

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2016

VOJTĚCH ŠIMEK



Vliv úpravy pH půdy na výnos zrnové kukuřice

Bakalářská práce

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

Vypracoval:
Vojtěch Šimek

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel: **Vojtěch Šimek**
Studijní program: Agrobiologie
Obor: Fytotechnika
Název tématu: **Vliv úpravy pH půdy na výnos zrnové kukuřice**
Rozsah práce: 40 – 50 s.

Zásady pro vypracování:

1. Studium doporučené literatury.
2. Zpracování literárního přehledu k uvedenému tématu.
3. Založit polní pokus s variantami hnojení N, P, K a Ca na půdě s kyselou půdní reakcí.
4. Vyhodnocení vlivu různých variant hnojení N, P, K a Ca na dynamiku růstu, výnos a kvalitu zrnové kukuřice.
5. Statistické zhodnocení získaných výsledků.
6. Zpracování bakalářské práce.



Seznam odborné literatury:

1. ZIMOLKA, J. a kol. *Kukuřice : hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1.
2. *Kukuřice v praxi 2013 : sborník ze semináře s mezinárodní účastí*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013. 69 s. ISBN 978-80-7375-691-8.
3. *Kukuřice v praxi 2014 : sborník z mezinárodní konference pořádané k 95. výročí založení univerzity v Brně*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. 46 s. ISBN 978-80-7375-937-7.
4. LOŠÁK, T. Zásadní poznatky k výživě a hnojení kukuřice. *Agromanuál*. 2013. sv. 8, č. 3, s. 82–84. ISSN 1801-7673.
5. MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. vyd. London: Academic Press, 2006. 889 s. ISBN 978-0-12-473543-9.
6. PROKEŠ, K. – HLUŠEK, J. – LOŠÁK, T. *Výživa kukuřice v podmínkách bramborářské výrobní oblasti*. Disertační práce. MZLU v Brně, 2008. 170 s.
7. HLUŠEK, J. – RICHTER, R. – KLÍR, J. – TRÁVNÍK, K. – ČERMÁK, P. Hlavní zásady vápnění pro současné a nejbližší období. In *Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku vápnění*. Praha: ČZU Praha, 2005, s. 87–88. ISBN 80-213-1401-X.
8. LOŠÁK, T. – KOTVAS, F. – ČERMÁK, P. – HLUŠEK, J. Půdní kyselost a nápravné opatření vápněním ve SR a ČR. *Agrochémia : Agrochemistry*. 2008. sv. 48, č. 1, s. 3–6. ISSN 1335-2415.
9. *Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku vápníku a vápnění*. Praha: ČZU v Praze, 2013. ISBN 978-80-213-2416-9.
10. VANĚK, V. – PENK, J. a kol. *Vápnění zemědělských půd*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 1991. 107 s. ISBN 80-7084-047-1.
11. FLOHROVÁ, A. *Vápník a jeho význam pro půdu a rostliny : (studijní zpráva) = Calcium and its importance to soil and plants : (review)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. 38 s. Studijní informace. ISBN 80-86153-21-5.
12. HLUŠEK, J. – LOŠÁK, T. – RICHTER, R. – ŠKARPA, P. – BĚLÍKOVÁ, H. VLIV ÚPRAVY pH NA VÝNOS A KVALITU PRODUKCE. In *Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku vápníku a vápnění*. Praha: ČZU v Praze, 2013, s. 59–66. ISBN 978-80-213-2416-9.
13. Odborné a vědecké články vztahující se k dané problematice.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2014

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2016

Vojtěch Šimek
Autor práce



Ing. Vladimír Smutný, Ph.D.
Vedoucí práce

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

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

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: *Vliv úpravy pH půdy na výnos zrnové 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 ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnici 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

Rád bych poděkoval doc. Ing. Vladimíru Smutnému, Ph.D. za vedení a odbornou pomoc při řešení a tvorbě bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Josefu Maňáskovi Ph.D. za pomoc a ochotu při řešení praktické části pokusu a využití mechanizačních prostředků. Také bych rád poděkoval firmě KWS OSIVA s.r.o., která umožnila pokus uskutečnit. Poděkování patří také Pavlu Krajčovi ze zemědělské společnosti Plemenářské služby a.s. Otrokovice, na jejichž pozemcích byl pokus realizován. Na konec bych rád poděkoval mé rodině a přítelkyni za velkou podporu při studiu bakalářského oboru a psaní bakalářské práce.

ABSTRAKT

V bakalářské práci na téma *Vliv úpravy pH půdy na výnos zrnové kukuřice* byly posuzovány výnosotvorné a kvalitativní parametry zrnové kukuřice KWS 9361 ve variantách dvou různých hnojení proti nehnojeným kontrolám v závislosti na úpravě pH půdy dolomitickým vápencem. Jednou z variant bylo hnojení pouze dusíkem v dávce 180 kg/ha a druhou variantou hnojení třísložkovým hnojivem NPK v dávce 180 kg N/ha, 50 kg P/ha a 125 kg K/ha. Tyto varianty byly porovnávány s kontrolami. Výnos zrna byl průkazně nejvyšší u nevápněné varianty hnojené NPK (10,19 t/ha) oproti ostatním variantám. Taktéž hmotnost tisíce semen byla nejvyšší u nevápněné varianty hnojené NPK (267,9 g). Podíl zrna k celkové hmotnosti palice a obsah škrobu v zrně nevykazovali signifikantní rozdíly mezi variantami. Hmotnost sušiny rostlin v průběhu vegetace narůstala rozdílně. Největší přírůstky sušiny jsou prokazatelně u nevápněné varianty hnojené NPK.

Klíčová slova: kukuřice, pH půdy, vápnění, zrno, kvalita, výnos

ABSTRACT

In bachelor work on topic *Influence of soil pH treatment on grain maize yield* was evaluated yield-making and qualitative parameters of grain maize KWS 9361 in two different variants of fertilizing, depending on soil pH treatment with dolomitic limestone. One of these variants was fertilizing with only N rates 180 kg/ha and the second of them was fertilizing with NPK fertilizer rates 180 kg N/ha, 50 kg P/ha and 125 kg K/ha. These variants were compared with untreated variants (without dolomitic limestone). No-liming variant fertilized with NPK caused significantly better grain yield (10.19 t/ha), than other variants. The highest thousand grain weight (267.9 g) was also at no-liming variant fertilized with NPK. The share of grain to total cob-weight and starch content of the grain didn't show any significant differences between variants. Dry weight of plants increased during the vegetation differently. The best yields of dry biomass were at no-liming variant, fertilized with NPK.

Key words: maize, soil pH, liming, grain, quality, yield

Obsah

1	ÚVOD.....	9
2	CÍL PRÁCE.....	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
3.1	Kukuřice setá	11
3.1.1	Historie pěstování	11
3.1.2	Botanická charakteristika.....	11
3.1.3	Biologie rostliny	12
3.1.4	Požadavky na stanoviště	12
3.1.5	Parametry zrna v období sklizně.....	13
3.1.6	Posklizňová úprava zrna	14
3.1.7	Využití	15
3.2	Výživa kukuřice.....	15
3.2.1	Dusík.....	16
3.2.2	Fosfor.....	19
3.2.3	Draslík	21
3.2.4	Vápník	23
3.3	Půdní reakce	26
3.3.1	Půdní formy	27
3.3.2	Zdroje a příčiny kyselosti půd	28
4	MATERIÁLY A METODIKA	29
4.1	Stanoviště a varianty pokusu.....	29
4.1.1	Stanoviště.....	29
4.1.2	Varianty pokusu.....	29
4.2	Průběh počasí	31
4.3	Agrotechnická opatření	32
4.4	Odběr vzorků.....	33
4.5	Charakteristika odrůdy a hnojiv	33
4.5.1	Charakteristika použité odrůdy.....	33
4.5.2	Charakteristika použitých hnojiv	34
4.6	Analytické metody.....	35
4.6.1	Stanovení obsahu N_{\min} v půdě	35
4.6.2	Stanovení výměnné půdní reakce	35
4.6.3	Stanovení obsahu fosforu, draslíku a vápníku v půdě.....	35

4.6.4	Stanovení obsahu bílkovin a hemicelulózy	35
4.6.5	Stanovení škrobu v zrnu	36
4.6.6	Stanovení vlhkosti a objemové hmotnosti zrna	36
5	VÝSLEDKY	37
5.1	Vliv hnojení na obsah živin v půdě	37
5.2	Dynamika růstu	39
5.3	Výnosotvorné a kvalitativní prvky v silážní zralosti	40
5.4	Výnosotvorné a kvalitativní prvky zrna	43
6	DISKUZE	46
6.1	Vliv hnojení na obsah živin v půdě	46
6.2	Vliv hnojení na výnos zrna	47
7	ZÁVĚR	49
8	POUŽITÁ LITERATURA.....	51
9	PŘÍLOHY	55
10	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ.....	61
11	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	63

1 ÚVOD

V celosvětovém měřítku je kukuřice velmi významnou plodinou. Původ kukuřice můžeme hledat v teplých a vlhkých oblastech tropů a subtropů. Je využívána jak ve výživě lidí, tak i k výživě hospodářských zvířat a také k průmyslovému zpracování. V dnešní době se řadí mezi nejrozšířenější a nejproduktivnější obilniny světa. Kukuřice spolu s rýží a pšenicí patří mezi tři nejdůležitější obilniny světa. Nejvýznamnější pěstitelé jsou USA, Čína a Brazílie. Ze států Evropy jsou to Ukrajina a Francie. Evropa v pěstování kukuřice zaujímá 11,4 % produkce celého světa (FAOSTAT, 2014).

Jak ve světě, tak i v České republice je kukuřice třetí nejpěstovanější obilnina. V roce 2014 se zrnová kukuřice pěstovala na 98 749 hektarech. Na prvním místě se umístila pšenice s celkovou výměrou 835 941 hektarů a na druhém místě ječmen a to s 350 518 hektary (ČSÚ, 2015). Pěstování kukuřice se stále rozvíjí díky podmínkám pěstování, novému šlechtění a využití v potravinářském a průmyslovém zpracování. Dalším důvodem rozvoje pěstování silážní kukuřice je stále rostoucí využití biomasy v bioplynových stanicích na výrobu převážně elektrické energie a tepla.

