin, jak můžeme pozorovat na obrázku 16 (Heard, 2006).

Kukuřici se také doporučuje hnojit sírou, která je nezbytná pro tvorbu aminokyselin se sírou, které jsou nezbytné pro tvorbu bílkovin (Richter et al. 2005). Potřebu živin uvádí tabulka 1 (Jacobsen et al. 2005), kde je dávka potřebná pro produkci 1t sušiny.

Obr. 16: Procentuální odběr živin v průběhu celé vegetace (Heard, 2006)



Tab. 2: Potřeba živin pro 1 t.ha⁻¹ sušiny silážní kukuřice (Jacobsen et al. 2005)

Produkt	kg.t ⁻¹ sušiny						g.t ⁻¹ sušiny			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	Cu
Silážní biomasa	13,6	5,6	21,4	2,6	2	2	2,5	30,6	148,8	4,7

Při výběru odrůdy a její vhodnosti do daných půdně klimatických podmínek zohledňujeme číslo ranosti FAO, která vyjadřuje její ranost. U nás pěstované hybridy mají FAO mezi 180–400. Čím je číslo nižší, tím je i odrůda ranější a má tak i kratší vegetační dobu. Hodnota se vypočítává podle sušiny v době zralosti v porovnání s kontrolními odrůdami (Skládanka et al. 2014). Odchylka v obsahu sušiny o 1 % odpovídá přibližně 10 jednotkám FAO (Zimolka et al. 2008a, Skládanka et al. 2014).

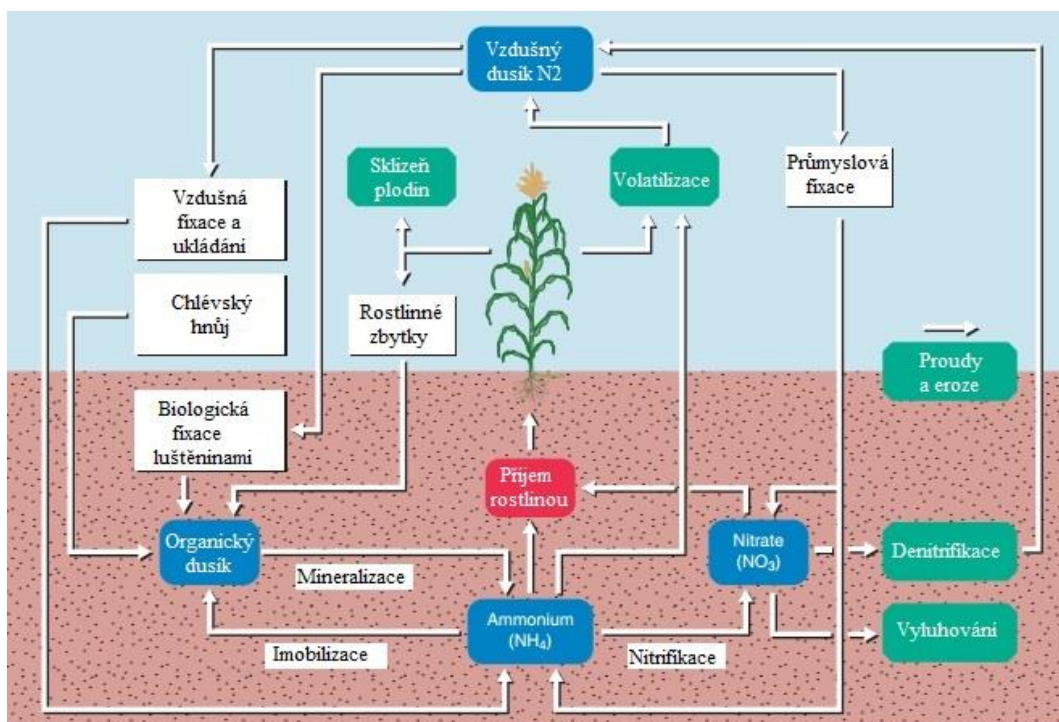
Suma efektivních hodnot (SET) slouží k optimálnímu termínu sklizně v daném roce podle průběhu počasí (Skládanka et al. 2014). Při výpočtu SET se berou v úvahu pouze teploty mezi 6–30 °C, protože pod 6 °C se růst kukuřice zastavuje a nad 30 °C již nezrychluje. V případě teploty pod 6 °C se proto zapisuje 0 a v případě nad 30 °C se zapisuje 30 (Zimolka et al. 2008a, Skládanka et al. 2014). Zimolka et al. (2008a) uvádějí, že se u silážních hybridů pohybuje SET v ČR v rozmezí 1350 °C (nejranější hybridy) až 1650 °C (pozdní hybridy).

2.6 Dusík

2.6.1 Dusík v půdě

Z celkového obsahu dusíku v půdě představuje cca 98–99 % dusík vázaný v organických sloučeninách. Jsou to hlavně rostlinné a živočišné zbytky, humínové kyseliny, fulvokyseliny, humíny a jiné. Jelikož je dusík vázaný v organických sloučeninách pro rostliny nedostupný, jeho zpřístupňování pro rostliny se děje procesem mineralizace. Vzniklé minerální formy dusíku, tedy NH₄⁺ a následně NO₃⁻ slouží jako hlavní zdroj N pro rostliny (obr. 17). V ornici je průměrný obsah dusíku mezi 0,11–0,23 % (Zehnálek et al. 2006) a z tohoto množství je podle Černého et al. 1997) a Vaňka et al. (2007) ve formě minerálního dusíku okolo 5–10 % z celkového dusíku v ornici vrstvě. Podle závislosti na půdním typu se za vegetační období zpřístupní mineralizací 90–200 kg.ha⁻¹ N (Zehnálek et al. 2006).

Obr. 17: Cyklus dusíku (Fernández, et al. 2012)



Dusík v půdě podléhá mnoha přeměnám. Jak již bylo výše uvedeno, organické látky jsou rozkládány vlivem biologické činnosti v půdě v procesu mineralizace (Barker 2011). **Mineralizace** je proces, jehož rychlost závisí na mnoha faktorech. Mezi hlavní faktory náleží teploty (optimální 30 °C, při 10 °C klesá až o 50 %, při 0 °C se téměř zastavuje), kyselost půdy, obsah vody a provzdušnění (Maier et al. 2000). Rychlost rozkladu může být 142 až 814 kg.ha⁻¹ N za rok, což je zhruba 1,2–7,4 % veškerého organického dusíku (Procházka et al. 1998).

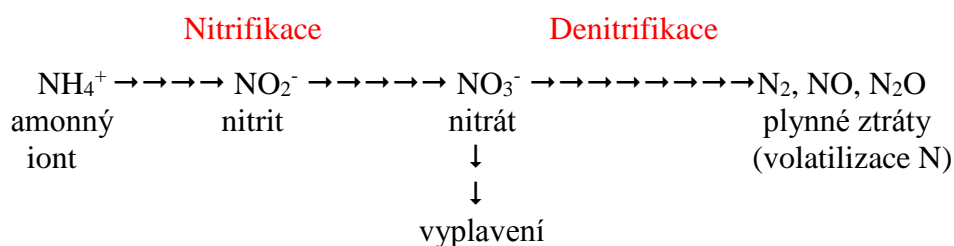
Složitější organické látky (např. polypeptidy) jsou postupným rozkladem přeměňovány na peptidy až aminokyseliny, jednodušší dusíkaté látky, jako právě aminokyseliny, amidy, aminocukry, organické látky biomasy odumřelých mikroorganismů a ty podléhají v půdě **amonizaci** za produkce NH₄⁺. Dusík produkovaný mineralizací je vhodným zdrojem pro mikroflóru a je rovněž využíván rostlinami (Vaněk et al. 2007).

Na produkci amonné formy dusíku navazuje proces **nitrifikace**, jako oxidace NH₄⁺ přes dusitan (NO₂⁻) na dusičnan (NO₃⁻), jak můžeme vidět na obrázku 18. Přeměna dusitanů na dusičnany probíhá rychle (podle Neuberga (1998) ve vegetačním období za 14–21 dní), takže se dusitan zřídka hromadí, což je důležité, protože dusitan je toxický pro rostliny. NH₄⁺ může podléhat denitrifikaci, kdežto u NO₂⁻ a NO₃⁻ tento proces nastat

nemůže, proto se snažíme této přeměně zabránit mimo vegetační období, např. hnojením těsně před setím, nebo v průběhu vegetace (Fernández, et al. 2012). Nitrifikace je podobně jako mineralizace velmi závislá na vnějších podmínkách. Intenzivnější je v půdě teplé, vlhké a dobře provzdušněné. Při teplotě půdy pod 5 °C téměř ustává (Lamb et al. 2014). Nejvyšší pak bývá při teplotě 25–30 °C (Bizik 1989). Ideální prostředí je slabě kyselé až mírně alkalické (Vaněk 2007). Vzniklý nitrát je živinou rostlinám velmi dobře přijatelnou, díky zápornému náboji je rovněž snadno vyplatitelný. Vertikálním pohybem se dostává do hlubších vrstev půdy, kde podléhá denitrifikaci (Barker, Pilbeam 2015).

Denitrifikace je postupná redukce NO_3^- přes NO_2^- až na elementární dusík ve fakultativně anaerobních podmínkách (Bremner 1997). Jedním z meziproductů je také oxid dusný, který přispívá k zúžení ozónové vrstvy (Conrad 1996). Denitrifikace se provádí pomocí bakterií (Fernández et al. 2012) a může být biologická i chemická (Richter et al. 2007). Podmínkou denitrifikace je nedostatek kyslíku v půdě, přítomnost nitrátů, dostatek lehce rozložitelných organických látek, teplot cca 25 °C a vhodné pH, které se pohybuje v rozmezí 3,8–8,2 s optimem na hodnotě 7 (Ha et al. 2015). Množství denitrifikace závisí především na tom, jak dlouho je půda nasycená vodou, teplotě půdy, nebo zda je povrch plně nasycen v druhé polovině podzimu nebo brzy na jaře. Menší ztráty budou v druhé polovině podzimu, neboť dusík je ještě ve formě NH_4^+ a půda je chladná, proto nejsou denitrifikační procesy ve velké míře aktivní (Fernández et al. 2012). Denitrifikací mohou nastat značné ztráty dusíku, proto zamezujeme většímu množství NO_3^- v půdě mimo vegetační období. To můžeme dosáhnout napřed hnojením společně se setím, nebo přihnojováním v průběhu vegetace (Vaněk et al. 2007).

Obr. 18: Nitrifikace a denitrifikace dusíku (Richter et al. 2007)



Další významnou přeměnou dusíku v půdě je **volatilizace**, jedná se o ztrátu dusíku z půdy způsobená těkáním amoniaku. Ztrácí se z povrchu nebo z vrchních vrstev půdy. Ovlivňují ji hlavně teplota (čím vyšší teplota, tím vyšší volatilizace), vlhkost (čím nižší, tím vyšší volatilizace), provzdušnění (zvýšená při anaerobních podmínkách), pH (aktivní při alkalické pH) atd. (Černý et al. 2011). Nejčastěji dochází k volatilizaci po hnojení močoviny, hnoje, kejdy a močůvky, které nejsou ihned zapraveny do půdy (Šimek 2003). Ztráty dusíku mohou činit až 25 % avšak většinou se pohybují okolo 5 % z aplikované dávky (Bielek 1984).

Podle Úlehlové (1989) je za velmi významný proces související s koloběhem půdního N též považovaná biologická **fixace atmosferického dusíku**, (redukce N_2 na NH_4^+ pomocí bakterií). Fixace vzdušného dusíku je proces, který zajišťují volně žijící půdní bakterie (nesymbiotická fixace N), převážně *Azotobacter* a *Clostridium* (Richter et al. 2004). energii získávají z kořenových výměšků (Šroubková 1990). Symbiotickou fixací dusíku zabezpečují mikroorganismy žijící v symbióze s kořeny vybraných druhů rostlin (např. *Rhizobium*), kteří využívají energii získanou z fotosyntézy hostitelských rostlin (Richter et al. 2004).

Kromě výše uvedeného významného zdroje půdního dusíku patří mezi jeho další vstupy do půdy dusík získaný Nebiologickou fixací. Jedná se o vstup dusíkatých sloučenin do půdy bez spoluúčasti živých organismů. Mohou to být bouřkové výboje, antropogenní emise a imise (Úlehlová 1989).

Hnojení N - minerální a organické – Nejčastěji se kukuřice hnojí z organických hnojiv chlévským hnojem, optimálně v dávce 30–40 t.ha⁻¹. Další organická hnojiva, které kukuřice dobře snáší, jsou kejda a močůvka (Richter et al. 2005). Minerální dusíkatá hnojiva mají vyšší účinnost na výnos, vhodné je použít z granulovaných močovinu (46 % N), ledek amonný s vápencem (27 % N) nebo kombinované hnojivo NPK (12–19–19). V případě kapalných se využívá DAM – 390, který je možné aplikovat společně s herbicidy (Vrba, Huleš 2007).