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce, která byla realizována jako jednoletý poloprovozní pokus, bylo posouzení výnosotvorných a kvalitativních prvků zrnové kukuřice KWS 9361. Pokus byl uskutečněn na půdě se slabě kyselou půdní reakcí s variantami hnojení N, P, K a Ca. Část pokusu byla provedena na půdě s upraveným pH pomocí dolomitického vápence a druhá část pokusu byla provedena na půdě s neupravenou půdní reakcí.

Varianty hnojení byly ověřeny na:

- obsahu škrobu v zrně
- hmotnosti tisíce semen (HTS)
- výnosu zrna
- nárůstu produkce suché hmoty (sušiny) rostlin v průběhu vegetace

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Kukuřice setá

3.1.1 Historie pěstování

Vznik a původ kukuřice ještě v dnešní době není zdaleka objasněn. Podle písemných nálezů, které se datují až po objevení Ameriky, ukazují na oblast středoamerickou a jihoamerickou. Kukuřice je tedy známá asi 4000 před n. l. a byla pěstována indiány. Do Evropy se dostala koncem 15. století po objevení Ameriky. Není ovšem jisté, zda byla dovezena již při první Kolumbově cestě (r. 1492) nebo až při druhé (r. 1494). Nejprve se pěstovala jako zvláštnost v zahradách. V Evropě se kukuřice rozšířila nejvíce v 16. století v zemích porobených Turky pod názvem turecká pšenice (dodnes na Moravě "turkyně").

V České republice se pěstování více rozšířilo ve 20. století po zavedení hybridního osiva ve dvou hlavních užitkových směrech, kukuřice na zrno a kukuřice na siláž. Dále se rozvíjí alternativní formy zpracování produkce, což je například využití zrna na výrobu škrobu, tuků a olejů (ZIMOLKA et al., 2008).

3.1.2 Botanická charakteristika

Botanicky je kukuřice setá (*Zea mays* L.) zařazena jako jednoletá, jednodomá, jednoděložná, cizosprašná a různopohlavní rostlina s rozděleným květenstvím na laty a palice na jedné rostlině. Kukuřice patří do podtřídy jednoděložných (*Monocotyledonae*), řádu lipnicokvětých (*Poales*), čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), skupiny kukuřicovitých (*Maydeae*). Většina skupin se pak dělí na nižší botanické jednotky podle barvy a tvaru zrna nebo podle barvy pluch na větenech palice (ZIMOLKA et al., 2008).

3.1.3 Biologie rostliny

Kukuřice patří mezi rostliny C₄. Začíná klíčit při teplotě 12 °C a obsah vody v půdě musí být minimálně 75 %. Doba klíčení je mezi 7 – 10 dny. Při optimální vlhkosti půdy vzchází do 5 dnů. Minimální teplota pro klíčení je 6 °C. Optimální teplota pro rozvoj kořenového systému je 24 °C. Rozvoj vegetativních orgánů se vytváří při teplotě 10 °C. Pro generativní orgány je to však už 12 °C. Schopnost odnožování se u kukuřice nevyskytuje. Po 50 – 60 dnech od výsevu začíná období metání lat a mléčné zralosti. V tomto období vyžaduje rostlina kukuřice největší množství vláhy. Kvetení laty začíná od středu a pyl se uvolňuje 4 – 5 dní. Za méně příznivých podmínek může kvetení trvat i 8 dní. Životnost pylu je pouze v řádu několika dní, ale schopnost opylování blizny je až 25 dní. Opylování se závislé na teplotě a vlhkosti. Nepříznivé teplotní a vlhkostní podmínky mohou posunout začátek kvetení palic až o 5 dní, tedy konec kvetení laty a začátek kvetení palic se může překrývat.

Rostliny kukuřice mají určitý nárok na intenzitu osvětlení. Dalším nárokem je vliv délky osvětlení v dané vývojové fázi. Kratší světelný den ovlivňuje počet listů, výšku rostliny a urychluje kvetení. Hustota porostu je důležitá pro využívání dopadajícího světla. Větší hustota porostu znamená, že rostliny budou vyšší (SKLÁDANKA, 2011).

3.1.4 Požadavky na stanoviště

Požadavky kukuřice na půdní stanoviště nejsou nijak zvláště vyhraněné. Jako teplomilná rostlina vyžaduje spíše teplejší stanoviště a pozitivně reaguje na jarní oteplování (HRUBÝ, 2001). Suma teplot potřebná během vegetace činí 1700 – 3100 °C.

Nevhodné půdy pro pěstování jsou půdy značně štěrkovité s vysokou hladinou podzemní vody. Nejvhodnějšími půdami pro pěstování jsou černozemě, degradované černozemě, hnědozemě, illimerizované hnědozemě a rendziny. Nejde však o půdy těžké, jílovité, ale spíše o půdy hlinité až písčitohlinité, čili středně těžké. Rostlina kukuřice vyžaduje půdy strukturní, středně hluboké až hluboké s dostačujícím obsahem humusu a dostatečnou hloubkou půdního profilu. Při pěstování zrnové kukuřice je nutno zohledňovat zvýšené nároky na teplotu a také na délku vegetační doby.

Pokud je půdní reakce půdy kyselá až silně kyselá, provádí se úprava vápněním již k předplodinám nebo se může provést ihned po jejich sklizení. Na kyselých půdách je velmi výrazná redukce příjmu všech živin a tvorby biomasy, ale hlavně výnosu zrna.

Pro vápnění jsou využívány převážně uhličitanové formy vápenatých hnojiv. U půd s nedostatkem hořčíku je preferován dolomitický vápenec. Při stanovení dávky vápenatého hnojiva se zohledňuje půdní druh a vychází se z hodnot pH/KCl nebo pH/CaCl₂. Je také možnost orientace i podle obsahu přístupného vápníku v půdě. V tomto případě musí být zásoba ve všech půdních druzích dobrá, aby se předešlo nedostatkům jak v rostlinách, tak i přehnojení (RICHTER a RYANT, 2008). V tab. 1 vidíme kritéria hodnocení půdní reakce a v tab. 2 dávky CaO t/ha.

Tab. 1. Kritéria hodnocení půdní reakce (RYANT, 2008)

Hodnota pH	Půdní reakce
do 4,5	extrémně kyselá
4,6 - 5,0	silně kyselá
5,1 - 5,5	kyselá
5,6 - 6,5	slabě kyselá
6,6 - 7,2	neutrální
7,3 - 7,7	alkalická
nad 7,7	silně alkalická

Tab. 2. Roční normativ dávek CaO v tunách na hektar pro ornou půdu (RICHTER, 2004)

Orná půda					
lehká půda		střední půda		těžká půda	
pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha	pH	t CaO/ha
Do 4,5	1,2	do 4,5	1,5	do 4,5	1,7
4,6-5,0	0,8	4,6-5,0	1	4,6-5,0	1,25
5,1-5,5	0,6	5,1-5,5	0,7	5,1-5,5	0,85
5,6-6,0	0,3	5,6-6,0	0,4	5,6-6,0	0,5
-	-	6,1-6,5	0,2	6,1-6,5	0,25
-	-	-	-	6,6-6,7	0,2

3.1.5 Parametry zrna v období sklizně

Sklizeň kukuřice na zrno začíná až po dosažení fyziologické zralosti rostliny. To znamená, že se obsah sušiny v zrně pohybuje mezi 65 – 85 %. Zrno je zároveň tvrdé a lesklé a na bázi má načernalou vrstvu, která signalizuje ukončení ukládání živin. Tyto znaky ukazují na ukončení vegetace. Následné uvolňování vody ze zrna není ovlivněno fyziologickými procesy, významný vliv má průběh počasí, výběr hybridu a organizace

porostu. Termín fyziologické zralosti můžeme také odhadnout podle sumy efektivních teplot. Toto stanovení je předběžné a v některých případech nepřesné a vždy je třeba provádět kontrolu porostu. Na území České republiky obvykle sklizeň probíhá v období měsíce října. Může se stát, že dojde k předčasné sklizni, kukuřice není v plné fyziologické zralosti a není dosaženo plného výnosu zrna. Zrno se dosouší na skladovací vlhkost 14 %. Opakem je pozdní sklizeň. Ta bývá doprovázena velkými výkyvy denních i nočních teplot. Za těchto okolností se také projevují silné větry, které mohou lámat rostliny a komplikují tím sklizeň mechanizací. Za nevhodný termín sklizně je považováno období, kdy můžeme očekávat dešťové nebo sněhové srážky spolu s působením mrazu. Výrazně se snižuje kvalita produkce a je ovlivněn i výkon sklizňové mechanizace. Zrno je potom často napadáno vlivem povětrnostních podmínek plísněmi. Následný rozvoj mykotoxinů má pak nepříznivý vliv na kvalitu zrna.

3.1.6 Posklizňová úprava zrna

Sušení je důležitým faktorem, protože vysoký obsah vody a škrobu ve sklizeném zrně vytváří příznivé podmínky pro mikrobiální procesy, které jsou doprovázeny ztrátou živin a zahříváním. Aktivací enzymů může dojít během dvou až tří dnů po sklizni ke klíčení. Je tedy nutné vytvořit vhodné podmínky pro bezpečné uložení a skladování. Pro snížení vlhkosti zrna se nejčastěji volí teplovzdušné sušení. Sušící teploty se pohybují v rozmezí 70 – 120 °C v závislosti na typu sušárny. Při teplotách překračující 100 °C už ale dochází ke snížení biologické hodnoty zrna (ZIMOLKA et al., 2008).

Tab. 3. Výtěžnost suchého zrna v závislosti na vlhkosti (KWS, 2012)

Sklizňová vlhkost (%)	Výtěžnost suchého zrna (%)
25	87,2
30	81,4
35	75,6
40	69,8
45	64,0
50	58,1
55	52,3

3.1.7 Využití

V České republice i na celém světě je základní rozdělení kukuřice podle využití na siláž a na zrno. V současnosti se plochy silážní kukuřice pohybují kolem 230 tisíc hektarů a plochy zrnové kukuřice kolem 98 tisíc hektarů (ČSÚ, 2014).

Na našem území se využívá produkce zrna a siláže již přímo v zemědělských podnicích k výživě hospodářských zvířat. Dalším směrem využití kukuřičného zrna je potravinářský a krmivářský průmysl. Jen malá produkce zrna se využije ve škrobárenském a lihovarnickém průmyslu.

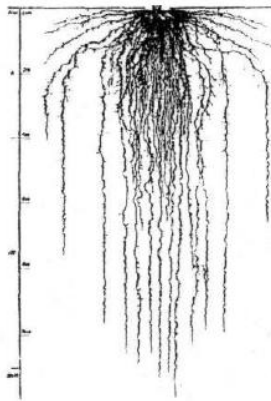
V posledním desetiletí Česká republika společně s okolními státy zaznamenala nárůst rozvoje obnovitelných zdrojů v podobě bioplynových stanic pro výrobu bioplynu a následně elektrické energie. Pro výrobu této energie se používá biomasy, přičemž nejvhodnější plodinou (z pohledu produkce hmoty a energie) je kukuřičná siláž.

V současnosti je také zaznamenán vzestup výroby bioetanolu za použití kukuřičného zrna.

3.2 Výživa kukuřice

Počáteční vegetace je u kukuřice charakterizována velmi malým růstem a také nízkým odběrem živin. První měsíc svým růstem rostlina odčerpává 3,3 – 5,6 kg dusíku z hektaru. V období před mléčnou zralostí takové množství dusíku přijme za jeden den. Při výšce porostu 40 – 50 cm a hmotnosti sušiny jedné rostliny 50 g kukuřice odčerpává 132 kg N, 15,4 kg P, 184 kg K, 17,6 kg Ca a 10,1 kg Mg (RYANT, 2008).

Kukuřice, a hlavně její pozdní hybridy, vytváří mohutný kořenový systém (obr. 1), který umožňuje dobře využívat i živiny z hlubších půdních vrstev. Hloubka půdního profilu, ze které dochází k odběru živin během vegetace, se v průběhu mění. Rovnoměrně rozvrstvené živiny v půdním profilu omezují zvýšení osmotického tlaku, což má kladný vliv na příjem živin a současnou podporu pro rozvoj kořenového systému. Kukuřice je rostlinou, pro kterou je žádoucí rozmístění živin v celém půdním profilu. Svědčí o tom i výsledky, které dokazují, že její pěstování v několikaletém monokulturním systému snižují obsah živin v podorničních vrstvách.



Obr. 1 Kořenový systém kukuřice (RYANT, 2004)

3.2.1 Dusík

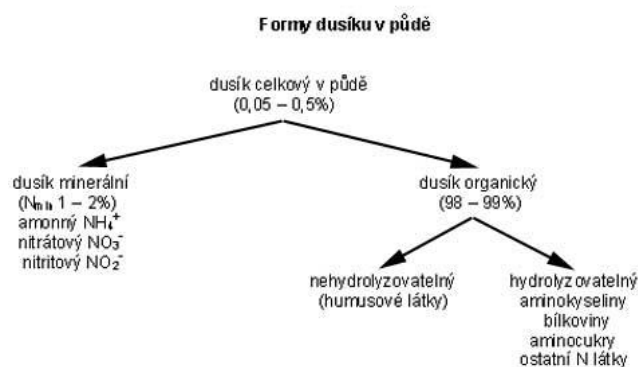
Dusík společně s uhlíkem představují nejvýznamnější prvky v koloběhu živin v přírodě. Jsou součástí všech živých organismů a mají značný vliv na životní prostředí. Dusík je tedy nepostradatelnou živinou nejen pro rostliny, ale i pro všechny živé organismy, včetně půdních mikroorganismů. Je základním stavebním prvkem nejdůležitějších sloučenin živé hmoty – bílkovin.

Je soustředěn převážně v litosféře, ale pro koloběh dusíku v přírodě má největší význam dusík atmosféry. Celkové množství dusíku na naší planetě se odhaduje na 2,17. 10¹⁷ t. Ve vzduchu jeho podíl činí 75,51 % hmotného tj. 78,08 % objemového. Převážně se jedná o elementární plynný dusík N₂. Dusík z atmosféry se do půdy dostává díky fixaci mikroorganismů nebo hnojivů ve formě spadů. Dalším významným zdrojem dusíku jsou rostlinné zbytky (VANĚK et al. 2007).

3.2.1.1 Dusík v půdě

Celkový obsah dusíku v půdě se pohybuje v rozmezí 0,1 – 0,2 %, což představuje 3 – 6 tun dusíku na jeden hektar. V ornici už jen v rozmezí 0,05 – 0,55 % (FECENKO a LOŽEK, 2000). Dusík organických sloučenin tvoří v půdě 95 %ní část (obr. 2). Jsou to rostlinné a živočišné zbytky, biomasa mikrobů, jejich metabolity, humusové látky vznikající při transformaci organických látek a jiné. Dusík v této formě je pro rostliny nedostupný. Musí přejít v procesu mineralizace na minerální formy N – NH₄⁺ a dále

na $\text{N} - \text{NO}_3^-$, které využívají mikroorganismy podílející se na procesech přeměn a současně slouží jako zdroje dusíku pro rostliny. Celkové množství minerálního dusíku v orniční vrstvě může dosáhnout do 5 – 10 % celkového dusíku (VANĚK et al. 2007).



Obr. 2 Formy dusíku v půdě (IVANIČ, 1984)

FECENKO a LOŽEK (2000) uvádějí, že dusík v půdě je fixován na aromatická jádra huminových kyselin, fulvokyselin, huminů a dalších organických sloučenin, jež jsou mikrobiologicky a chemicky obtížně rozložitelné. Vzhledem k tomuto se obsah celkového dusíku dává často do souvislosti s obsahem oxidovaného uhlíku (C_{ox}) a vyjadřuje se poměrem C: N. Průměrná hodnota uváděná pro naše půdy je C: N 10 – 12:1, i když někteří autoři považují za dostatečné zásobení rostlin dusíkem ještě poměr 15 – 18 : 1. Poměr C: N s hloubkou klesá, a proto ho v podorniční vrstvě bývá 5 – 10x méně (RICHTER a HLUŠEK, 1994).

3.2.1.2 *Dusík v rostlině*

Obsah dusíku v sušině různých orgánů má u rostlin dosti široké rozpětí od 0,5 do 7,1 %. U většiny rostliny je obsah dusíku nevyšší na počátku vegetace a postupně se během růstu snižuje, ale s nárůstem biomasy se celkový obsah přijatého dusíku zvyšuje. V době, kdy rostlina začíná dozrávat, přechází značná část dusíkatých látek z vegetativních orgánů (listů a stébel) do generativních orgánů (obílek, semen a plodů); (FECENKO a LOŽEK, 2000).

Dusík je rostlinami přijímán ve formě iontů, a to kationtu amonného (NH_4^+), nebo aniontu nitrátového (NO_3^-). O příjmu těchto dvou iontů rozhodují jak vnější podmínky, tak i rostlina sama. Výrazný vliv vykazuje pH prostředí. V kyselějším prostředí převažuje příjem NO_3^- a v neutrálním až alkalickém se příjem obou iontů vyrovnává, nebo je vyšší příjem NH_4^+ . Vliv na příjem těchto iontů má také teplota.

Při nižší teplotě klesá příjem i využití NO_3^- . Příjem jednotlivých iontů a jejich následné využití ovlivňuje v rostlině i příjem ostatních iontů. Při jednostranné výživě NO_3^- se v rostlině zvyšuje tvorba organických aniontů, a tím je zvýšen příjem kationtů hlavně K^+ , Ca^{2+} , a Mg^{2+} . Při převažujícím příjmu NH_4^+ je celkově nižší příjem iontů, hlavně kationtů (VANĚK et al., 2007).

3.2.1.3 *Nedostatek dusíku*

Už od počátku vegetace má za následek snížení tvorby stavebních a funkčních bílkovin, což se projevuje omezeným růstem a tvorbou všech podstatných orgánů rostlin. Při nedostatku dusíku jsou rostliny slabší a nižší, často jsou porosty nevyrovnané a světlejší. Omezená tvorba listů a také chlorofylu vede ke snížení fotosyntézy, a tím i k nižší tvorbě produkce biomasy. V důsledku omezené tvorby nadzemních orgánů se brzdí i růst podzemních orgánů (kořenů). Porost s omezeným příjmem dusíku má většinou kratší dobu vegetace, rychleji dozrává a dochází ke snížení výnosu a kvality produkce semen (VANĚK et al., 2007).



Obr. 3 Nedostatek dusíku na listech kukuřice (VANĚK, 2007)

3.2.2 Fosfor

Odhad celkového množství fosforu na zemi je okolo 10^{19} t a z toho 10^{15} t je v zemské kůře, která průměrně obsahuje 0,12 % P. V přírodě se fosfor vyskytuje vždy ve svém nejvyšším oxidačním stupni, zpravidla jako aniont kyseliny trihydrogenfosforečné tedy PO_4^{3-} . Redukce a oxidace tak, jak je známe u dusíku a síry, v půdě a rostlinném látkovém metabolismu neprobíhají (FECENKO a LOŽEK, 2000).

3.2.2.1 Fosfor v půdě

Celkový obsah fosforu v půdě kolísá od 0,03 do 0,13 %. Je tedy nízký a závisí na půdním typu, půdním druhu, obsahu organických látek a půdotvorných substrátů (FECENKO a LOŽEK, 2000). Nejvýznamnějším přirozeným zdrojem fosforu v půdě je primární minerál apatit. V menší míře se pak v půdě vyskytují ještě fosforečnany železa s příměsí manganu, které nazýváme tripity nebo vodnaté fosforečnany hliníku wavelity. V málo provzdušněných a zamokřených půdách se také může vyskytovat fosforečnan železnatý - vivianit (RICHTER a HLUŠEK, 1994).

FECENKO a LOŽEK (2000) uvádějí, že obděláváním půd dochází k určitým změnám obsahu fosforu v půdě. Na těchto půdách se může v důsledku intenzivnější mineralizace organických sloučenin zvýšit obsah přijatého fosforu, ale obsah celkového fosforu se snižuje. Rovněž uvádějí, že frakce fosforu v půdě jsou rozděleny na dvě základní formy a to na fosfor anorganický a fosfor organický. Jejich podíl na celkovém obsahu fosforu je v jednotlivých půdách rozdílný v závislosti na druhu půdy a organických látkách v půdě. Podíl organického fosforu na celkovém v půdách kolísá mezi 2 – 75 % a podíl anorganického fosforu mezi 25 – 98 %.