Fixace amonného dusíku nevýměnnou fyzikálně chemickou sorpcí. – Pevněji než výměnnou sorpcí (fixací) mohou být v půdě sorbovány ionty některých živin (NH_4^+ , K^+). Jedná se o ireverzibilní (nevratnou) absorpci kationtů některými složkami půdy. Touto fixací podléhají ionty, které se vejdou v krystalové mřížce vrstvených alumosilikátů do dutiny o velikosti 0,28 nm. Z kationtů se jedná o K^+ , NH_4^+ , H_3O^+ , Rb^+ , Ba^{2+} , které mají průměry v rozmezí 0,266 – 0,296 nm. Nejvíce z těchto iontů jsou

fixovány NH_4^+ a K^+ . Největší schopnost fixovat mají hlavně illity, montmorillonity a vermikulit. Takto fixované kationty mohou být následně využity rostlinami (Richter et al, 2004).

Imobilizace je přeměna anorganického dusíku (NH_4^+ , nebo NO_3^-) na organické formy (aminokyseliny a cukry). Jedná se opačný proces mineralizace. Slouží k různým funkcím pro udržení života (Khan 2016).

Podle intenzity těchto procesů se zvyšuje, či snižuje množství minerálního dusíku v půdě (Vaněk et al. 2007). Když do půdy přidáme velké množství rostlinných zbytků, nebo jiných organických materiálů, mikrobiální populace se začne značně zvyšovat (Fernández, et al. 2012).

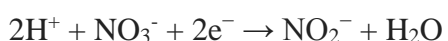
2.6.2 Funkce dusíku v rostlině

Rostliny přijímají dusík ve formě iontů, konkrétně kationtu amonného NH_4^+ , nebo aniontu nitrátového NO_3^- , ale jsou schopny přijmout i jiné formy dusíku (např. močovinu). Příjem ovlivňuje vnější prostředí (půdní reakce, teplota půdy, vlhkost apod.), ale i sama rostlina (Fecenko, Ložek 2000). K významným faktorům ovlivňující jeho přijatelnost patří pH půdy. V kyselém prostředí převažuje příjem NO_3^- , zatímco v neutrálním až alkalickém se příjem vyrovnává s postupnou převahou vstupu NH_4^+ do rostliny. Při nižší teplotě klesá příjem i využití NO_3^- (Úlehlová 1989). Na příjmu se také podílí obsah ostatních iontů v půdním prostředí. Při jednostranné výživě NO_3^- se v rostlině zvyšuje obsah kationtů jako K^+ , Ca^{2+} a Mg^{2+} . Při převažujícím příjmu NH_4^+ je celkový příjem iontů nižší, hlavně kationtů.

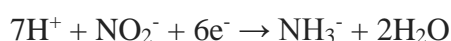
Velký rozdíl mezi uvedenými formami je v jejich metabolismu v rámci rostlinných buněk. Zatímco NH_4^+ mohou rostliny velmi rychle využít k syntéze aminokyselin, pro redukci dusíku nitrátového až na amoniak musí rostliny vynaložit poměrně vyšší množství energie. Redukce probíhají v rostlinných orgánech a to hlavně v listech pomocí enzymů, nejdříve nitrátoreduktasy na nitrity, které se dále redukují nitritoreduktasou až na amoniak (Vaněk et al. 2007), jak uvádí obrázek 19 (Procházka et al. 1998).

Obr. 19: Nitrátoreduktáza a nitritoreduktáza (Procházka et al. 1998)

Nitrátoreduktáza



Nitritoreduktáza



Důležitým úkolem dusíku v rostlině je účast na stavbě chlorofylu, nezbytného při přeměně světelné energie slunečního záření na energii chemickou (Úlehová 1989). V rostlině je stavebním kamenem všech aminokyselin. Je součástí pyrimidinových a purinových bází nukleových kyselin, které tvoří kód zápisu genetických informací, nebo vlastní syntézy bílkovin prostřednictvím mRNA a tRNA. Do metabolismu rostlin zasahuje jako stavební prvek řady enzymů, vitamínů a dalších biokatalytických látek (Richter, Hlušek 1999).

Celkové množství dusíku v rostlině se ve většině případů pohybuje v rozmezí 1–3 % abs. sušiny, málo kdy klesá pod 1 % a nitrofilní rostliny mohou dosáhnout hranic 6 % dusíku v rostlině (Zehnálek et al. 2006).

2.6.3 Nedostatek dusíku

V počátku vegetace se v důsledku nedostatku dusíku snižuje tvorba stavebních a funkčních bílkovin, což má za následek projev omezení růstu a tvorby všech podstatných orgánů (listů, stébel, lodyh, letorostů apod.) (Vaněk et al. 2007). Při dusíkatém deficitu se zvyšuje přeměna jednoduchých cukrů na zásobní sloučeniny (škroby). Nedostatek dusíku snižuje obsah chlorofylu v rostlině, který vede k tvorbě světle žlutého zbarvení rostliny (Pandey, Sintha 2002). V případě delšího trvání pozorujeme na listech nekrózy ve tvaru písmene V ve směru od špičky listu k jeho středu (Larson, Oldham 2008). Symptomy nedostatku N se projevují na bazální části rostlin (spodní listy) díky jeho schopnosti reutilizace, tedy translokace ze starších (spodních) listů do mladých rostlinných orgánů (terminálních částí) jako jsou mladé listy, plody a semena (Fecenko, Ložek 2000, Richter et al. 2004). Vývojová fáze rostlin je jedním velmi významných faktorů, který určují projev deficiencie dusíku na rostlině. U kukuřice může nedostatek snížit počet zrn v klasu, jejich hmotnost, což může výrazně snížit výnos. Deficit dusíku snižuje kvalitu zrna (Vaněk et al. 2007).

Odstranění nedostatku dusíku není složité, v počátku růstu lze použít pevná hnojiva (např. ledek vápenatý), případně můžeme použít foliální aplikaci, která je vhodnější v případě omezeného příjmu přes kořen (Štípek et al. 2006).

Obr. 20: Nedostatek dusíku na listech kukuřice (Richter et al. 2004)



2.6.4 Nadbytek dusíku

Rostliny bývají častěji náchylné na nadbytek dusíku v raných fázích vegetace, to znamená při vzcházení (Felková, Kocourková 2003). Na omezení vzcházivosti a negativní ovlivnění růstu mladých rostlin působí hlavně amonná forma dusíku (Felková, Kocourková 2003, Nathan 2016). Proto je dobré se vyhnout dávkám převyšujících $60\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N (Vaněk et al. 2007). Viditelně rostlina velmi rychle roste, pletiva stonků jsou řídká, listy vodnaté a velké, mají tmavě zelené až namodralé zbarvení (Neuberg 1998). Při značném nadbytku N jsou příznaky poškození zjevné na okrajích listů, tvoří se zde nekrózy a zasychají okraje listů. Je to důsledek toho, že N je transportován až do okraje listů, kde se hromadí, až dosáhne toxicity a poškozuje pletiva. Nadbytek také způsobuje nadměrné větvení kořenového systému v zónách vyšší koncentrace dusíku a omezení hlavních a vedlejších kořenů. Zhoršuje tak prokořenění celého půdního profilu a tím snižuje příjmovou kapacitu kořenů pro živiny a vodu. V pozdější fázi může také způsobit hromadění dusíku v minerální formě (NO_3^-). U rostliny kukuřice se zvyšuje jeho nadbytkem náchylnost k poléhání (Vaněk et al. 2007).

2.6.5 Hnojení kukuřice dusíkem

Kukuřice má vysoké požadavky na dusík, a proto se často seje po zeleném hnojení (Drinkwater et al. 1998). Je obecně nejvíce limitujícím prvkem produkce kukuřice a zastupuje největší podíl na celkových nákladech na hnojení (Brown et al. 2014). Potřeba dusíku na tvorbu 10 t zelené hmoty silážní kukuřice představuje 35–40 kg N,

nároky zrnové kukuřice jsou na úrovni 22–26 kg.t⁻¹ produkce zrna. (Vaněk et al. 2007, Zimolka et al. 2008a)

Efektivní využití dusíku kukuřicí zaručuje použití jeho vhodného zdroje v přiměřeném množství, při účinném načasování a prostřednictvím vhodné aplikace (Rizwan et al. 2003, Azeez, Adetunji 2007). Pokud je dusík aplikován v termínech největší potřeby porostu kukuřice, zvyšuje se jeho účinnost v souvislosti s omezením imobilizace, denitrifikace a následného vyplavení (Rizwan et al. 2003, Scharf et al. 2004). Zvýšení produkce kukuřice vlivem dusíkatého hnojení prezentuje řada autorů (Sheaffer et al. 2006, Islam, Garcia 2012, Safdarian et al. 2014). Největší dávka dusíku se většinou aplikuje před setím (Svoboda 2005). Nejvýraznější příjem dusíku rostlinami je ale až v období intenzivního růstu, tj. asi 8–10 týdnů po setí (Vaněk et al. 2007, Zimolka 2008b). Russelle et al. (1981) toto období charakterizují vývojovými fázemi V8–V12. Rovněž Niaz et al. (2014) uvádějí, že aplikace celkové dávky N v termínu před setím má nízkou účinnost. Dnes je snaha posunout hnojení až do období vegetačního vzrůstu a to hlavně kvůli možným ztrátám dusíku (Balík et al. 2001, Vaněk et al. 2007). U všech sledovaných parametrech výnosu se projevila jeho dělená aplikace s přihnojením 25 % N ve stádiu V9 efektivněji (Niaz et al. 2014). To ovšem komplikuje fakt, že rostliny jsou často poškozené po aplikaci hnojiva (popálení paždí listů), jak můžeme vidět na obrázku 21 (Vaněk et al. 2007, Slamka, Hanáčková 2011).

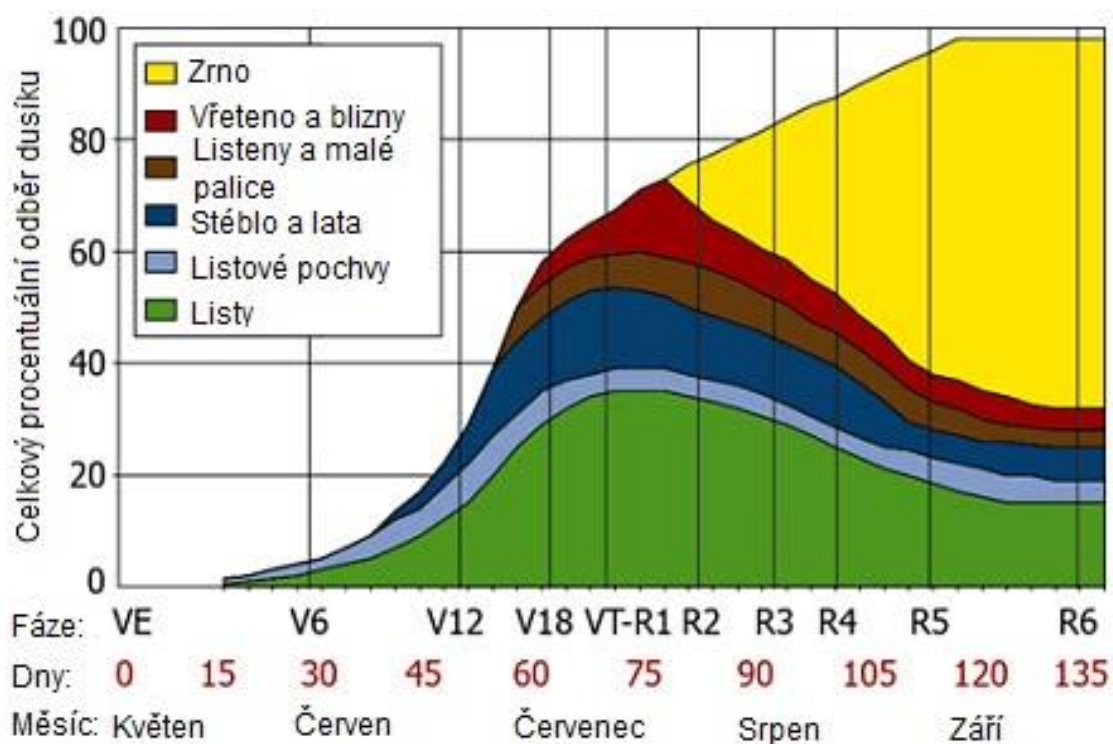
Obr. 21: Popálení listu po aplikaci dusíku v průběhu vegetace (Pajl 2016)



Dnes se snaží zemědělci najít způsoby aplikace pod listy na povrch půdy. Dělí se na dvě části. Během části před setím se aplikuje dávka až do 120 kg N a to hlavně v řepařských výrobních oblastech. Doporučuje se aplikovat hnojiva s amonným a amidickým dusíkem (síran amonný, močovina a DAM). Hlavní výhodou síranu je jeho pozvolná nitrifikace a uvolňování dusíku do půdy v raných fázích vývoje.

Druhá část se provádí během vegetace a doporučuje se hnojit hlavně v oblastech s vyššími srážkami. Účinnost závisí tedy hlavně na stanovištních podmínkách a také kvalitou rozmetání hnojiv. Doporučuje se hnojit, kdy má rostlina výšku 20–40 cm a až 70 kg N (Balík et al. 2001, Vaněk et al. 2007). Celkový procentuální odběr dusíku pak uvádí Ritchie et al. (2005).

Obr. 22: Odběr dusíku během růstu kukuřice (Ritchie et al. 2005)



3 CÍL PRÁCE

Bakalářská práce přispívá ke studiu zákonitostí výživy silážní kukuřice dusíkem. Formou vegetačního maloparcelkového pokusu založeného na pokusné stanici Vatín, byl zjišťován vliv hnojení dusíkem aplikovaného před setím a děleně během vegetace na výnos biomasy a její kvalitu pro silážování.