3.2.2.2 Fosfor v rostlině

Fosfor je rostlinami přijímán ve formě aniontů kyseliny trihydrogenfosforečné, jako H_2PO_4^- nebo HPO_4^{2-} . Rostliny jsou schopny přijímat fosfor i při malé koncentraci v půdním roztoku. Musí však překonávat značný koncentrační gradient (100 – 1000x vyšší v rostlinách než v půdním roztoku). Příjem fosforu je aktivní proces, který vyžaduje dostatek energie. Zásobárnou této energie jsou makroergické vazby v ATP. Problém s příjmem fosforu mohou mít teplomilné rostliny při působení nízkých teplot, kdy nemají dostatek energie pro jeho příjem. Mohou tak vykazovat nedostatek, i když v půdě je fosforu dostatek. Do určité míry si rostliny příjem fosforu ovlivňují samy. Pokud je

v jejich pletivech nedostatek, aktivují v membránách kořenů fosfatasy a přenašeče s vysokou afinitou k fosforečnanům, aby se zlepšil příjem. Důležitým předpokladem pro příjem fosforu je tedy dokonalé vytvoření kořenového systému. Nejkritičtější obdobím příjmu P je u většiny rostlin na počátku vegetace. Rostliny vyčerpají zásobu ze semene a postupně přechází na autotrofní výživu a nemají ještě dostatečně vyvinutý kořenový systém, který by zajistil dostatek fosforu pro rostliny.

Příjem fosforu příznivě ovlivňuje vlhkost půdy, hodnota pH půdy (v rozmezí od 5,5 do 7), dostatek organických látek v půdě a přiměřený obsah přijatelného fosforu v půdě (40 – 80 ppm); (VANĚK et al., 2007).

3.2.2.3 *Nedostatek fosforu*

U rostlin se nedostatek fosforu projevuje méně často. Většinou v případě latentního nedostatku, při kterém na rostlinách nejsou žádné zřetelné příznaky nedostatku, ale obsah v rostlinách je nízký, takže biochemické reakce nemohou probíhat na požadované úrovni. Při dlouhotrvajícím nedostatku fosforu reagují rostliny již vnějšími příznaky. Charakteristické je to, že rostliny jsou nízké, listy užší, menší a vzpřímené a stonky jsou slabší. Je omezena i tvorba kořenů. Listy a paty stébel mají špinavě zelené zbarvení přecházející často do červeného až fialového odstínu (obr. 4), které způsobuje vyšší tvorba antokyanů (v některých případech je toto zbarvení způsobováno i stresovými vlivy, hlavně chladem) v rostlině (VANĚK et al. 2007).



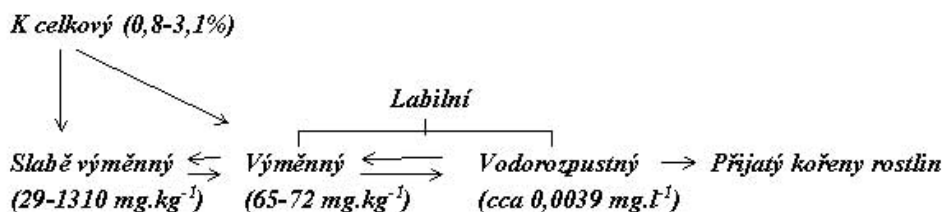
Obr. 4 Nedostatek fosforu na mladé rostlině kukuřice (PROKEŠ, 2007)

3.2.3 Draslík

Je důležitým prvkem z řady alkalických kovů. Draslík je zastoupený v zemské kůře, mořské vodě a živých organismech. Nalézáme ho také téměř ve všech podzemních minerálních vodách. Zemská kůra obsahuje přibližně 2,3 % draslíku. Draslík je makrobiogenní prvek, který rostlina přijímá ve výrazně vysokém množství. Ovlivňuje vodní režim rostliny a buněčný turgor. Podílí se na tvorbě sacharidů, jejich přeměny a ukládání do zásobních orgánů (FECENKO a LOŽEK, 2000).

3.2.3.1 Draslík v půdě

V půdě se obsah celkového draslíku pohybuje v rozmezí od 0,1 do 4 %, přičemž nejčastější obsah je 0,8 – 3,2 %. Kolísání obsahu draslíku závisí na půdním druhu. Nízký mají lehké písčité a rašelinové půdy 0,15 – 0,30 %. Opakem je to u půd těžkých, které mají vysoký obsah a mohou dosahovat až 4 % draslíku. Závisí také na půdotvorné hornině, na které půda vznikla a na zrnitostním složení. Obsah draslíku celkového je v půdě tvořený z větší části anorganickým a menší části organickým draslíkem. Organický je biologicky sorbovaný v posklizňových zbytcích a v půdní mikroflóře. Celkový draslík se podle druhu vazby dělí na vodorozpustný, výměnný a nevýměnný. Tyto formy draslíku jsou v rovnováze, přičemž úbytek jedné formy se postupně nahrazuje z jiné (FECENKO a LOŽEK, 2000). Rovnováha je znázorněna na obrázku 5.

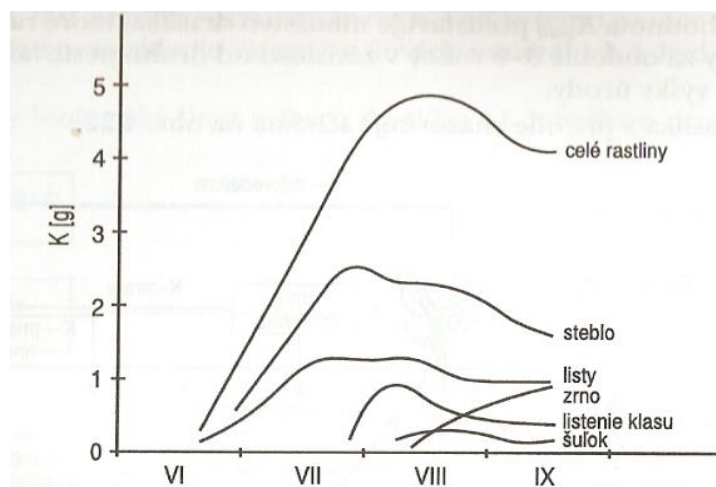


Obr. 5 Dynamika změn půdního draslíku (RICHTER, 2007)

3.2.3.2 Draslík v rostlině

Obsah draslíku v rostlinách se pohybuje v rozmezí od 0,2 – 7,5 %. Obsah je závislý na růstové fázi rostliny, konkrétního orgánu a druhu plodiny (FECENKO a LOŽEK, 2000). Draslík je rostlinami přijímán jako kationt K⁺. Je přijímán aktivní cestou (při nízké koncentraci K v půdním roztoku) nebo pasivní (při vysoké koncentraci K v půdním roztoku). Kromě koncentrace v půdním roztoku je příjem draslíku také

ovlivňován vlhkostí, teplotou a intenzitou slunečního záření. Při vyšších teplotách a vyšší vlhkosti půdy je příjem výrazně větší. Naopak je tomu u slunečního záření. Čím větší intenzita, tím je potřeba draslíku menší. Během vegetace nároky na výživu draslíkem narůstají s tvorbou biomasy a většinou vrcholí před květem. Převážnou část K přijímají rostliny v krátké době. Vysoký obsah draslíku je typický pro mladé rostliny, stárnutím pletiv se obsah snižuje. Například u obilnin se ve druhé polovině vegetace příjem značně snižuje a dokonce část přijatého K se postupně vrací kořeny zpět do půdy. Draslík v rostlinách není pevně vázán, je tedy dobře pohyblivý a snadno se přemísťuje. V rostlinách plní řadu důležitých funkcí. Díky tomu, že je pohyblivý, umožňuje transport i ostatních látek především do kořenů. Kvůli jeho výskytu v iontové formě výrazně ovlivňuje osmotický tlak a tím i turgor buněk, které nutně souvisejí s hospodařením s vodou. Podporuje příjem vody kořeny a dále její průchod z parenchymatických buněk do xylému. Při dobrém zásobení draslíkem se snižuje transpirační koeficient, tedy množství vody potřebné na produkci sušiny (VANĚK et al., 2007). Na obrázku 6 je znázorněna dynamika nahromadění draslíku v jednotlivých orgánech kukuřice.



Obr. 6 Dynamika nahromadění K v jednotlivých orgánech kukuřice po čas vegetace (FECENKO a LOŽEK, 2000)

3.2.3.3 *Nedostatek draslíku*

Nedostatek se může projevit i na stanovištích s relativním dostatkem K, jestliže jsou nepříznivé podmínky pro jeho příjem (sucho, chlad). Většinou se nedostatek projeví na omezené tvorbě vysokomolekulárních látek, jako jsou bílkoviny, cukry, škrob, a v rostlinách se hromadí nízkomolekulární organické látky – aminokyseliny, amidy,

jednoduché cukry. Při nedostatku K dochází ke špatnému hospodaření rostlin s vodou, které se projevuje vadnutím rostlin. Na starších listech dochází k nekrotám (obr. 7), které se šíří od kraje do středu listu (VANĚK et al. 2007).



Obr. 7 Různé stupně nedostatku draslíku na listech kukuřice, žloutnutí a nekróza okrajů listů (RYANT, 2008)

3.2.4 Vápník

Patří mezi základní živiny, je nepostradatelný pro zdravý růst a vývoj rostlin. Dále je nezbytný pro formování buněčných stěn a translokaci cukrů v rostlinách. Vápník podporuje růst a vývoj listů i kořenů, převážně pak kořenového vlášení (YERMIYAHU, 1997). Ovlivňuje koloidní stav plazmy a tím i průběh biochemických procesů. Je aktivátorem mnoha enzymatických pochodů, kterými zasahuje i do energetického metabolismu celé rostliny. Jeho význam je i při neutralizaci organických kyselin a také ovlivňuje nástup diferenciacce pletiv (LOŽEK a FECENKO, 1995) a (RICHTER a HLUŠEK, 1996).