Konkrétní cíle bakalářské práce jsou:

- vypracování literárního přehledu zabývajícího se problematikou výživy silážní kukuřice a jeho nárokům na výživu dusíkem,
- založení maloparcelkového pokusu s dvěma hybridy kukuřice seté na pokusné stanici ve Vatíně,
- vyhodnocení účinku aplikace dusíku na výnos a kvalitu silážní kukuřice.

Vědecké hypotézy experimentu byly koncipovány následovně:

- 1) výnos a kvalita kukuřice bude záviset na zvoleném hybridu,
- 2) dělená aplikace dusíku bude prokazatelně zvyšovat výnos silážní kukuřice,
- 3) dělená aplikace dusíku zvýší technologickou kvalitu silážní kukuřice.

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Polní pokus

Pokus byl založen formou maloparcelkového experimentu na pokusné stanici MENDELU v katastru obce Vatín. (49°31'30" s. š., 15°58'2" v. d.). Pokusná stanice se nachází v nadmořské výšce 540 m n. m. v regionu Českomoravské vrchoviny, 7 km jižně od Žďáru nad Sázavou. Půda je kambizem modiální, mesobazická, hnědé barvy, písčitohlinitá s obsahem humusu 2,53% (Skládanka et al. 2014b). Před založením tohoto pokusu byly na dvou pozemcích, na kterých se pokus prováděl, zjištěny z analýz půd obsahy živin (N, P, K, Ca a Mg) a půdní reakce, které jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab. 3: Agrochemické vlastnosti půdy, před založením pokusu na poli

Půdní druh	pH výměnné	Obsah přístupných živin v mg.kg ⁻¹ půdy (Melich III)				N _{min} (mg.kg ⁻¹ půdy)
		P	K	Ca	Mg	
střední	5,00	43,7	271,4	994	224,7	8,32
zásoba	silně kyselá	nízká	dobrá	nízká	dobrá	

Na podzim roku 2015 byla provedena orba do hloubky 25 cm a pozemek byl v hrubé brázdě ponechán do jara. Dne 5. 5. 2016 proběhla jarní příprava půdy smykováním a vláčením, po té bylo vytyčeno 28 parcel, jak je patrné z obrázku 23. Velikost pokusných parcel byla 3 x 8 metrů, každá pokusná parcelka měla 4 řádky, vzdálenost mezi jednotlivými parcelkami byla 1 m. Jako modelová plodina byla vybrána kukuřice silážní, která byla vyseta 6. 5. 2016 v počtu 90 tis. jedinců na ha s meziřádkovou vzdáleností 75 cm, semena v řádku 15 cm. Hloubka setí byla 7 cm. Do pokusu byly zařazeny 2 hybridy společnosti Limagrain LG 30.220 a LG 31.233, níže představené.

LG 30.220

Dle katalogu osiv 2016 od společnosti Limagrain se jedná o velmi raný hybrid (FAO 220) kompaktního vzrůstu, se širokými listy, vysokým podílem palic a škrobu. Má vysokou stravitelnost vlákniny a je odolná proti suchu, její hlavní využití je pro

výživu zvířat a bioplynové stanice. Doporučuje se do bramborářské výrobní oblasti a okrajově řepářské výrobní oblasti. Doporučuje se vysévat v rozmezí 85–95 000 semen na ha. Má výbornou stravitelnost vlákniny, urychlí počáteční růst, průměrnou odolnost vůči chladu a je vhodný k pozdnímu setí (Limagrain 2016).

LG 31.233

Jedná se také o velmi raný hybrid (FAO 230) s vysokou stravitelností vlákniny, vhodný do bramborářské výrobní oblasti a okrajově řepářské výrobní oblasti. Velmi dobře se přizpůsobuje půdním podmínkám. Má dobrý podíl zrna v silážní hmotě a je vhodná se pro vysokoužitkové chovy dojníc, případně do bioplynových stanic. Má lehce pomalejší růst než LG 30.220, ale je odolnější vůči chladu. Je také vhodný k pozdnímu setí (Limagrain 2016).

V termínu setí byly pokusné parcelky vyhnojeny dusíkem dle schématu uvedeném v tabulce 4.

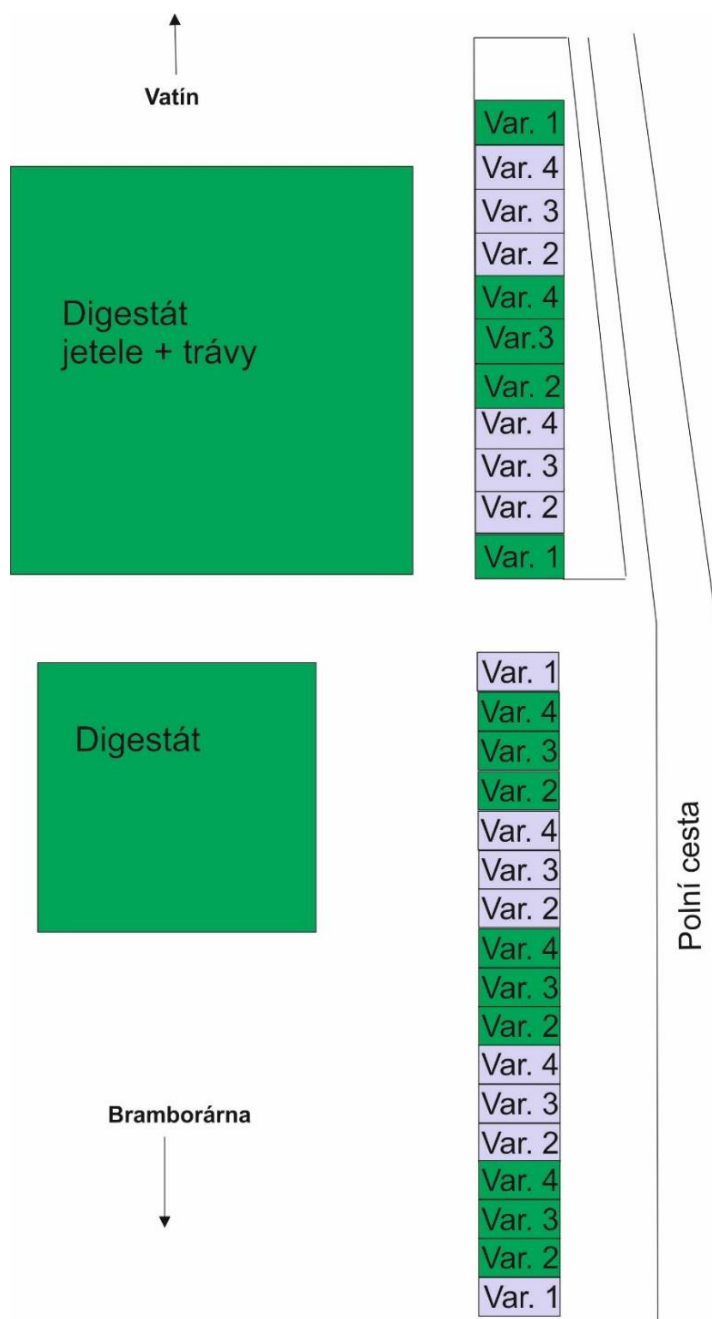
Tab. 4 Schéma pokusu

Hybrid	Varianta hnojení	Hnojení před setím (kg/ha)		Přihnojení ve fázi 8 listů (kg/ha)	
		Dávka N	Dávka hnojiva	Dávka N	Dávka hnojiva
LG 30.220	var. 1	0	0	0	0
	var. 2	150	556	0	0
	var. 3	50	185	100	370
	var. 4	100	370	50	185
LG 31.233	var. 1	0	0	0	0
	var. 2	150	556	0	0
	var. 3	50	185	100	370
	var. 4	100	370	50	185

Do pokusu bylo použito hnojivo Lovofert LAD 27 (27 % N). Předset'ová aplikace dusíku byla prováděná ručně, přesně ve vymezených parcelách. O měsíc později (6. 6. 2016) byly odebrány vzorky kukuřice (vývojová fáze 3 – 5 list – obr. 24) pro zjištění účinku hnojení na výnos sušiny a obsahu dusíku v rostlině. Následně byl pokus ošetřen proti plevelům přípravkem Titus 25 WG v dávce 60 g.ha⁻¹ společně se smáčedlem Trend 90 v koncentraci 0,1 % ve 200 l.ha⁻¹. Z důvodu nízké zásoby přístupného fosforu v půdě, který se projevil na rostlinách kukuřice symptomem nedostatku (antokyanové zbarvení rostlin – obr. 25), byl porost 9. 6. 2016 přihnojen

dávku 200 kg trojitého superfosfátu (45 % P₂O₅) na hektar. Díky pomalému nástupu účinku fosforečného hnojiva byly rostliny 24. 6. 2016 ošetřeny listovou aplikací hnojiva K3 (složení) v dávce 6 l.ha⁻¹. Přihnojení dusíkem na variantách s jeho dělenou aplikací bylo provedeno 4. 7. 2016 ve vývojové fázi 8 pravých listů, v dávkách uvedených v tabulce 3 hnojivem LAD 27 (27 % N). V termínu 17. 7. 2016 proběhly odběry vzorků rostlin určených k anorganickým rozborům.

Obr. 23: Mapa pokusu, šedé parcelky - LG 30.220, zelené parcelky - LG 31.233



Obr. 24: Rostliny ve fázi 3 –5 listu



Obr. 25: Deficit fosforu na rostlinách

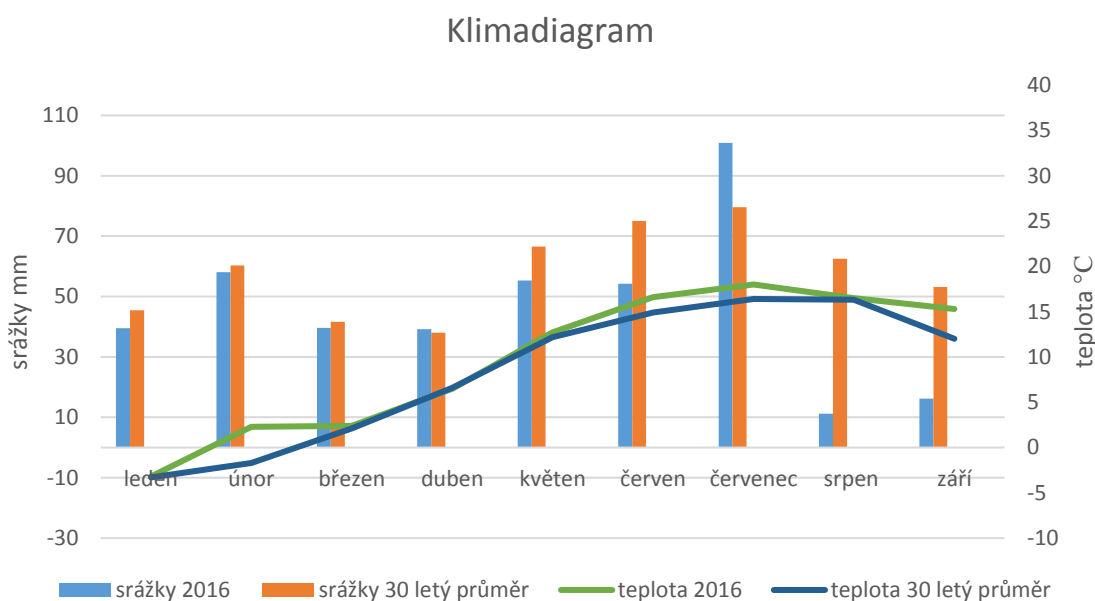


Silážní kukuřice byla sklizena při dosažení sušiny 33 % na kontrolní variantě hybridu LG 30.220 v termínu 26. 9. 2016. Sklizňová plocha představovala dva vnitřní řádky parcel (15 m²).

Po sklizni byly hodnoceny výnosové parametry, a to výnos zelené hmoty (t.ha⁻¹), obsah sušiny (%) a výnos suché hmoty (t.ha⁻¹). Z kvalitativních parametrů byly hodnoceny metodou NIR

Průběh počasí znázorňuje klimadiagram (graf 2). Úhrny srážek byly na počátku roku průměrné, během měsíce května a června dosáhly 83 %, respektive 72 % normálu, v měsíci červenci byly naopak 20 mm nad normálem. Období srpna až září bylo velmi suché s úhrnem srážek 27,4 mm. Teploty byly průměrné, nebo mírně nad průměrem po celé měřené období.

Graf 2: Klimadiagram



4.2 Anorganický rozbor rostlin

Stanovení N v rostlině bylo provedeno ve dvou odběrech realizovaných v termínech 6. 6. a 17. 7. 2016. V prvním termínu byly z každé parcelky odebrány 4 rostliny (nadzemní část), které byly následně smíchány (opak. A s B a opak. C s D). Druhý odběr proběhl stejně, pouze jsme odebírali po jedné rostlince z důvodu jejich velikosti. Rostliny se po odběru vysušily v laboratorních podmínkách a stanovila se jejich hmotnost. Poté byla provedena homogenizace suché hmoty s následným stanovením obsahu N metodou dle Kjeldahla Před mineralizací byla stanovena absolutní sušina rostlinné hmoty metodou gravimetrickou, která je nutná pro přepočítání obsahu dusíku na % absolutní sušiny.