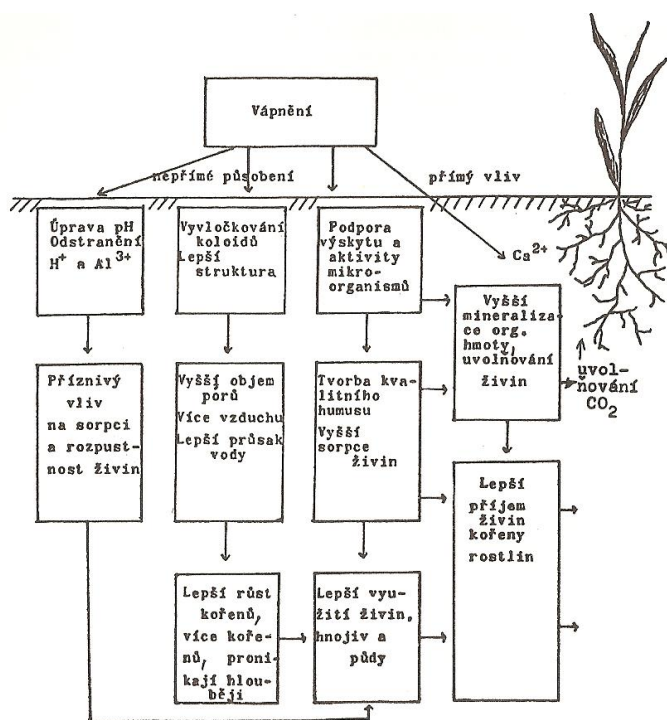
Jak uvádí MORARD (1997) vápník je nejen sám nepostradatelnou živinou ve výživě rostlin, ale také rozhoduje o dostupnosti a využití i dalších živin. Je významný i pro strukturu buněk a pro odolnost rostlin vůči suchu. Dobrý růst rostlin, uspokojivé výnosy a kvalita sklizených produktů jsou podmíněny dostatkem vápníku.

3.2.4.1 Vápník v půdě a vápnění

Vápnění je podle VAŇKA (1991) právem označováno za "motor" půdní aktivity a příjmu živin. Přestože vápník představuje základní biogenní prvek ve výživě rostlin, je nezanedbatelný především díky jeho významu pro zlepšování půdních vlastností, a to fyzikálních, chemických a biologických.

Vlivem vápnění se mění fyzikální vlastnosti. Základní účinek ve změně fyzikálních vlastností spočívá v lepším nakypření půdy (tzn., že půda má vyšší objem pórů, je více prostoupena vzduchem a zajišťuje lepší průsak vodě) a zlepšení půdní struktury, u které pomocí vápníku dochází ke spojování půdních částic a zapřičiňuje vznik požadované drobtovitosti. To vše podporuje lepší růst kořenů, tvorbu více kořenů pronikajících hlouběji. Díky tomu dochází k lepšímu využití živin z půdy i z aplikovaných hnojiv (VOSTÁL a MEZULIANIK, 1997).

Z hlediska chemických vlastností půdy má vápnění vliv na hodnotu pH půdy a nasycení sorpčního komplexu vápníkem, které patří k nejdůležitějším funkcím. Má velmi kladný vliv na sorpci, rozpustnost, přeměnu a přijatelnost ostatních živin, jak uvádí MATULA (1997). Vápnění tedy celkově vytváří lepší podmínky pro růst a vývoj rostlin. Důležitou úlohou vápnění je udržet optimální hodnoty pH, neboť tyto hodnoty podléhají v průběhu času přeměnám díky přirozeným i civilizačním vlivům.



Obr. 8 Schéma působení vápnění (VANĚK, 1991)

Vliv vápnění na biologické vlastnosti půdy se projevuje jako důsledek vytváření lepších životních podmínek pro půdní mikroflóru a organismy žijící v půdě (obr 8). Tyto organismy se poté rozhodující mírou podílejí na přeměně rostlinného pokryvu a posklizňových zbytků na cenný humus. Díky tomu dochází k lepší mineralizaci organické hmoty na poli a uvolňování živin z ní. Tyto živiny jsou pak účinně využity.

Kromě celkového zlepšení biologické aktivity půdy má vápnění rovněž vliv na zlepšující se biologickou fixaci dusíku hlízkovými bakteriemi.

V neposlední řadě má vápnění vliv i na ochranu životního prostředí. Úprava půdní reakce vápněním vykazuje v půdě fyto-sanitární účinek. Podporuje rozvoj užitečné mikroflóry a potlačuje organismy nežádoucí a patogenní. Vápněním se omezuje i výskyt chorob a jiných nepříznivých procesů v půdě. Rovněž zabraňuje výskytu fyziologických chorob z nedostatku vápníku. Potlačuje také příjem kadmia a jiných toxických prvků (VANĚK, 1991).

3.2.4.2 Vápník v rostlině

Vápník je rostlinami přijímán v iontové formě aktivním procesem. Spolu s vodou, která je přijata kořeny, putuje do nadzemní části rostlin transpiračním proudem, a to nejvíce do míst s maximálním výparem vody. V důsledku tohoto jevu se může stát, že rostlina je nerovnoměrně zásobena vápníkem. Zatím co listy vykazují dostatek, tak plody a zásobní orgány strádají jeho nedostatkem. Důvodem je také omezená mobilita a velmi malá translokace vápníku. Pokud tedy nemají rostoucí tkáně a plody rostlin trpět nedostatkem vápníku, jeho přívod musí být stálý. K překonání nevýhody malé mobility může být pomocný opakovaný postřik na list.

V rostlinách se vyskytuje vápník jak ve formách anorganických, tak i organických sloučenin. Uhličitan vápenatý, sírany, fosfáty vápenaté jsou formou anorganických sloučenin, organickou jsou šťavelan a citran vápenatý a fyty. Rostlinné druhy se značně liší obsahem a využitím vápníku. Při stejných podmínkách pěstování ho rostliny dvouděložné obsahují 1,5krát více než jednoděložné (ZELENÝ, 1993). Také se uvádí, že u obilnin je 0,4 % vápníku v sušině, ale u bobovitých až 1,5 % (LOŽEK a FECENKO, 1995). Obsah vápníku v rostlinách tedy není stálý, ale v jejich průběhu vývoje se mění. Oproti draslíku byl nejnižší ve vegetativním stádiu a v pozdějším stádiu vývoje se vápník v listech zvyšuje (JIMENÉZ, 1996).

3.2.4.3 Nedostatek vápníku

Nedostatek vápníku se projevuje dvěma způsoby a to buď přímo, jako nedostatek živin pro rostliny nebo nepřímo, jako důsledek nežádoucí kyselé půdní reakce. U obou těchto případů nedostatek působí nepříznivě a vyvolává poruchy v růstu a vývoji rostlin (obr. 9). Kořenový systém se pomalu rozrůstá, nevětví se a při pokračujícím nedostatku kořeny černají a zahnívají. Špatně se vyvíjí i nadzemní část. Nedostatek vápníku má také

nežádoucí vliv na transport glycidů z listů do kořenů, který zpomaluje a negativně tak ovlivňuje nástup diferenciacie pletiv. Díky tomu, že k přesunu vápníku dochází ze starších listů do mladších, projevuje se nedostatek vápníku nejprve na mladých listech, a to někdy i v případě, kdy ho staré listy mají dostatek. Tyto listy zůstávají malé, zdeformované, vrchol a okraje se kroučí. Vytváří se chlorotické skvrny, které se šíří od špiček a okrajů listů do středů listů. Starší listy však zůstávají zelené. V důsledku snížené transpirace dochází k měknutí stonků pod vrcholem a jejich zalamování. Snižuje se produkce osiva, klásky zůstávají prázdné a opadávají květy (ZELENÝ, 1993).



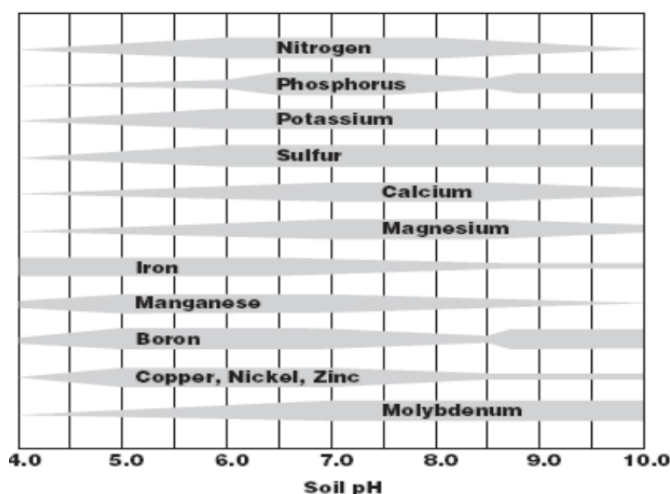
Obr. 9 Vliv deficiencie vápníku na rostlinu kukuřice (RICHTER, 2004)

3.3 Půdní reakce

Půdní reakce je určována koncentrací vodíkových iontů, které ve vodních roztocích vytvářejí spojením kationty H_3O^{3+} (RICHTER, 1994). Aktivita hydratovaného iontu H^+ je v roztoku velmi vysoká. V přírodě je nejrozšířenějším rozpouštědlem a disperzním prostředím voda, která v čistém stavu disociuje velmi slabě na H^+ a OH^- . Při koncentraci 10^{-7} g iontů/litr je reakce půdy neutrální. Pokud je ve vodě rozpuštěna kyselina, kyselá sůl nebo jsou v ní obsaženy acidofilní koloidy, zvyšuje se reakce vodíkových iontů a reakce roztoku je kyselá. V opačném případě, kdy je ve vodě rozpuštěna zásada, bazická sloučenina nebo koloidy, které asociují s ionty H^+ , je důsledkem nižší koncentrace vodíkových iontů a reakce je alkalická. Půdní reakce tedy závisí na rovnovážném stavu mezi disociací a asociací vodíkových iontů. Ve vodním výluhu může být koncentrace vodíkových iontů v rozmezí od 10^{-14} do 10^0 . Jelikož toto vyjádření může být nepraktické, tak Sørensen zavedl index pH, což je záporný dekadický logaritmus koncentrace vodíkových iontů $pH = -\log_{10} H^+$. Díky tomu při koncentraci

vodíkových iontů 10^{-7} je označení pH 7 tedy neutrální reakce. Při pH 0 až 7 je kyselá reakce a pH 7 až 14 alkalická reakce (JANDÁK, 2010).

Půdní reakce má významný vliv na půdní úrodnost a má přímý vztah k příjmu živin (obr. 10). Silně kyselé půdní prostředí není vhodným místem pro život a funkci některých užitečných bakterií důležitých pro optimální průběh biochemických reakcí v půdě (Rhizobia a nitrifikační bakterie). Toto prostředí je spíše příznivé pro vznik a rozvoj plísní a hub, které nejsou pro půdní úrodnost příznivé. Vlivem kyselosti jsou zpomaleny mineralizační procesy a syntetické procesy vedou ke tvorbě méně kvalitních humusových látek. Kyselým prostředím je značně ovlivněna účinnost a využití některých hnojiv. Dále je v takovém prostředí aktivován hliník a řada těžkých kovů, jejichž přebytek škodí rostlinám a vede k jejich začleňování do potravního řetězce. Je známo, že odstranění půdní kyselosti docílíme pravidelným vápněním (RICHTER, 1994).