4.3 Výnosové parametry

Zelenou hmotu jsme stanovili sklizní nadzemní hmoty rostlin z vnitřních dvou řádků (15 m²) a jejich následném zvážení. Po stanovení hmotnosti byla výnos zelené hmoty přepočtena na t.ha⁻¹. Ze sklizených rostlin bylo náhodně vybráno 10 rostlin, které se nadrtily (Shark 2,2). Podrcený materiál byl na suché čisté podložce homogenizován, následně byl odebrán vzorek o hmotnosti cca 2 kg. V laboratoři byly vzorky rozděleny na dvě části. Jedna byla určena pro stanovení sušiny, sušením v sušárně (Venticel). Druhá část byla nejprve rozložená na filtrační papíry s každodenním promícháním, poté předsušená při teplotě 55°C do konstantní hmotnosti. Po tomto procesu následovalo sušení při 105°C opět do konstantní hmotnosti a následně byla hmota zvážena. Tento vzorek posloužil k přepočtu na množství suché hmoty.

4.4 Kvalitativní parametry

4.4.1 Metodika stanovení sušiny

Sušinu jsme stanovili pomocí navážky, kterou jsme následně předsušili při teplotě 55°C a poté dali vysušit do konstantní hmotnosti při teplotě 105°C. Po vysušení jsme porovnali suchou hmotu s hmotou v čerstvém stavu a vypočetli hodnotu.

4.4.2 Metoda NIR

Kvalitativní parametry byly hodnoceny pomocí moderní metody NIR spektroskopie, což je nedestruktivní analytická metoda, Podle Čižmára (2007) má založený princip na měření změn ve fyzikálních vlastnostech vzorku při dopadání záření v NIR spektrální oblasti (1100–2500 nm). Přístroje pracují na principu použití vhodného kalibračního modelu pro sledovaný parametr a danou matici vzorku. Vzorky se připravují a upravují stejně, jako vzorky které se budou sériově hodnotit touto metodou (Shenk et al. 2007).

4.5 Statistické zpracování dat

Výnosové výsledky byly zhodnoceny statistickými metodami (program STATISTICA 12) metodou analýzy variance s následným testováním dle Fischera, při 95 % hladině významnosti ($P \leq 0,05$).

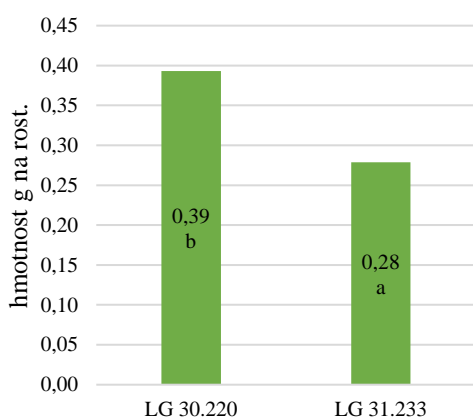
5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Anorganický rozbor rostlin

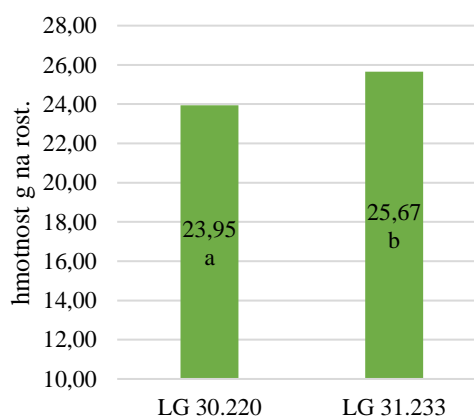
5.1.1 Vliv hnojení na hmotnost rostlin

Odběry rostlin určených k anorganickým rozborům jsme prováděli během vegetace kukuřice ve dvou termínech (6. 6. 2016 a 17. 7. 2016). Z těchto rozborů vyplývá prokazatelný vliv hybridu ($p \leq 0,05$) na jejich hmotnost, jak uvádí grafy 3 a 4. Z nich je patrný rychlejší nárůst suché hmoty rostlin u hybridu LG 30.220 v počátku vegetace. Naopak z rozborů, které se prováděly 14 dní po druhé aplikaci dusíku (17. 7. 2016), je patrné, že hybrid LG 31.233 v nárůstu sušiny rostlin signifikantně převyšoval hmotnost rostlin hybridu LG 30.220 o 7,2 %.

Graf 3: Vliv pěstovaného hybridu na hmotnost rostlin (g na rost.) 6. 6. 2016



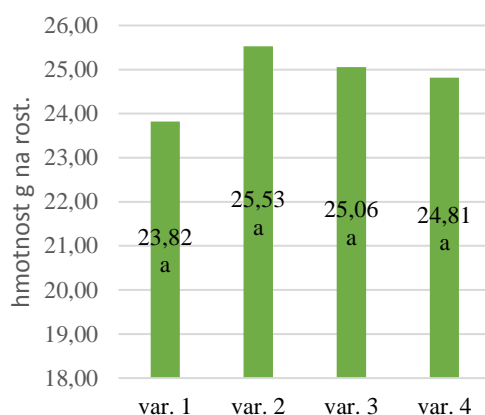
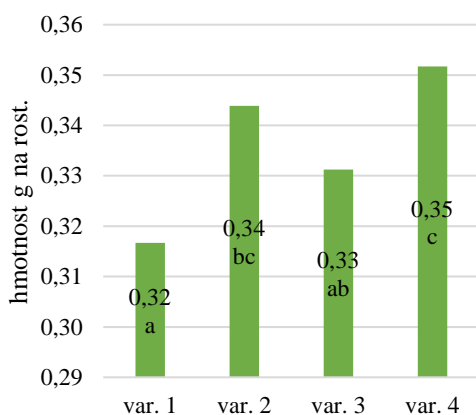
Graf 4: Vliv pěstovaného hybridu na hmotnost rostlin (g na rost.) 17. 7. 2016



$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

Varianta hnojení měla v počátečních fázích vegetace prokazatelný vliv ($p \leq 0,05$) na hmotnost rostlin, jak uvádí graf 5. Aplikace dusíku zvýšila průměrnou hmotnost rostlin obou sledovaných hybridů v termínu prvního odběru (6. 6. 2016) o 3,1–9,4 % v porovnání s variantou dusíkem nehnojenou. Uvedené zvýšení hmotnosti rostlin korelovalo s dávkou dusíku aplikovaného v počátku vegetace. V druhém termínu odběru vzorků rostlin se jejich hmotnost mezi sledovanými variantami vyrovnala. V této fázi měření již nebyl zjištěn průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$), jak dokazuje graf 6.

Graf 5: Hmotnost rostliny (suché hmoty) u varianty hnojení (g na rost.) 6. 6. 2016
 Graf 6: Hmotnost rostliny (suché hmoty) u varianty hnojení (g na rost.) 17. 7. 2016



$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

U hybridu LG 30.220 nebyl zjištěn prokazatelný vliv hnojení dusíkem na produkci sušiny rostlin ani v jednom ze dvou odběrů, jak ukazuje tabulka 3. Naopak u hybridu LG 31.233 byl zaznamenán prokazatelný vliv varianty ($p \leq 0,05$) v obou termínech odběrů. Předsetřově aplikovaný dusík v dávce 150 (var. 2) a 100 kg N (var. 4) zvýšil hmotnost rostlin ve fázi 3–5 listu (6. 6. 2016) oproti kontrole o 5,6 %, respektive 6,9 %. V termínu druhého odběru (17. 7. 2016) se u hybridu LG 31.233 hmotnost rostlin mezi variantami hnojení srovnala, nicméně průkazně vyšší produkce hmoty stále přetrvávala po aplikaci celé dávky dusíku před setím.

Tab. 5: Vliv hnojení dusíkem u sledovaných hybridů na hmotnost rostlin (g na rost.)

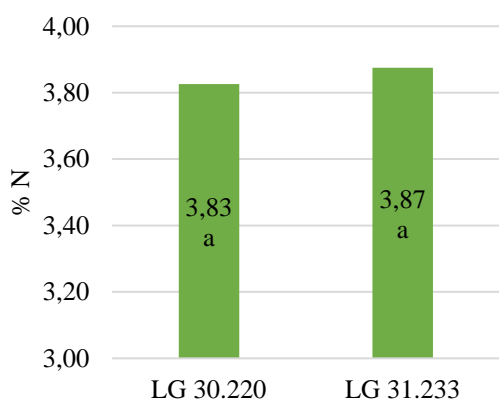
Hybrid	Varianta hnojení	Hmotnost rostlin (g na rost.) 6. 6. 2016		Hmotnost rostlin (g na rost.) 17. 7. 2016	
		g/rost. ± SE	Rel. %	g/rost. ± SE	Rel. %
LG 30.220	var. 1	0,377a ± 0,07	100,0	22,94a ± 0,38	100,0
	var. 2	0,398a ± 0,016	105,6	24,38a ± 0,43	106,3
	var. 3	0,393a ± 0,003	104,2	24,67a ± 2,03	107,5
	var. 4	0,403a ± 0,009	106,9	23,80a ± 2,26	103,7
LG 31.233	var. 1	0,256a ± 0,004	100,0	24,70a ± 0,51	100,0
	var. 2	0,289c ± 0,001	112,9	26,67b ± 0,09	108,0
	var. 3	0,268b ± 0,004	104,7	25,45a ± 0,06	103,0
	var. 4	0,301c ± 0,004	117,6	25,82ab ± 0,52	104,5

$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

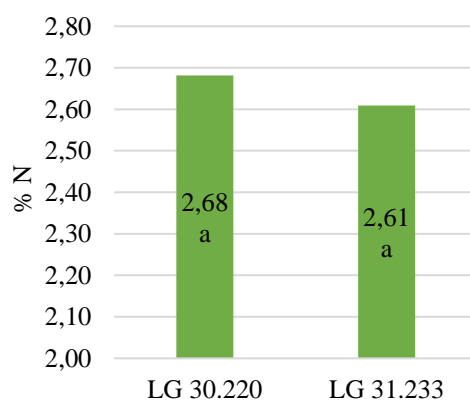
5.1.2 Obsah dusíku v rostlině a jeho odběr

Obsah dusíku v nadzemní části rostlin nebyl mezi sledovanými hybridy statisticky průkazně rozdílný ani v jednom z odběrů, jak uvádějí grafy 7 a 8. Uvedené množství dusíku v rostlině se lišilo v řádů setin procent, což značí rozdíl na úrovni 1 – 2,7 % rel.

Graf 7: Vliv pěstovaného hybridu na obsah N v rostlině (%) 6. 6. 2016



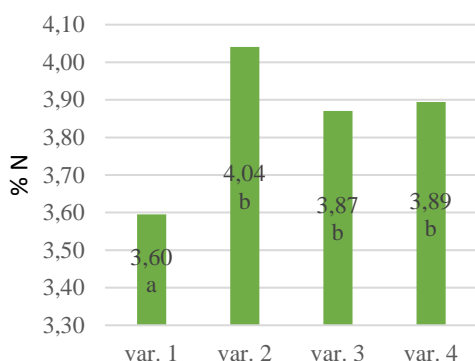
Graf 8: Vliv pěstovaného hybridu na obsah N v rostlině (%) 17. 7. 2016



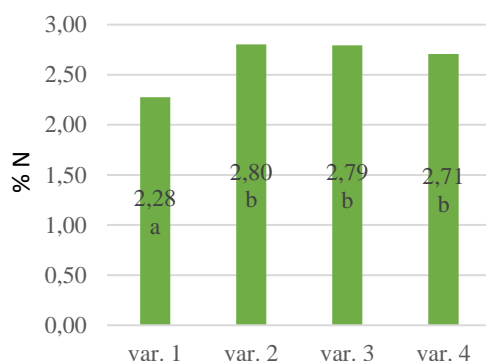
$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

Hnojení dusíkem prokazatelně ($p \leq 0,05$) zvýšilo množství N v rostlině. Nejlépe je tuto závislost možné pozorovat na grafu 9, který ukazuje nejvyšší nárůst obsahu N na var. 2, která byla hnojena nejvyšší dávkou dusíku ($150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Po dohnojení dávky dusíku před druhým odběrem (ve fázi 8 listu) se množství N v rostlině vyrovnalo na průměrnou úroveň 2,75 %, jak znázorňuje graf 10.

Graf 9: Vliv varianty hnojení na obsah N v rostlině (%) 6. 6. 2016



Graf 10: Vliv varianty hnojení na obsah N v rostlině (%) 17. 7. 2016



$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

U obou hybridů mělo hnojení prokazatelný vliv ($p \leq 0,05$) na obsah N v počáteční fázi u varianty hnojené $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N (var. 2), jak prezentuje tabulka 4. Zatímco uvedená dávka zvýšila obsah N u hybridu LG 30.220 o 8,6 % rel. při srovnání s kontrolou, u hybridu LG 31.233 byl jeho nárůst téměř dvojnásobný

Obsahy dusíku zjištěné z rozborů vzorků rostlin odebraných 14 dní po hnojení v 8 listu byly již daleko vyrovnanější a nebyly u nich mezi sledovanými variantami zjištěny výrazné rozdíly. U hybridu LG 30.220 byly obsahy N prokazatelně vyšší na hnojených variantách ($p \leq 0,05$), na rozdíl od hybridu LG 31.233, kde se vliv aplikace dusíku díky poměrně velké variabilitě v obsahu N mezi opakováními neprojevil průkazně ($p \leq 0,05$).