Obr. 10 Vliv pH na příjem živin rostlinami (WOLKOWSKI, 2013)

3.3.1 Půdní formy

Díky tomu, že půda je považována za třífázový systém, rozeznáváme u ní dvě základní formy kyselosti (RICHTER, 1994):

Aktivní kyselost, která je dána koncentrací vodíkových iontů v půdním roztoku, je tvořena minerálními a organickými kyselinami půdního roztoku, hydrolytickými kyselými hnojivy a kyselými dešti. Aktivní kyselost má bezprostřední vliv na příjem živin rostlinami. Zjišťuje se ve výluhu půdy vodou.

Potencionální kyselost se dělí na výměnnou a hydrolytickou. Příčinou výměnné kyselosti jsou absorbované ionty H^+ a Al^{3+} , které přechází do roztoku nebo extraktu výměnou za bazické kationty neutrálních solí z roztoku. Výměnnou kyselost zjistíme měřením koncentrace vodíkových iontů ve výluhu půdy 1N roztokem KCl. Hydrolytická kyselost je mírnější formou půdní kyselosti a je způsobena nevhodnými chemickými zákroky (hnojením, chemickou meliorací atd.). Její hodnotu vyjadřujeme v mmol H^+ /0,1kg půdy. Hydrolytickou kyselost určujeme působením 1N roztoku hydrolytické zásadité soli (CH_3COONa , $CH_3COO/2Ca$) na půdu (JANDÁK, 2010).

3.3.2 Zdroje a příčiny kyselosti půd

Oxid uhličitý, který je produkovaný v biologicky činných půdách, je rozpuštěný v půdním roztoku. Podle svého obsahu v půdním vzduchu reaguje s vodou za vzniku kyseliny uhličitě, po jejíž disociaci se uvolní vodíkové ionty.

Dalším zdrojem kyselosti půd jsou hromadící se humusové a jiné organické kyseliny na povrchu půdy. Například humus z odpadu jehličnatých stromů, který obsahuje mnoho disociovaných organických kyselin. Ty se pomocí dešťové vody rozpouštějí a společně zasakují do půdy a okyselují ji.

K okyselování dochází také aplikací některých průmyslových hnojiv v důsledku preference odběru některých iontů rostlinami. U chloridu draselného nebo vápenatého jsou například rostlinami více přijímány kationy K^+ a Ca^+ a zbývající ionty poskytují silné minerální kyseliny, které okyselují půdu disociací vodíkových iontů.

Mezi příčiny a zdroje můžeme zařadit i silně kyselé deště, u kterých se pH srážkové vody pohybuje kolem 4,6 i méně. Takto nízké pH je způsobeno přítomností kyseliny sírové a kyseliny dusičné (JANDÁK, 2010).

4 MATERIÁLY A METODIKA

4.1 Stanoviště a varianty pokusu

4.1.1 Stanoviště

Stanoviště pro maloparcelní pokus bylo vybráno v blízkosti města Otrokovice (GPS souřadnice 49°11'23.046"N, 17°32'39.020"E), které patří do katastru Otrokovice – Kvítkovice. Tato oblast se nachází v řepařské výrobní oblasti s nadmořskou výškou 193 m n. m. V této lokalitě je dlouhodobý průměr ročních teplot 10,34 °C a dlouhodobý průměrný úhrn ročních srážek 597 mm.

Na vybrané lokalitě byla středně těžká půda se slabě kyselou půdní reakcí. Měrná hmotnost půdy byla 2,64 g.cm⁻³, objemová hmotnost suché půdy byla 1,3 – 1,38 g.cm⁻³ a pórovitost byla v rozmezí 49 – 52 %. Tyto hodnoty odpovídají kategorii dobrá (MAŇÁSEK, 2013).

Tab. 4 Půdní zásoba živin a pH půdy

datum odběru	pH	druh půdy	fosfor mg P/kg	draslík mg K/kg	hořčík mg Mg/kg	vápník mg Ca/kg
30/10/2014	6,22	S	57	148	95	2 488
slovní hodnocení	slabě kyselá	S = střední	vyhovující	vyhovující	nízký	dobrý

4.1.2 Varianty pokusu

Schéma pokusu je uvedeno v tabulce 5. Bylo rozděleno do 6 variant. Všechny varianty byly široké 6 metrů, dlouhé 30 metrů, měly výměru plochy 180 m² a 8 řádků. Část výměry pokusného pole (varianta 1, 2 a 3) byly povápněny dolomitickým vápencem dne 28. 10. 2014. Hnojiva byla aplikována před setím dne 12. 4. 2015

Tab. 5 Schéma pokusu

Označení varianty	Vápněno			Nevápněno		
	Nehnojen á kontrola	N	NPK	NPK	N	Nehnojen á kontrola
Číselné označení	1	2	3	4	5	6
Podzimní aplikace	Dolomitický vápenec 585 kg Ca/ha			x		
Jarní aplikace	x	Močovina 110 kg N/ha	Močovina 100 kg N/ha	Močovina 100 kg N/ha	Močovina 110 kg N/ha	x
		x	Amofos 10 kg N/ha 50 kg P/ha (P ₂ O ₅)	Amofos 10 kg N/ha 50 kg P/ha (P ₂ O ₅)	x	
			Síran draselný 125 kg K/ha (K ₂ O)	Síran draselný 125 kg K/ha (K ₂ O)		

Na hnojení pokusu byla cíleně vybraná tato 3 hnojiva, aby byl stanoven poměr živin N:P:K podle našich požadavků.

Výpočet dávky dusíkatého hnojení byl stanoven na základě odebraných vzorků půdy před setím kukuřice (10. 4. 2015), kdy byl obsah N_{min} 22 mg/kg (z toho bylo 19 mg/kg N – NO₃ a 3 mg/kg N – NH₄⁺). Tento obsah N_{min} byl vynásoben konstantou 3,18, i když se ve většině případů používá konstanta 4,5, která se nám zdála dosti vysoká. Po přepočítání byl obsah N_{min} 70 kg N/ha. Dávka dusíku byla zvolena na 180 kg/ha, protože tato dávka odpovídá množství živin na produkci 7 tun zrna z hektaru. Podle MAŇÁSKA (2013) je takové množství dusíku považováno za střední dávku. Výpočet dávek fosforečného a draselného hnojení byl stanoven na základě ekonomické únosnosti. Tyto dávky jsou sice ekonomicky únosné, ale odběr živin rostlinami je vyšší a takové dávky nejsou dlouhodobě udržitelné.

Tab. 6 Normativ odběru živin na produkci 1 tuny zrna kukuřice (RICHTER, 2005)

Živina	Kg.t ⁻¹
N	26,0
P ₂ O ₅	11,9
K ₂ O	28,0

4.2 Průběh počasí

V lokalitě, na které se pokus nacházel, byly sledovány meteorologické údaje (teploty a srážky). Podle sledovaných meteorologických údajů, které uvádí tabulka 7 a 8, byl rok 2015 teplejší a sušší oproti dlouhodobému průměru. Z údajů meteorologické stanice vyplývá, že v roce 2015 byla průměrná roční teplota 11,56 °C, což je vyšší o 1,22 °C oproti dlouhodobému průměru let 1986 – 2015, který je 10,34 °C. Zvýšenou průměrnou teplotu zaznamenáváme i po čas vegetace o necelý jeden stupeň celsia. Největší rozdíl teplot byl v měsících červenec a srpen, kdy průměrná roční teplota přesahovala dlouhodobý průměr více jak o dva stupně celsia. Suma efektivních teplot dosahovala 2242 °C.

Tab. 7 Průměrné teploty v roce 2015 v porovnání s dlouhodobým průměrem

Rok	Měsíce												Průměr	
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Za rok	Za vegetaci
2015 (°C)	1,56	1,24	5,77	10,43	15,39	20,03	23,83	24,35	16,34	9,74	6,26	2,98	11,56	17,16
1986-2015 (°C)	-0,72	0,78	4,86	10,91	15,91	19,20	21,23	20,55	15,33	10,16	4,94	0,28	10,34	16,18

vegetace = měsíce od dubna po říjen

Úhrn srážek byl oproti dlouhodobému průměru nižší. Za rok 2015 spadlo celkem 482,6 mm. Dlouhodobý průměr od roku 1986 – 2015 je 597,7 mm, což znamená, že v roce 2015 spadlo o 115 mm méně, než je dlouhodobý průměr. Také po dobu vegetace byly srážky prokazatelně nižší. Celkový úhrn srážek za vegetaci v roce 2015 činil 335,3 mm, což je o 85 mm méně v porovnání s dlouhodobým průměrem, při kterém spadlo 420,3 mm. Pouze v měsíci srpnu, který byl srážkově nadprůměrný, spadlo 103,4 mm, to je o necelých 40 mm oproti dlouhodobému průměru.

Tab. 8 Celkové srážky v roce 2015 v porovnání s dlouhodobým průměrem

Rok	Měsíce												Celkem	
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Za rok	Za vegetaci
2015 (mm)	49,30	23,40	23,70	34,30	38,80	23,50	53,20	103,40	52,30	29,80	33,60	17,20	482,60	335,30
1986-2015 (mm)	32,00	30,40	35,80	38,20	63,90	77,00	81,40	62,40	59,90	37,50	40,70	40,00	597,70	420,30

vegetace = měsíce od dubna po říjen

4.3 Agrotechnická opatření

Předplodinou pro pokus byla sója luštinatá. Před sójou v roce 2013 byla na pozemku pěstována pšenice a před pšenicí v rozmezí let 2004 do 2012 byla na pozemku pěstována kukuřice. Po sklizni předplodiny dne 29. 10. 2014 byl aplikován dolomitický vápenec 2 t/ha (tedy 585 kg Ca/ha) na vápněnou část pokusu. Následovala středně hluboká orba (18 cm) a zanechání půdy v hrubé brázdě přes zimu. Na jaře roku 2015 bylo provedeno urovnání hrubé brázd a vláčení.

Dne 12. 4. 2015 byla aplikována hnojiva na jednotlivé varianty pokusu ručním rozhozem, hnojiva byla zavláčena branami do hloubky 5 centimetrů. Pokus byl zasetý 4 řádkovým přesným secím pneumatickým strojem Accord Optima, s výsevkem 83 300 jedinců na hektar. Hloubka setí byla 6 cm. Pro pokus byl vybrán hybrid KWS 9361, který je blíže popsán v kapitole 4.5.1.