Tab. 6: Vliv hnojení u sledovaných hybridů na množství N v rostlině (%)

Hybrid	Varianta hnojení	Hnojení před měřením	Obsah N (%) 6. 6. 2016		Hnojení před měřením	Obsah N (%) 17. 7. 2016	
			% v rost. \pm SE	Rel. %		% v rost. \pm SE	Rel. %
LG 30.220	var. 1	0	3,60a \pm 0,01	100,0	0	2,28a \pm 0,00	100,0
	var. 2	150	3,91b \pm 0,15	108,6	0	2,79b \pm 0,12	122,4
	var. 3	50	3,93b \pm 0,03	109,2	100	2,93b \pm 0,00	128,5
	var. 4	100	3,87ab \pm 0,08	107,5	50	2,73b \pm 0,02	119,7
LG 31.233	var. 1	0	3,59a \pm 0,01	100,0	0	2,28a \pm 0,02	100,0
	var. 2	150	4,17c \pm 0,08	116,2	0	2,81a \pm 0,13	123,2
	var. 3	50	3,81ab \pm 0,02	106,1	100	2,66a \pm 0,16	116,7
	var. 4	100	3,92bc \pm 0,14	109,2	50	2,56a \pm 0,31	112,3

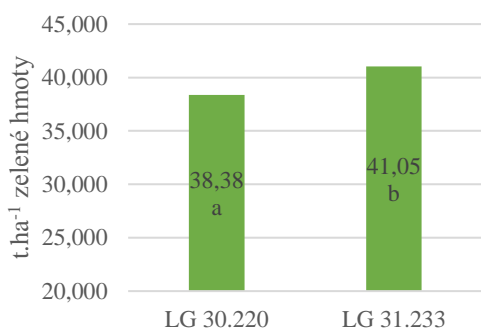
$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

5.2 Výnosové parametry silážní kukuřice

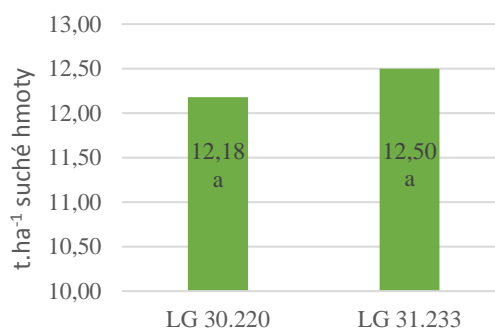
5.2.1 Výnos zelené a suché hmoty

Pěstovaný hybrid měl na produkci zelené hmoty statisticky průkazný vliv ($p \leq 0,05$). Zatímco hybrid LG 30.220 dosáhl výnosu $38,37 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, výnos hybridu LG 31.233 byl o 7 % vyšší, jak prezentuje graf 11. Výnosové rozdíly mezi hybridy uvádí řada autorů (Ballard et al. 2001, Zamir et al. 2011, Iqbal et al. 2014, Qahar, Ahmad 2016). U výnosu suché hmoty rozdíl mezi hybridy patrný nebyl, což ukazuje graf 12. Sheaffer et al. (2006) poukazují ve své práci na to, že i když určitý hybrid měl vysoký výnos, neměl tak dobré výsledky v kvalitě krmiva (obsahu sušiny) jako hybrid s nižší produkcí.

Graf 11: Vliv pěstovaného hybridu na výnos zelené hmoty ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)



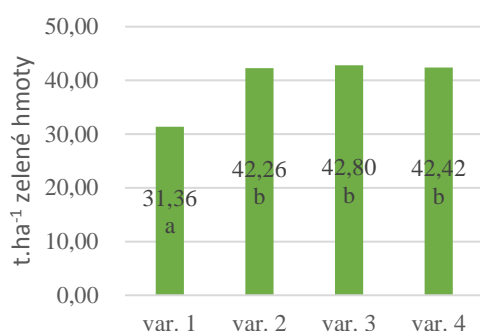
Graf 12: Vliv pěstovaného hybridu na výnos suché hmoty ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)



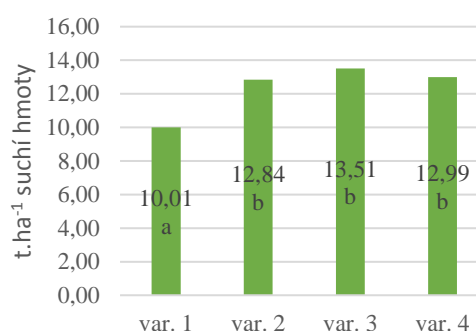
$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

Aplikace dusíku zvýšila bez ohledu na hybrid průkazně ($p \leq 0,05$) výnos zelené i suché hmoty, jak uvádí grafy 13 a 14. Nárůst výnosu zelené hmoty byl okolo 30 %. Mezi dělenou aplikací dusíku a jeho jednorázovým hnojením před setím nebyl zjištěn signifikantní rozdíl ($p \leq 0,05$) v produkci silážní kukuřice. Přes tuto skutečnost výnos zelené i suché hmoty na variantě přihnojené 100 kg N v období 8 listu dosahoval nejvyšších hodnot, v porovnání s variantou hnojenou celou dávkou N před setím byla produkce zelené hmoty vyšší až o 1,3 %. Pozitivní vliv dávky dusíku na produkci silážní kukuřice prokazují ve své práci Oktem, Emeklier (2010), Khan et al. (2011), Hambtamu et al. (2015), Qahar, Ahmad (2016).

Graf 13: Výnos zelené hmoty u varianty hnojení (t.ha-1)



Graf 14: Výnos suché hmoty u varianty hnojení (t.ha-1)



$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

Ve výnosu zelené hmoty sledované zvláště u jednotlivých hybridů byl podobně jako v předcházejícím hodnocení zjištěn prokazatelný rozdíl pouze mezi variantou nehnojenou (var. 1) a variantami s aplikací N, jak znázorňuje tabulka 5. Dělená aplikace N měla u sledovaných hybridů shodnou účinnost. Rozdíl výnosu dosažený na variantách s děleným hnojením N (var. 3 a 4) od výnosu dosaženého na variantě s jednorázovou předset'ovou aplikací N byl minimální.

U výnosu suché hmoty byl u hybridu LG 30.220 prokazatelný rozdíl jak mezi kontrolou (var. 1) a ostatními variantami, tak i mezi variantami s rozdílným rozložením dávek N, jak uvádí tabulka 5. U hybridu LG 31.233 se dělené hnojení N na výnosu suché hmoty průkazně neprojevila. Podle Shanahana (2014) může mít dělená aplikace dusíku značný vliv na výnos a zamezit tak ztrátám dusíku v půdě. Jeho závěry potvrzuje Iqbal (2014), v jehož pokuse se dělená aplikace dusíku projevila jako nejvýnosnější varianta. Nejlépe se projevila aplikace 60 % dusíku před setím a 40 % během vegetace, u které se potvrdil nejvyšší výnos sušiny, zrna i HTS, kdežto nejhůře dopadla varianta s aplikací celkové dávky při setí. Naopak Schulz et al. (2015) ve výsledcích svého pokusu z let 2007–2010 uvádí, že dělená aplikace dusíku neměla vliv na výnos, podobné výsledky prezentují i Boelcke (2001) a Sommer (2000).

Tab. 7: Vliv hnojení u sledovaných hybridů na výnos zelené a suché hmoty (t.ha⁻¹)

Hybrid	Varianta hnojení	Výnos zelené hmoty (t.ha ⁻¹)	Rel. %	Výnos suché hmoty (t.ha ⁻¹)	Rel. %
		t/ha ± SE		t/ha ± SE	
LG 30.220	var. 1	30,20a ± 0,04	100	10,04a ± 0,07	100,0
	var. 2	41,00bc ± 1,06	135,8	12,32b ± 0,22	122,7
	var. 3	41,64bc ± 0,96	137,9	13,89c ± 0,78	138,3
	var. 4	40,67b ± 1,16	134,7	12,46bc ± 1,47	124,1
LG 31.233	var. 1	32,53a ± 2,46	100,0	9,99a ± 0,90	100,0
	var. 2	43,53bc ± 0,86	133,8	13,36b ± 0,63	133,8
	var. 3	43,96bc ± 0,39	135,1	13,13b ± 0,57	131,4
	var. 4	44,18c ± 0,67	135,8	13,51b ± 0,39	135,2

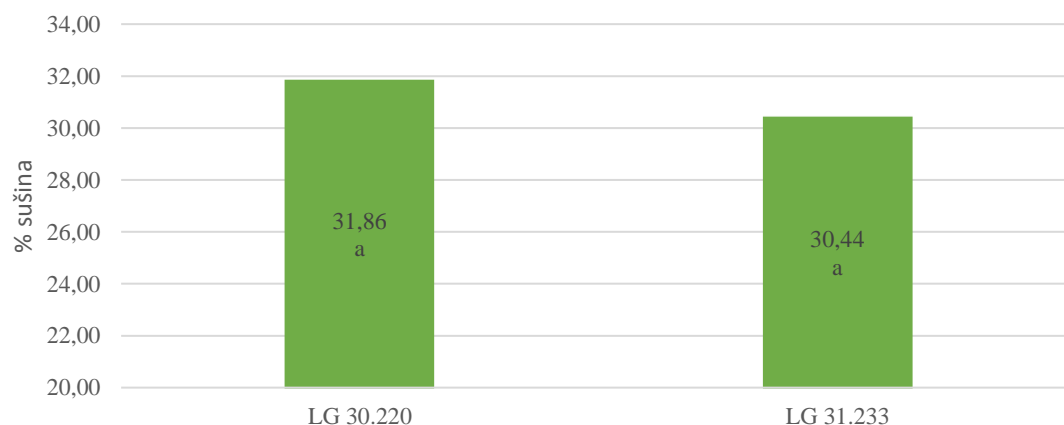
P≤0,05 - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

5.3 Kvalitativní parametry silážní kukuřice

5.3.1 Sušina

Sušina sklizené hmoty kukuřice v termínu silážní zralosti se mezi sledovanými hybridy průkazně nelišila ($p \leq 0,05$), přestože u hybridu LG. 30.220 byla o víc než 4,6 % rel. vyšší než u hybridu LG 31.233, jak prezentuje graf 15. Nižší sušina u hybridu LG 31.233 může být vysvětlena rozdílnou délkou vegetační doby danou číslem FAO (230) oproti hybridu LG 30.200, který má číslo FAO o 10 nižší, představuje tedy odrůdu ranější.

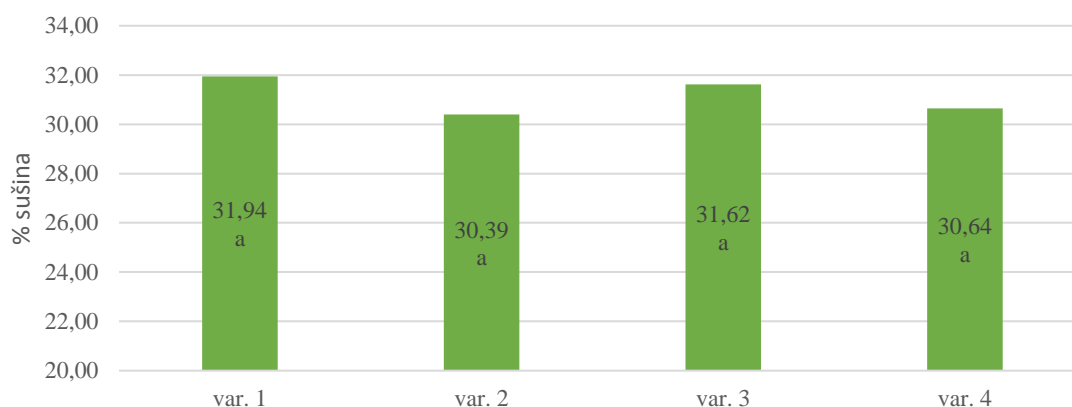
Graf 15: Sušina sklizených rostlin u hybridu



P≤0,05 - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

Varianta hnojení neměla prokazatelný vliv ($p \leq 0,05$) na sušinu sklizené hmoty silážní kukuřice, jak prezentuje graf 16. Nejvyšší sušinu dosáhla varianta 1, tedy kukuřice N nehnojená. Tím se potvrdil fakt, že aplikace dusíku oddaluje zrání a prodlužuje vegetační dobu (Loučka et al., 2015). Sušina dosažená na variantě vyhnojené $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N před setím byla oproti kontrole nižší o více než 5 % rel.

Graf 16: Sušina sklizených rostlin u varianty hnojení



$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

Efekt rozdílného hnojení dusíkem na hodnotu sušiny stanovené při sklizni silážní kukuřice byl mezi sledovanými hybridy různý, jak prezentuje tabulka 6. Zatímco u hybridu LG 30.220 se sušina mezi variantami hnojení lišila až o 10 % rel., u hybridu LG 31.233 rozdíly mezi zkoušenými variantami nebyly vyšší než 3% rel. Z výsledků jednoletého pokusu je však patrné, že přes poměrně velké rozdíly v produkci sušiny u hybridu LG 30.220 se dělená aplikace N na její úrovni signifikantně neprojevila ($p \leq 0,05$) Jak již bylo uvedeno grafem 15, zahraniční zdroje se v závěrech účinku dělené aplikace dusíku na produkci sušiny silážní kukuřice rozcházejí. Zatímco Al Rawashdeh a Abdel-Ghani (2008) uvádějí ve své studii, že vyšší sušina kukuřice byla dosažena při hnojení jednotnou dávkou dusíku oproti jeho dělené aplikaci, Kaefer et al. (2015) a Cheema et al. (2010) prezentují příznivý vliv dělené aplikace dusíku na produkci sušiny.

Tab. 8: Vliv hnojení u sledovaných hybridů na sušina sklizených rostlin (%)

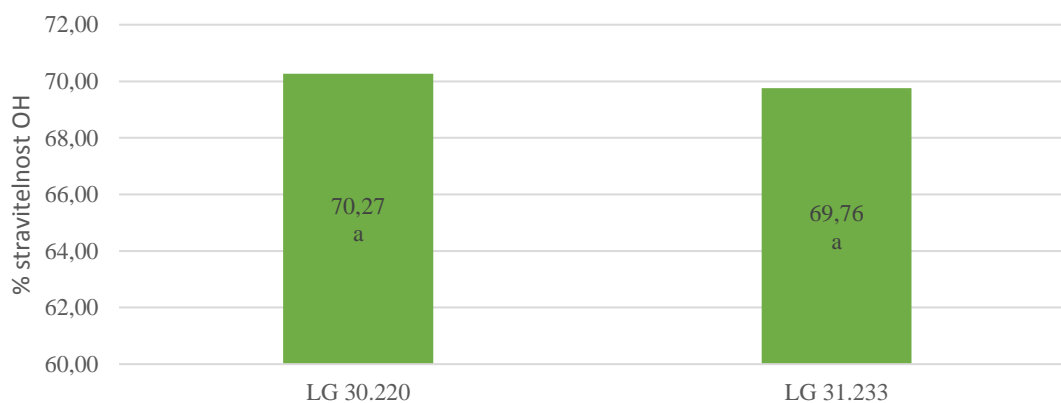
Hybrid	Varianta hnojení	Sušina (%)	
		% ± SE	Rel. %
LG 30.220	var. 1	33,24a ± 0,27	100
	var. 2	30,11a ± 1,26	90,6
	var. 3	33,39a ± 2,02	100,5
	var. 4	30,71a ± 1,47	92,4
LG 31.233	var. 1	30,64a ± 0,44	100
	var. 2	30,68a ± 1,14	100,1
	var. 3	29,85a ± 1,04	97,4
	var. 4	30,57a ± 0,46	99,8

$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

5.3.2 Stravitelnost organické hmoty

Stravitelnost organické hmoty mezi hybridy nebyla průkazně rozdílná ($p \leq 0,05$). Vliv hybridu na tento parametr ukazují výsledky každoročního srovnávání hybridů, které provádí ÚKZÚZ (Pokorný, Vacek 2016). Tento parametr je navíc podle Maška (2010) ovlivněn velkou skupinou faktorů, např. termínem sklizně. Stravitelnost se mezi hybridy lišila pouze o necelé procento, jak ukazuje graf 17.

Graf 17: Vliv pěstovaného hybridu na stravitelnost organické hmoty (%)



$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

Nejvyšší stravitelnosti organické hmoty bylo dosaženo na variantě 3, jak prezentuje graf 18. Její úroveň byla 71,25 % a byla průkazně vyšší ($p \leq 0,05$) než hodnota dosažená na variantě hnojené celou dávkou N před setím (var. 2). Tento fakt souvisí s rozložením dávky dusíku během vegetace. Z výsledků experimentů autorů Kaplan et al. (2016) Islam et al. (2012b) a Li et al. (2016) je patrný signifikantní vliv stupňovaných dávek dusíku na stravitelnost organické hmoty silážní kukuřice a pšenice. Právě nejvyšší dávka dusíku aplikovaná během vegetace ($100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$) na variantě 3. se na stravitelnosti organické hmoty projevila. Rovněž Koefoed (1993) ve svém pokusu hodnotí dělenou aplikaci dusíku jako pozitivní efekt stravitelnosti organické hmoty

Graf 18: Vliv hnojení na stravitelnost organické hmoty (%)



$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

Mezi variantami u jednotlivých hybridů nebyl ve sledovaném znaku průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$), jak prezentuje tabulka číslo 7. U hybridu LG 30.220 byla zjištěna nejvyšší stravitelnost právě na 3. variantě. Povolný a Vacek (2016) uvádí z výsledků odrůdových zkoušek ÚKZÚZ (2016) u tohoto hybridu naměřenou hodnotu metodou ELOS na úrovni 70,6 a v roce 2014 Povolný et al. (2015) naměřili průměrnou hodnotu 71,5. V našem pokusu byl průměr této odrůdy 70,27. U hybridu LG 31.233 měla nejvyšší stravitelnost var. 3, která byla statisticky vyšší o téměř 4 % rel. oproti variantě hnojené dusíkem před setím (var. 2).

Tab. 9: Vliv hnojení u sledovaných hybridů na stravitelnost organické hmoty (%)

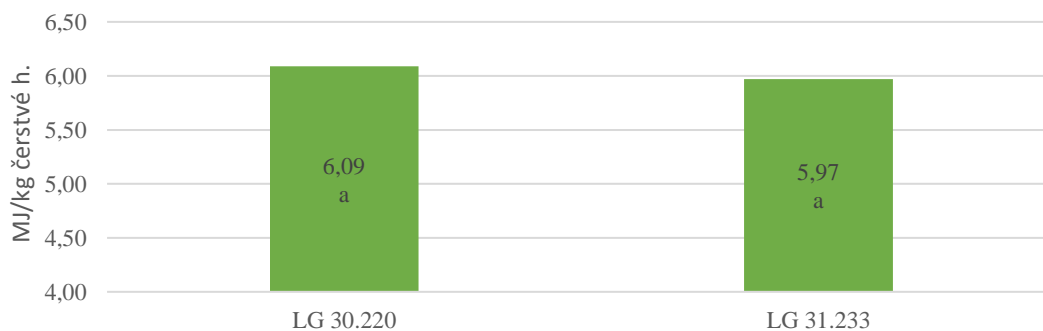
Hybrid	Varianta hnojení	Stravitelnost org. hmoty (%)	
		% ± SE	Rel. %
LG 30.220	var. 1	70,85a ± 0,41	100
	var. 2	69,28a ± 1,92	97,8
	var. 3	71,14a ± 0,26	100,4
	var. 4	69,80a ± 1,73	98,5
LG 31.233	var. 1	68,78ab ± 0,40	100
	var. 2	68,71a ± 0,30	99,9
	var. 3	71,36b ± 0,46	103,8
	var. 4	70,19ab ± 0,65	102,1

$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

5.3.3 Netto energie laktace (NEL)

Netto energie laktace (NEL) se mezi hybridy průkazně nelišila ($p \leq 0,05$). Rozdíl byl v rámci několika setin MJ.kg^{-1} čerstvé hmoty, což odpovídá v relativním vyjádření cca 2 %, jak prezentuje graf 19.

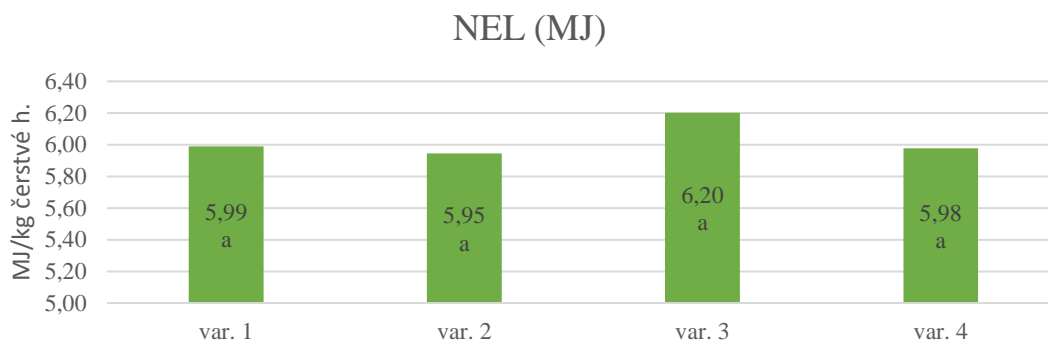
Graf 19: Vliv pěstovaného hybridu na hodnotu NEL (MJ.kg^{-1} sušiny)



$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

Varianta hnojení neměla prokazatelný vliv ($p \leq 0,05$) na netto energii laktace, přestože varianta 3 měla oproti variantě 2 o 4,2 % rel. vyšší hodnotu NEL. Vyšší byla i v porovnání se zbylými variantami a to o 3,5 % rel. (srovnání s var. 1) a o 3,7 % rel. (oproti variantě 4), jak prezentuje graf 20. Loučka et al. (2014b) prezentují faktor ročníku (interakce teploty a srážek) jako nejvýznamnější prvek určující úroveň kvalitativních parametrů silážních hybridů kukuřice.

Graf 20: Vliv hnojení na hodnotu NEL (MJ.kg⁻¹ sušiny)



$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

Jak prezentuje graf 20, varianta hnojení neměla prokazatelný ($p \leq 0,05$) vliv na množství NEL a nebylo tomu tak ani u jednoho ze sledovaných hybridů (tab. 8). Zeman et al. (1995) uvádějí minimální hodnotu NEL u kukuřice s 31% sušiny ve výši 5,98 MJ/kg. U hybridu LG 30.220 tuto hodnotu splňují všechny varianty, kdežto u hybridu LG 31.233 je nejvíce pod hodnotou tohoto limitu NEL nehnojené varianty, která je 0,15 MJ.kg⁻¹ nižší. Povolný a Vacek (2016) v rámci odrůdových pokusů ÚKZÚZ naměřili u hybridu LG 30.220 průměrnou hodnotu NEL 6,48 MJ.kg⁻¹. Tuto hodnotu však nedosáhla ani jedna varianta hnojení u obou hybridů.

Tab. 10: Vliv hnojení u sledovaných hybridů na hodnotu NEL (MJ.kg⁻¹ sušiny)

Hybrid	Varianta hnojení	NEL (MJ.kg ⁻¹ sušiny)	
		MJ ± SE	Rel. %
LG 30.220	var. 1	6,14a ± 0,10	100,0
	var. 2	5,98a ± 0,35	97,4
	var. 3	6,20a ± 0,04	101,0
	var. 4	6,03a ± 0,19	98,2
LG 31.233	var. 1	5,84a ± 0,06	100,0
	var. 2	5,91a ± 0,08	101,2
	var. 3	6,20a ± 0,07	106,2
	var. 4	5,93a ± 0,12	101,5

$P \leq 0,05$ - Následné testování (Fisherův LSD test) - a, b, c, ... – mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ($p \leq 0,05$) v případě, jsou-li písmena stejná

6 ZÁVĚR

Z jednoletého maloparcelkového pokusu je zřejmé, že hnojení dusíkem má příznivý vliv na růst, produkci a kvalitu silážní kukuřice. Výsledky experimentu založeného na studiu účinku dělené aplikace dusíku na výnosové a kvalitativní parametry silážní kukuřice rezultují do níže uvedených závěrů:

- Hmotnost rostlin v počátku růstu kukuřice byla průkazně zvýšena na variantách s vysokými dávkami N (100 a 150 kg/ha) aplikovanými při setí. V druhém odběru provedeném 14 dní po aplikaci dělené dávky N ve fázi 8 pravých listů se hmotnost rostlin mezi variantami srovnala.
- Obsah dusíku v rostlině byl průkazně zvýšen po jeho aplikaci na všech variantách v obou odběrech.
- Mezi zkoušenými hybridy byl prokázán signifikantní rozdíl v produkci zelené hmoty. Výnos hybridu LG 31.233 byl v porovnání s hybridem LG 30.220 o 7 % vyšší.
- Aplikace dusíku zvýšila výnos zelené hmoty až o 36,5 % a suché hmoty až o 35 %. Rozdíl mezi dělenou aplikací a aplikací celkové dávky při setí nebyl průkazný. I přes tuto skutečnost dosáhl výnos nejvyšší hodnoty na variantě s dělenou aplikací dusíku (50 kg při setí a 100 kg N ve fázi 8. pravého listu), v případě produkce suché hmoty převyšoval variantu předset'ově hnojenou o 5,2 %.
- Aplikace dusíku snížila sušinu rostlin silážní kukuřice stanovenou při sklizni o 1,1–4,9 % relativních. Statisticky nejvyšší hodnota stravitelnosti org. hmoty byla dosažena po dělené aplikaci dusíku v dávkách 50 kg N při setí a 100 kg N ve fázi 8. pravého listu. Hnojení dusíkem průkazně neovlivnilo hodnotu netto energie laktace.

Z uvedených závěrů je patrné, že kromě výběru optimálního hybridu kukuřice určené pro silážní účely ve vztahu k produkci a jeho kvality je důležité zohlednit i požadavky této plodiny na živiny. Z jednoletého pokusu se dělená aplikace dusíku jeví jako vhodný nástroj k dosažení optimálních výnosových parametrů této kultury.