Po zasetí a vzejití kukuřice byla provedena herbicidní ochrana přípravkem Gardoprim Plus Gold v dávce 4 litry na hektar ve 350 litrech vody. Opravný zásah byl aplikován v šestém listu přípravkem Milagro v dávce 1 litr na hektar ve 200 litrech vody.

4.4 Odběr vzorků

V průběhu vegetace byly celkem třikrát odebírány vzorky nadzemní biomasy a v plné zralosti palice. Vzorky byly odebírány z vnitřních 4 řádků, kdy vnější 2 řádky z obou stran sloužily jako ochranný obsev. Následující vzorky byly odebírány šachovnicově oproti prvním odběrům z důvodu zamezení krajového efektu. Jednotlivé termíny a počty odebrané biomasy a palic ukazuje tabulka 9. Vzorky po odběru byly zváženy na přesnost jednoho gramu, poté byly vysušeny na 105 °C a znovu zváženy. Po odečtení těchto vah byla zjištěna hmotnost sušiny. Výška rostlin byla měřena metrem. Palice byly odebírány ručně z 15 rostlin za sebou jdoucích.

Tab. 9 Schéma odběru vzorků

Pořadí odběru	Termín odběru	Růstová fáze	Počet rostlin	Počet palic
1	24. 6.	1. kolénko (BBCH 32)	5	-
2	2. 7.	3. kolénko (BBCH 37)	5	-
3	2. 9.	mléčná zralost (BBCH 75)	10	-
4	28. 10.	plná zralost (BBCH 89)	-	15

4.5 Charakteristika odrůdy a hnojiv

4.5.1 Charakteristika použité odrůdy

Pro pokus byla vybrána odrůda kukuřice seté od společnosti KWS OSIVA s.r.o. s obchodním označením KWS 9361, která je typem zrna koňský zub. Tato odrůda je charakterizována jako dvouliniový hybrid. Číslo FAO má Z 300/ S 290. Odrůda je vhodná do kukuřičné a teplé řepařské oblasti, kde dává rekordní výnosy. Je charakteristická snadným výmlatem, tolerancí k občasným přísuškům a perfektním zdravotním stavem.

4.5.2 Charakteristika použitých hnojiv

4.5.2.1 Močovina

Močovina $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ je dusíkaté hnojivo s amidovým dusíkem neboli amid kyseliny uhličitě (karbamid). Je pevné granulované hnojivo, které má největší koncentraci dusíku. Obsah dusíku je 46 %. Její podoba je ve formě lesklých bílých granulí. Vyrábí se syntézou čpavku a oxidu uhličitěho. Ve vodě je dobře rozpustná a v půdě velmi pohyblivá. V dobrých půdních podmínkách (teplé a vlhké), se po třech dnech začíná štěpit na uhličitán amonný (amoniak), oxid uhličitý a vodu.

Používá se k předset'ové přípravě půdy ke většině plodin na všech půdách. Výjimka je jen u půd písčitých a kyselých. S močovinou je možné hnojit do krátkodobé zásoby na půdách středních a těžších. Je také možnost ji aplikovat do závlahové vody nebo ji aplikovat v kombinaci s některými pesticidy (HLUŠEK, 2004).

4.5.2.2 Amofos

Amofos je dusíkato – fosforečné hnojivo v pevném skupenství ve formě granulí. Je dobře rozpustné ve vodě. Chemicky je to fosforečnan amonný $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$. Obsahuje 10 % dusíku a 46 % fosforu (P_2O_5). Amofos se získává z apatitového koncentrátu neutralizací kyseliny fosforečné amoniakem. Může se použít pro hnojení fosforem na půdách s vysokou zásobou draslíku.

Využívá se při hnojení před setím anebo se aplikuje při setí takzvaně "pod patu". Při aplikaci u kukuřice pomáhá v chladných oblastech překonávat stres z chladu u vzcházejícího porostu (RYANT, 2006).

4.5.2.3 Síran draselný

K_2SO_4 neboli Síran draselný obsahuje 50 % K_2O . Obsah síry se pohybuje okolo 18 %. Používá se v granulované formě.

Jeho použití má význam při hnojení citlivých plodin na chlór (tabák, chmel, vinná réva). Síran draselný se používá k předset'ové přípravě nebo do krátkodobé zásoby například při hnojení brambor a některých zelenin (HLUŠEK, 2004).

4.5.2.4 Dolomitický vápenec

Je přírodní hořečnato – vápenaté hnojivo. Obsahuje 45 % CaO a 2,2 % MgO . Vápník snižuje kyselost půdy a hořčík zvyšuje tvorbu zeleného barviva. Dolomitický vápenec zvyšuje sorpční kapacitu půd, stabilizuje půdní strukturu, posiluje biologickou

aktivitu půd a zvyšuje využitelnost půdní zásoby fosforu. Používá se v mleté nebo granulované formě (ANONYM).

4.6 Analytické metody

4.6.1 Stanovení obsahu N_{\min} v půdě

Amonný dusík NH_4^+ byl stanoven kolorimetricky. Zemina se vyluhovala v 1 % roztoku síranu draselného. Ionty tvořily žluté zbarvení a intenzita byla měřena kolorimetricky při vlnové délce 410 nm.

Nitrátový dusík NO_3^- byl stanoven pomocí iontově selektivní elektrody. Zemina se vyluhovala v 1 % roztoku síranu draselného a výsledky byly vyhodnoceny pomocí kalibrační křivky (ŠKARPA, 2010).

4.6.2 Stanovení výměnné půdní reakce

Půdní reakce byla stanovena elektrometrickou metodou (potenciometrickým měřením). Byla měřena aktivita vodíkových iontů v extrakčním roztoku 0,01 mol/l $CaCl_2$ (ŠKARPA, 2010).

4.6.3 Stanovení obsahu fosforu, draslíku a vápníku v půdě

Půda se vyluhovala metodou Mehlich III. Tato metoda se používá od roku 1999. Extrakční činidlo obsahovalo 0,2 mol/l CH_3COOH , 0,015 mol/l NH_4F , 0,013 mol/l HNO_3 , 0,25 mol/l NH_4NO_3 a 0,001 mol/l EDTA.

Obsah přístupného fosforu byl stanoven ve výluhu kolorimetricky spektrofotometrem. Obsah draslíku byl stanoven ve výluhu metodou plamenné fotometrie. Metodou atomové absorpční spektrofotometrie byl stanoven obsah vápníku (ŠKARPA, 2010).

4.6.4 Stanovení obsahu bílkovin a hemicelulózy

Obsah bílkovin v rostlinné hmotě byl stanoven Kjeldahlovou metodou. Principem této metody je mineralizace vzorku kyselinou sírovou.

Obsah hemicelulózy byl vypočítán odečtením ADF (kyselé detergentní vlákniny) od NDF (neutrální detergentní vlákniny). Tyto hodnoty byly stanoveny podle referenční metody van Soesta a van Weende.

4.6.5 Stanovení škrobu v zrna

Stanovení obsahu škrobu bylo provedeno polarimetrickou metodou. Při této metodě byl škrob v rostlinné hmotě stanoven změřením optické otáčivosti na polarimetru a provedením korekce na opticky aktivní látky rozpuštěné ve směsi ethylalkoholu a vody, po předchozí hydrolýze vzorku kyselinou chlorovodíkovou a odstranění bílkovin Carresovými činidly.

4.6.6 Stanovení vlhkosti a objemové hmotnosti zrna

Vlhkost a objemová hmotnost zrna byla zjištěna přístrojem Pfeuffer - Granomat. Vlhkost byla zjištěna pomocí dielektrické konstanty zrna. Objemová hmotnost zrna byla naměřena pomocí hektolitrové váhy (PAWLICA, 2014).

5 VÝSLEDKY

5.1 Vliv hnojení na obsah živin v půdě

Tab. 10 Změny obsahu živin v půdě po čas vegetace

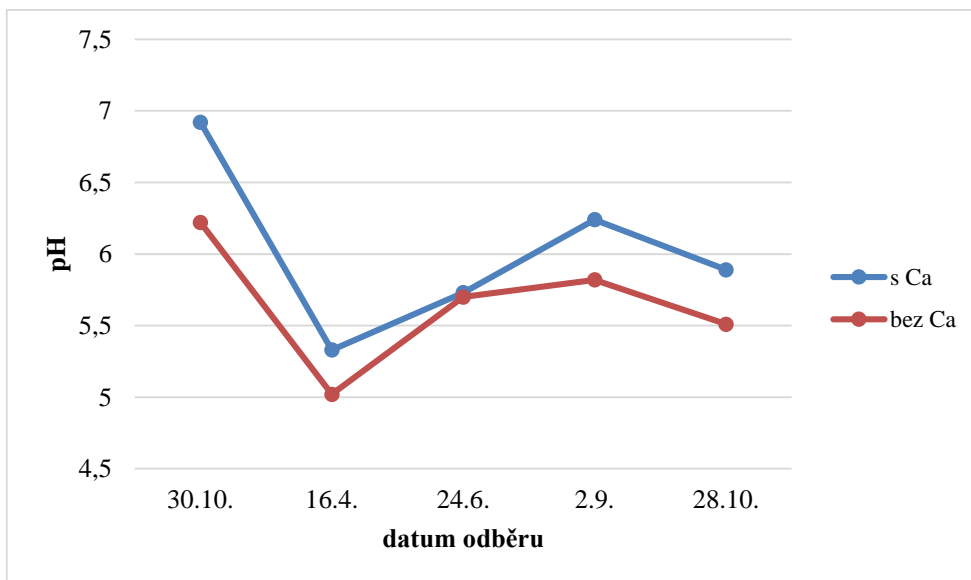
datum a označení vzorku	pH	druh půdy	fosfor mg P/kg	draslík mg K/kg	hořčík mg Mg/kg	vápník mg Ca/kg
30/10/14 s Ca	6,92	S	37	128 *	116 *	3 212
30/10/14 bez Ca	6,22 *	S	57 *	148 *	95	2 488
16/4/15 s Ca	5,33 **	S	30	103	151 *	2 511
16/4/15 bez Ca	5,02 **	S	59 *	98	86	2 149
24/6/15 s Ca	5,73 *	S	31	131 *	148 *	2 618
24/6/15 bez Ca	5,7 *	S	41	125 *	96	2 384
2/9/15 s Ca	6,24 *	S	33	130 *	185 *	2 707
2/9/15 bez Ca	5,82 *	S	36	112 *	102	2 426
28/10/15 s Ca	5,89 *	S	26	90	138 *	2 635
28/10/15 bez Ca	5,51 **	S	44	112 *	89	2 175
slovní hodnocení	neutrální *slabě kys. **kyselá	S = střední	nízký *vyhovující	nízký *vyhovující	nízký *vyhovující	dobry

V průběhu hospodářského roku byly odebírány vzorky půdy na stanovení obsahu přístupných živin. Půda se vždy odebírala z hloubky 0 – 30 cm z vápněné a nevápněné kontroly. Obsah živin v půdě byl stanoven metodou Mehlich III.