7 LITERATURA

AL-RAWASHDEH, Y. A. a A. H. ABDEL-GHANI. Effect of nitrogen application timing on dry matter and nitrogen assimilation and partitioning in six wheat cultivars under rain-fed conditions of Jordan. Archives of Agronomy and Soil Science [online]. 2008, 54(2), s.149-162 [cit. 2017-04-16]. DOI: 10.1080/03650340701829621. ISSN 0365-0340. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03650340701829621>

AZEEZ, J. O. a M. T. ADETUNJI. Nitrogen-use efficiency of maize genotypes under weed pressure in a tropical alfisol in Northern Nigeria. Tropicultura. 25(3), 2007, s.174-179.

BALÍK, J., J. ČERNÝ a P. TLUSTOŠ. Principy hnojení kukuřice. Úroda [online]. 2001 [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://uroda.cz/principy-hnojeni-kukurice/>

BALLARD, C.S., E.D. THOMAS, D.S. TSANG, P. MANDEBVU, C.J. SNIFFEN, M.I. ENDRES a M.P. CARTER. Effect of Corn Silage Hybrid on Dry Matter Yield, Nutrient Composition, In Vitro Digestion, Intake by Dairy Heifers, and Milk Production by Dairy Cows. Journal of Dairy Science [online]. 2001, 84(2), s. 442-452 [cit. 2017-04-16]. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(01)74494-3. ISSN 00220302. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030201744943>

BARKER, B., Understanding N mineralization. Top Crop Manager [online]. 2011 [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://www.topcropmanager.com/micronutrients/understanding-n-mineralization-10515>

BARKER, A. V. a D. J. PILBEAM. Handbook of plant nutrition. Second edition. 2015, s. 773, ISBN 9781439881972.

BELEJ J., J. JANDA et al., Kukurica, Příroda Bratislava ,301-04-30, 1982, s. 402

BIELEK, P. Dusík v podě a jeho premeny. Příroda Bratislava, 1984, s. 21 – 135

BÍZIK, J.: Podmienky optimalizácie výživy rastlín dusíkom. Bratislava, Veda, 1989, s. 189.

BOELCKE B. Effekte der N-Injektionsdüngung auf Ertrag und Qualität von Getreide und Raps in Mecklenburg-Vorpommern. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 245, 2001, 45–53.

BREMMER J.M.. Sources of nitrous oxide in soils. Nutr. Cycl. Agroecosyst. 49, 1997, s. 7–16

BROWN, B., J. HART, D. HORNECK a A. MOORE. Nutrient Management for Field Corn Silage and Grain: 10. MINERÁLNÍ A ORGANICKÁ VÝŽIVA ROSTLIN [online]. 2010 [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://www.cals.uidaho.edu/edComm/pdf/PNW/PNW0615.pdf>

CONRAD R. Soil Microorganisms as Controllers of Atmospheric Trace Gases. Microbiological reviews. Washington: American Society for Microbiology, 1996. ISSN 0146-0749

ČERNÝ, J., J. BALÍK a R. NĚMEČEK. Minerální a organický dusík v půdě. Agris [online]. 1997, [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/118821/mineralni-a-organicky-dusik-v-pude>

ČERNÝ, J., V. VANĚK a O. KOZLOVSKÝ. Minerální a organický dusík v půdě. Zemědělec [online]. 2011 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://zemedelec.cz/hnojeni-dusikem-specifika-a-aplikace/>

ČIŽMÁR, D.: Aplikace NIRS v zemědělské analytice. PhD Diss. Brno, ČR: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007

DIVIŠ, J., J. JŮZA, E. BIEDERMANNOVÁ Produkční a kvalitativní otázky silážní kukuřice pěstované v nekukuřičných oblastech. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 1992, s. 110

DIVIŠ, J. et al. Pěstování rostlin. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2010, s. 260

DRINKWATTER, L.E., P. WAGONER, M. SARRANTONIO. Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature* 396, 1998, s. 262—264.

FECENKO, J. a O., LOŤEK Výživa a hnojenie poľných plodín, Nitra, SPU, 2000, s. 452
ISBN: 80-71337-777-5

FELKOVÁ, M., B. KOCOURKOVÁ Pěstování léčivých rostlin. Veterinární a Farmaceutická universita Brno, 2003, ISBN 80-7305-458-2

FERNÁNDEZ, F. G, S. A EBELHAR, E. D NAFZIGER a R. G HOEFT. Managing Nitrogen. *Illinois Agronomy Handbook* [online]. 2012, 113 - 132 [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://extension.cropsciences.illinois.edu/handbook/pdfs/chapter09.pdf>

HA, T. K. T., M. MAEDA, T. FUJIWARA, H. NAGARE a S. AKAO. Effects of soil type and nitrate concentration on denitrification products (N_2O and N_2) under flooded conditions in laboratory microcosms. *Soil Science and Plant Nutrition* [online]. 2015, 61(6), 999-1004 [cit. 2017-02-23]. DOI: 10.1080/00380768.2015.1094747. ISSN 0038-0768. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00380768.2015.1094747>

HABTAMU A., H. GEBREKIDAN, B. BEDADI and E. ADGO, Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Yield and Yield Components of Maize at Wujiraba, 2015.

HRUŠKA J., V. STEHLÍK Monografie o kukuřici. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1962. *Zemědělské aktuality* (Státní zemědělské nakladatelství). s. 906
CHEEMA, M. A.; SALEEM, M. F.; MUHAMMAD; N.; WAHID, M. A.; BABER, B. H. Impact of rate and timing of nitrogen application on yield and quality of canola (*Brassica napus* L.). *Pakistan Journal of Botany*, v.42, , 2010, s.1723-1731.

IQBAL, S., H. Z. KHAN, EHSANULLAH, M. S. I. ZAMIR, M. W. R. MARRAL a H. M. R. JAVEED. The effects of nitrogen fertilization strategies on the productivity of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Zemdirbyste-Agriculture* [online]. 2014, 101(3), 249-256 [cit. 2017-04-23]. DOI: 10.13080/z-a.2014.101.032. ISSN 1392-3196. Dostupné z: http://www.zemdirbyste-agriculture.lt/1013_str32/

ISLAM, M. R. a S. C. GARCIA. Effects of sowing date and nitrogen fertilizer on forage yield, nitrogen- and water-use efficiency and nutritive value of an annual triple-crop complementary forage rotation. *Grass and Forage Science* [online]. 2012, 67(1), 96-110 [cit. 2017-04-14]. DOI: 10.1111/j.1365-2494.2011.00825.x. ISSN 01425242. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2494.2011.00825.x>

ISLAM, M.R., S.C. GARCIA a A. HORADAGODA. Effects of irrigation and rates and timing of nitrogen fertilizer on dry matter yield, proportions of plant fractions of maize and nutritive value and in vitro gas production characteristics of whole crop maize silage. *Animal Feed Science and Technology* [online]. 2012b, **172**(3-4), 125-135 [cit. 2017-04-24]. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2011.11.013. ISSN 03778401. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840111004895>

KAEFER, J. E., A. RICHART, M. de H. NOZAKI, J. DAGA, R. CAMPAGNOLO a P. E. FOLLMANN. Canola response to nitrogen sources and split application. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* [online]. 2015, 19(11), 1042-1048 [cit. 2017-04-16]. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n11p1042-1048. ISSN 1807-1929. Dostupné z: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662015001101042&lng=en&nrm=iso&tlng=en

KAPLAN, Mahmut, Ozkan BARAN, Ali UNLUKARA, et al. THE EFFECTS OF DIFFERENT NITROGEN DOSES AND IRRIGATION LEVELS ON YIELD, NUTRITIVE VALUE, FERMENTATION AND GAS PRODUCTION OF CORN SILAGE. *Turkish Journal Of Field Crops* [online]. 2016, **21**(1), 100- [cit. 2017-04-24]. DOI: 10.17557/tjfc.82794. ISSN 1301-1111. Dostupné z: <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/tjfc/article/view/5000188697>

KHAN H. Z., IQBAL S., IQBAL A., AKBAR N., Jones D. L Response of maize (*Zea mays* L.) varieties to different levels of nitrogen. *Crop and Environment*, 2 (2), 2011, s. 15–19

KHAN. The Nitrogen Cycle. *Soil Diagnostics* [online]. 2016 [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://soildiagnosics.com/content/nitrogen-cycle>

KOEFOED, N. Effect of rate and timing of nitrogen fertilizer application on the proportion of ear, the digestibility of straw constituent and the quality of whole crop barley at different stages of maturity. *Animal Feed Science and Technology* [online]. 1993, 44(1-2), 73-84 [cit. 2017-04-20]. DOI: 10.1016/0377-8401(93)90038-L. ISSN 03778401. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/037784019390038L>

KOPÁČOVÁ, O. Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům. Praha: ÚZPI, 2007. ISBN 9788072711840. s. 20 – 22

KUCKE, M. Ertrag und Kornqualität von Winterweizen und nach Winterroggen N-Injektionsdüngung: Feldversuchsergebnisse 2001 . *Landbauforschung Voelkenrode*, Sonderheft 245, s. 69 – 80

LAEGREID, M., O. C. BOCKMAN, O. KAARSTAD *Agriculture, Fertilizers and the Environment*. CABI Publishing, Wallingford, 1999, s. 294, ISBN 0-85199-358-3

LAMB, J. A, F. G FERNANDEZ a D. E KAISER. Understanding nitrogen in soils. University of Minnesota [online]. 2014 [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://www.extension.umn.edu/agriculture/nutrient-management/nitrogen/understanding-nitrogen-in-soils/docs/AG-FO-3770-B.pdf>

LARSON, E. a L. OLDHAM *Corn fertilization, Information sheet 864*, Mississippi state university, 2008

LI, C. J., Z. H. XU, Z. X. DONG, S. L. SHI a J. G. ZHANG. Effects of Nitrogen Application Rate on the Yields, Nutritive Value and Silage Fermentation Quality of Whole-crop Wheat. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* [online]. 2016-8-1, 29(8), 1129-1135 [cit. 2017-04-24]. DOI: 10.5713/ajas.15.0737. ISSN 1011-2367. Dostupné z: <http://ajas.info/journal/view.php?doi=10.5713/ajas.15.0737>

LIMAGRAIN, Katalog LG kukuřice a slunečnice 2016, 2016, [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://lgseeds.cz/wp/wp-content/uploads/2016/04/katalog465.pdf>

LOUČKA, R., J. LANG, V. JAMBOR, Y. TYROLOVÁ, J. NEDĚLNÍK, J. TŘINÁCTÝ aj. KUČERA. *Kritéria pro výběr hybridů kukuřice na siláž: uplatněná certifikovaná metodika*. Troubsko: Zemědělský výzkum, spol. s r.o., 2015. ISBN 978-80-88000-05-1.

LOUČKA, R., J. HAKL, J. JIRMANOVÁ a Y. TYROLOVÁ. Yearly variation in maize silage fermentation and nutritive quality. *Grass and Forage Science* [online]. 2015b, **70**(4), 674-681 [cit. 2017-04-24]. DOI: 10.1111/gfs.12151. ISSN 01425242. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/gfs.12151>

MAŠEK, J., 2010: Hlavní zásady výroby kukuřičné siláže. Česká zemědělská univerzita v Praze. Databáze online [cit. 2017-02-16]. Dostupné na: <http://zemedelec.cz/hlavnizasady-vyroby-kukuricne-silaze/>

MOUDRÝ, J. a J. JŮZA Pěstování obilnin, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 1998, s. 87, ISBN 80-7040-274-1.

NATHAN, M. Diagnosing Nutrient Deficiencies. University of Missouri, Division of Plant Sciences [online]. 2016 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: https://ipm.missouri.edu/IPCM/2016/7/Diagnosing_Nutrient_Deficiencies/

NEUBERG, J.: Hnojení a výživa rostlin na zahradě. Praha, Grada, 1998, s. 149.

NIAZ A., M. YASEEN, M. ARSHAD and RASHID A.. Variable nitrogen rates and timing effect on yield, nitrogen uptake and economic feasibility of maize production. *Journal of Agricultural Research*, 52(1), 2014, s. 77-89.

OKTEM, A., A. G. OKTEM a H. Y. EMEKLIER. Effect of Nitrogen on Yield and Some Quality Parameters of Sweet Corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* [online]. 2010, 41(7), 832-847 [cit. 2017-04-16]. DOI: 10.1080/00103621003592358. ISSN 0010-3624. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00103621003592358>

PANDEY, S N; SINHA, B K. "Mineral Nutrition". *Plant Physiology*, New Delhi-110014: VIKAS PUBLISHING HOUSE Pvt. Ltd. 2002, s. 125–126. ISBN 8125918795.

PETR, J. a J. HÚSKA. Speciální produkce rostlinná. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1997. ISBN 80-213-0152-X. Agronomická fakulta, s. 158 – 175

PLÍŠTIL, D. a J. MALAŤÁK Využití zbytkové biomasy ze zemědělských produktů. In: Mezinárodní konference - sborník, Věda a výzkum - Nástroje globálního rozvoje strategie, Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta 2004, ISBN 80-213-1238-6 20, 220 s

POVOLNÝ, M., E. VACEK a B. KREMLÁČKOVÁ. Kukuřice: Výsledky zkoušek užitné hodnoty ze sklizně 2014. 2015. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební úřad zemědělský Brno, 2015

POVOLNÝ, M. a E. VACEK. Přehled odrůd 2016 Kukuřice. 2016. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební úřad zemědělský Brno, 2016. ISBN 978-80-7401-133-7.

PROCHÁZKA, S. a kol.: Fyziologie rostlin. Praha, Academia, 1998, s. 484.

PROKOP M., KERNEROVÁ L., GALLO M., LOUČKA R., MACHAČOVÁ E., TYROLOVÁ Y. Sborník, Pěstování, konzervace a využití kukuřice, VÚŽV Praha – Uhřetěves, VP AGRO Kněžves, 2000, s. 2 – 3

QAHAR, A. a B. AHMAD. Effect of Nitrogen and Sulfur on Maize Hybrids Yield and Post-Harvest Soil Nitrogen and Sulfur. Sarhad Journal of Agriculture [online]. 2016-8-30, 32(3), 239-251 [cit. 2017-04-16]. DOI: 10.17582/journal.sja/2016.32.3.239.251. ISSN 10164383. Dostupné z: <http://smithandfranklin.com/current-issues/Effect-of-Nitrogen-and-Sulfur-on-Maize-Hybrids-Yield-and-Post-Harvest-Soil-Nitrogen-and-Sulfur/14/1/231/html>

RICHTER, R. a J. HLUŠEK. Výživa a hnojení rostlin. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999. ISBN 80-7157-138-5.

RICHTER, R. Význam biogenních prvků In: RYANT, P., RICHTER, R., HLUŠEK, J., FRYŠČOVÁ, E., Multimediální učební texty z výživy rostlin. [online]. 2004, MZLU Brno, [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/biogenni_prvky/a_index_biogen.htm

RICHTER, R. Výměnná sorpce aniontů In: RYANT, P., RICHTER, R., HLUŠEK, J., FRYŠČOVÁ, E., Multimediální učební texty z výživy rostlin. [online]. 2004, MZLU Brno, [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/a_index_agrochem.htm

RICHTER, R. Kukuřice In: RYANT, P., RICHTER, R., hřivna, I., Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin. [online]. 2005, MZLU Brno, [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/obilniny/a_index_obilniny.htm

Richter, R. Živný režim půd In: RYANT, P., RICHTER, R., HLUŠEK, J., FRYŠČOVÁ, E., Multimediální učební texty z výživy rostlin. [online]. 2007, MZLU Brno, [cit. 2016-02-20]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_n.htm

RIZWAN, M., M. MASQOOD, M. RAFIQ, M. Saeed and Z. Ali. Maize (*Zea mays* L.) response to split application of nitrogen. *Int. J. Agri. Biol.* 5(1): 2003, s. 19–21.

RUSSELLE, M. P., E. J. DEIBERT, R. D. HAUCK, M. STEVANOVIC and R. A. OLSON. Effects of water and nitrogen management on yield and ¹⁵N-depleted fertilizer use efficiency of irrigated corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45, 1981, s. 553-558.

ŘÍMOVSKÝ, K. et al., Pícninářství – polní pícniny, Vysoká škola zemědělská v Brně, 1989, 165s., ISBN 80-7157-038-9

SAPKOTA, U. MORPHOLOGY OF MAIZ [online]. 2012 [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: <http://oceanicum.es.blogspot.cz/2012/12/morphology-of-maize.html>

SAFDARIAN, M., J. RAZMJOO a M. M. DEHNAVI. EFFECT OF NITROGEN SOURCES AND RATES ON YIELD AND QUALITY OF SILAGE CORN. *Journal of Plant Nutrition* [online]. 2014, 37(4), 611-617 [cit. 2017-04-14]. DOI: 10.1080/01904167.2013.867986. ISSN 0190-4167. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904167.2013.867986>

SHANAHAN, J. Timing of Nitrogen Applications Can Enhance Yields: Split applications can provide nitrogen when plants need it most. Pioneer news release [online]. 2014 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: <http://us5.campaign-archive1.com/?u=4e6f06f75271d867b975128f1&id=9f2b9cfd61&e=678cb839ea>

SHEAFFER, C. C., J. L. HALGERSON a H. G. JUNG. Hybrid and N Fertilization Affect Corn Silage Yield and Quality. *Journal of Agronomy and Crop Science* [online]. 2006, 192(4), 278-283 [cit. 2017-04-14]. DOI: 10.1111/j.1439-037X.2006.00210.x. ISSN 0931-2250. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1439-037X.2006.00210.x>

SHENK, J.S., J. J. jr. WORKMAN, M. O. WESTERHAUSE Application of NIR Spectroscopy to Agricultural Products. Pages 347 – 386 in Bruns D.A., Ciurczak E.W. (eds.): *Handbook of Near-Infrared Analysis*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 2007.

SCHLEGEL, R. H. J. Dictionary of Plant Breeding. CRC Press, Boca Raton, 2010, s. 571, ISBN: 978-1-4398-0242-7

SCHARF, P. C., W. J. WIEBOLD and J. A. LORY. Corn yield response to nitrogen fertilizer timing and deficiency level. *Agron. J.* 94. 2002, s. 435-441.

SCHULZ, R., T. MAKARY, S. HUBERT, et al. Is it necessary to split nitrogen fertilization for winter wheat? On-farm research on Luvisols in South-West Germany. *The Journal of Agricultural Science* [online]. 2015, 153(04), 575-587 [cit. 2017-04-15]. DOI: 10.1017/S0021859614000288. ISSN 0021-8596. Dostupné z: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0021859614000288

SKLÁDANKA, J. (2006): Multimediální učební texty píceinářství. [online]. [cit. 2016-02-22]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php?odkaz=kukurice.html

SKLÁDANKA, J. Píceinářství. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. ISBN 978-80-7509-111-6.

SKLÁDANKA, J. Polní pokusy ve Výzkumné píceinářské stanici Vatín. V Brně: Mendelova univerzita, 2014b. ISBN 978-80-7375-688-8.

SMITH C., J. BETRÁN, C. A. E. RUNGE Corn: origin, history, technology and production, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, 2004, s. 944

SLAMKA, P. a E. HANÁČKOVÁ, Listová aplikácia hnojív – významná nadstavba základného hnojenia plodín. In : Naše pole, 2011, s.43-46.

SOMMER K. CULTAN-cropping system: fundamentals, state of development and perspectives In *Nitrogen in a Sustainable Ecosystem: From the Cell to the Plant* (Eds Martins-Loucao M. A. & Lips S. H.), Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers. s. 361–375, 2000.

SVOBODA, M. K pěstování kukuřice, Úroda, r. 53, č. 4, 2005, s. 23 – 26

ŠANTRŮČEK, J. et al., Základy pícninářství, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2001, S. 146, ISBN 80-213-0764-1

ŠAŠKOVÁ D. a V. ŠTOLFA: Trávy a obilí, Artia a. s. a Granit s. r. o. v Praze, 1993, s. 64

ŠETLÍK, SEIDLOVÁ a ŠANTRŮČEK. Fyziologie rostlin [online]. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: http://kebr.prf.jcu.cz/download/lectures/KEBR220/KEBR220_S10.pdf

ŠIMEK, M Základy nauky o půdě. 3. biologické procesy a cykly prvků. Skripta JČU v Českých Budějovicích s 43 – 85

ŠROLLER, J. et al. Speciální fytotechnika: rostlinná výroba. Vyd. 1. Praha: Ekopress, 1997. 205 s. ISBN 80-86119-04-1.

ŠTÍPEK, K., J. ČERNÝ, V. VAŇEK, P. SHEJBAL Vliv aplikace listových hnojiv a stimulátorů růstu na výnos zrna kukuřice, Sborník z konference Racionální použití hnojiv, 2006, s. 151-154, ČZU Praha, ISBN: 80-213-1558-X

ÚLEHLOVÁ, B. Koloběh dusíku v travních ekosystémech. Praha: Academia, 1989, s. 9 – 94

VANĚK, V. Výživa a hnojení polních a zahradních plodin. 3. dopl. vyd. Praha: Martin Sedláček, 2002. ISBN 80-902413-1-X.

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

VRBA, V. a L. HULEŠ Humus - půda - rostlina (15) Minerální hnojiva. Biom.cz [online]. 2007-04-06 [cit. 2017-04-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-15-mineralni-hnojiva>>. ISSN: 1801-2655.

ZAMIR, M.S.I., A.H. AHMAD, H.M.R. JAVEED a T. LATIF. Growth and yield behaviour of two maize hybrids (*Zea mays* L.) towards different plant spacing. *Cercetari agronomice in Moldova* [online]. 2011-01-1, 44(2), - [cit. 2017-04-16]. DOI: 10.2478/v10298-012-0030-9. ISSN 2067-1865. Dostupné z: <http://www.degruyter.com/view/j/cerce.2011.44.issue-2/v10298-012-0030-9/v10298-012-0030-9.xml>

ZEHNÁLEK, J., V. ADAM a R. KIZEK. ASIMILACE DUSIČNANOVÉHO, AMONNÉHO A AMIDICKÉHO DUSÍKU U ZEMĚDĚLSKÝCH PLODIN. *Chemické listy* [online]. 2006, , 508 - 514 [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2006_07_508-514.pdf.

ZEMAN L. et al.: Katalog krmiv, VÚVZ Pohořelice, 1995, ISBN 80-901598-3-4

ZIMOLKA, J. et al. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. Profí Press s.r.o., Praha, 2008a, 200 s, ISBN 978-80-86726-31-1

ZIMOLKA, J. Speciální produkce rostlinná - rostlinná výroba: (polní a zahradní plodiny, základy pícninářství). 2., nezměn. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008b. ISBN 978-80-7375-230-9.

8 SEZNAM PŘÍLOH

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Vzdělání kořenového systému v průběhu vývoje	13
Obr. 2 – 15: Růstové fáze rozdělené na vegetativní a generativní	17
Obr. 16: Procentuální odběr živin v průběhu celé vegetace	19
Obr. 17: Cyklus dusíku	21
Obr. 18: Nitrifikace a denitrifikace dusíku	22
Obr. 19: Nitrátoreduktáza a nitritoreduktáza	24
Obr. 20: Nedostatek dusíku na listech kukuřice	26
Obr. 21: Popálení listu po aplikaci dusíku v průběhu vegetace	27
Obr. 22: Odběr dusíku během růstu kukuřice	28
Obr. 23: Mapa pokusu, šedé parcelky - LG 30.220, zelené parcelky - LG 31.233	32
Obr. 24: Rostliny ve fázi 3 –5 listu	33
Obr. 25: Deficit fosforu na rostlinách	33

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Růst a klesání ploch silážní kukuřice a její průměrný výnos	11
Graf 2: Klimadiagram	34
Graf 3: Vliv pěstovaného hybridu na hmotnost rostlin (g na rost.) 6. 6. 2016	36
Graf 4: Vliv pěstovaného hybridu na hmotnost rostlin (g na rost.) 17. 7. 2016	36
Graf 5: Hmotnost rostliny (suché hmoty) u varianty hnojení (g na rost.) 6. 6. 2016.....	37
Graf 6: Hmotnost rostliny (suché hmoty) u varianty hnojení (g na rost.) 17. 7. 2016...	37
Graf 7: Vliv pěstovaného hybridu na obsah N v rostlině (%) 6. 6. 2016.....	38
Graf 8: Vliv pěstovaného hybridu na obsah N v rostlině (%) 17. 7. 2016.....	38
Graf 9: Vliv varianty hnojení na obsah N v rostlině (%) 6. 6. 2016.....	39
Graf 10: Vliv varianty hnojení na obsah N v rostlině (%) 17. 7. 2016.....	39
Graf 11: Vliv pěstovaného hybridu na výnos zelené hmoty (t.ha ⁻¹)	40

Graf 12: Vliv pěstovaného hybridu na výnos suché hmoty (t.ha ⁻¹)	40
Graf 13: Výnos zelené hmoty u varianty hnojení (t.ha ⁻¹)	41
Graf 14: Výnos suché hmoty u varianty hnojení (t.ha ⁻¹)	41
Graf 15: Sušina sklizených rostlin u hybridu	42
Graf 16: Sušina sklizených rostlin u varianty hnojení	43
Graf 17: Vliv pěstovaného hybridu na stravitelnost organické hmoty (%)	44
Graf 18: Vliv hnojení na stravitelnost organické hmoty (%)	45
Graf 19: Vliv pěstovaného hybridu na hodnotu NEL (MJ.kg ⁻¹ sušiny)	46
Graf 20: Vliv hnojení na hodnotu NEL (MJ.kg ⁻¹ sušiny)	47

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Stupnice BBCH	16
Tab. 2: Potřeba živin pro 1 t.ha ⁻¹ sušiny silážní kukuřice	20
Tab. 3: Agrochemické vlastnosti půdy, před založením pokusu na poli	30
Tab. 4: Schéma pokusu	31
Tab. 5: Vliv hnojení dusíkem u sledovaných hybridů na hmotnost rostlin (g na rost.)	37
Tab. 6: Vliv hnojení u sledovaných hybridů na množství N v rostlině (%)	39
Tab. 7: Vliv hnojení u sledovaných hybridů na výnos zelené a suché hmoty (t.ha ⁻¹)	42
Tab. 8: Vliv hnojení u sledovaných hybridů na sušina sklizených rostlin (%)	44
Tab. 9: Vliv hnojení u sledovaných hybridů na stravitelnost organické hmoty (%)	46
Tab. 10: Vliv hnojení u sledovaných hybridů na hodnotu NEL (MJ.kg ⁻¹ sušiny)	47