Z tabulky 10 je zřejmé, že v průběhu hospodářského roku 2014 – 2015 se obsah prvků v půdě výrazně měnil. Půdní reakce (pH) v průběhu roku na nevápněné půdě kolísala mezi 5,02 – 6,22, na vápněné půdě mezi 5,33 – 6,92 (graf 1). Obsah přístupného fosforu byl vždy vyšší na nevápněné části. Ve většině sledovaných termínů byl obsah fosforu hodnocen jako nízká zásoba. Obsah draslíku se v průběhu roku dynamicky měnil jak mezi termíny odběrů, tak i mezi vápněnou a nevápněnou částí. Obsah přístupného

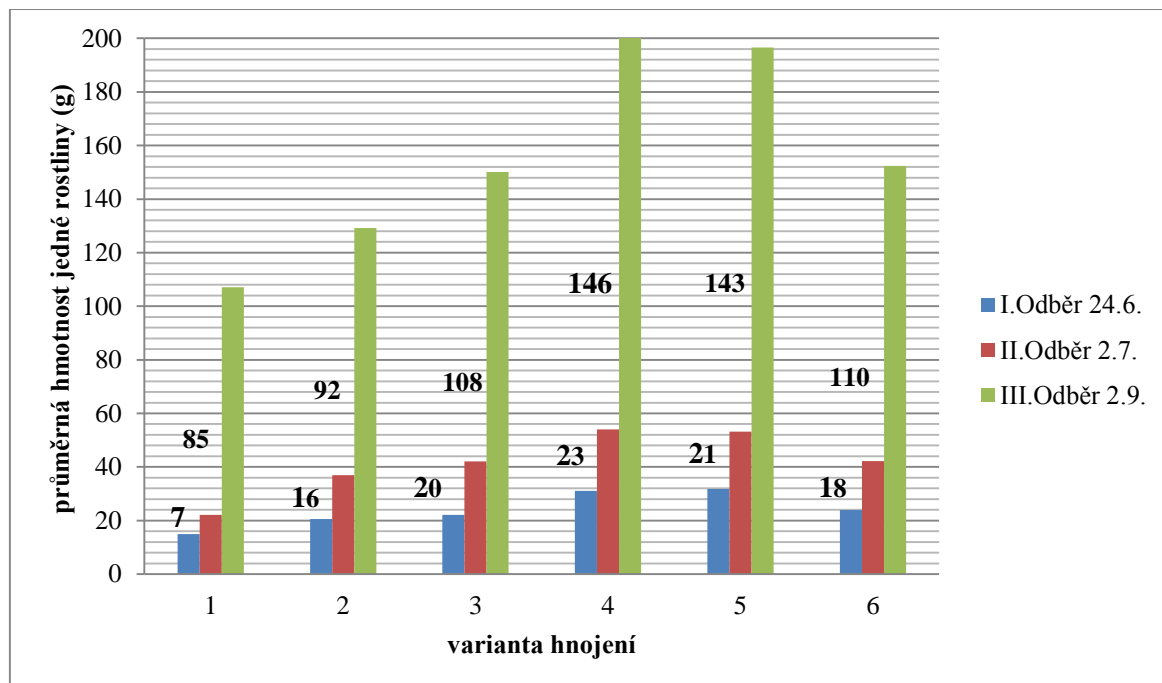
hořčíku i vápníku byl vždy vyšší u varianty vápněné, protože hořčík i vápník je součástí dolomitického vápence, který byl aplikován.

Graf 1 Porovnání změn pH půdy v průběhu hospodářského roky mezi variantami vápněná a nevápněná kontrola



5.2 Dynamika růstu

Graf 2 Dynamika růstu rostlin v závislosti na variantě hnojení



Z grafu 2, který ukazuje výsledky dynamiky růstu rostlin po čas vegetace je zřejmé, že varianty hnojení měly vliv na průběžný růst rostlin. Největší přírůstky mezi všemi odběry byly u varianty 4 (bez Ca + NPK). Rozdíl přírůstku mezi prvním a druhým odběrem byl 23 g suché hmoty a mezi druhým a třetím 146 g suché hmoty jedné rostliny. V porovnání s variantou 1 (Ca kontrola), která měla nejmenší přírůstky, byl rozdíl mezi prvním odběrem a druhým o 15 g méně (tedy 7 g), než u varianty 4. Mezi druhým a třetím odběrem byl přírůstek menší o 61 g oproti variantě 4.

5.3 Výnosotvorné a kvalitativní prvky v silážní zralosti

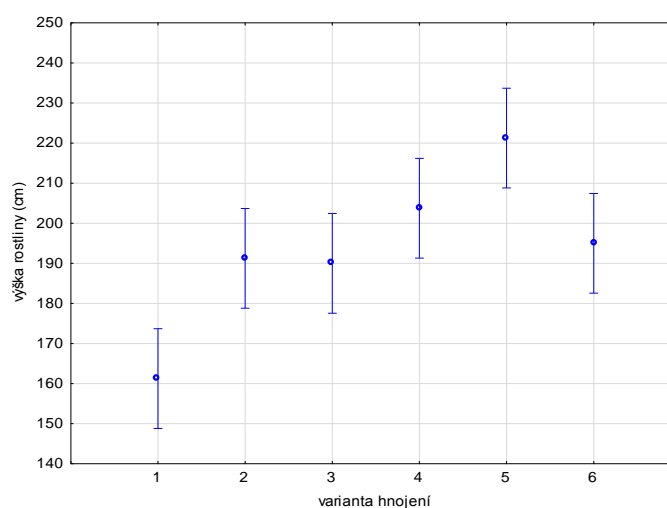
Tab. 11 Analýza variance – výška rostlin a výnos v silážní zralosti

Zdroj variability	Stupně volnosti	Výška rostliny (cm)	Výnos zelené hmoty (t/ha)	Výnos suché hmoty (t/ha)
Hnojení	5	1547,5 **	232,79 **	38,345**
Chyba	18	140,3	5,77	0,755

**statisticky výsoce významný rozdíl (P = 0,99)

Faktor hnojení byl statisticky významnější u výnosotvorných prvků než u kvalitativních, kde se v závislosti na vyšším výnosu hodnoty výrazně neměnily. Tedy výška a rozdílný růst rostliny v období vegetace výrazně neovlivnily kvalitu. U většiny kvalitativních prvků nebyly rozdíly statisticky významné. Faktor hnojení byl statisticky významný pouze u obsahu bílkovin a hemicelulózy (tab. 12).

Rozdíl výšky rostliny u vápněné a nevápněné kontroly byl statisticky výsoce významný. Je zřetelný na obrázku 11. Nejvyšší průměrná výška rostliny byla u varianty 5 (bez Ca + N) 221 cm. U varianty 6 (bez Ca kontrola) byla průměrná výška rostliny 195 cm a u varianty 1 (Ca kontrola) 161 cm. Výsoce významný rozdíl byl také mezi variantami 5 (bez Ca + N), s výškou rostliny 221 cm a 2 (Ca + N) s výškou rostliny 191 cm. Mezi variantami 2, 3, 4 a 6 nebyly zjištěny signifikantní rozdíly.

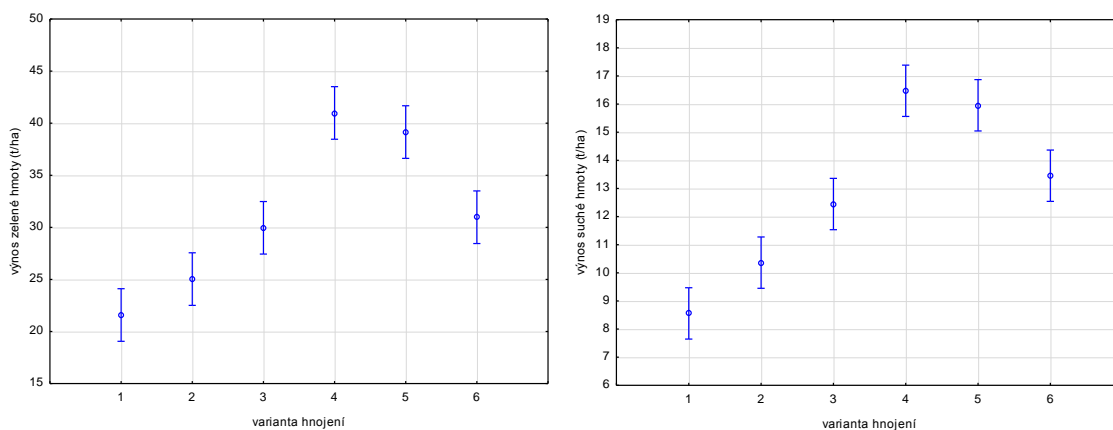


Obr. 11 Rozdíly ve výšce rostliny v závislosti na variantě hnojení

Vlivem hnojení byly rozdílné výnosy zelené a suché hmoty (t/ha), které byly odebrány 2. 9. 2015 v mléčné zralosti rostlin. Rozdíly ve výnosu ukazuje obr. 12.

U těchto hodnot je zřejmé, že jsou statisticky vysoce významné. Průkazně vyšší výnosy byly u variant, které nebyly povápněny. Největší výnos zelené hmoty byl zjištěn u varianty 4 (bez Ca + NPK), kdy výnos dosahoval 41 t/ha. U varianty 3 (Ca + NPK), byl výnos zelené hmoty nižší o 10 t/ha oproti variantě 4 (bez Ca + NPK). Nejnižší výnos byl zjištěn u varianty 1 (Ca kontrola) 21,6 t/ha. Signifikantní rozdíly nebyly zjištěny mezi dvojicí variant 1 a 2 a také trojicí 2, 3, 6.

U výnosu suché hmoty je průběh variační křivky podobný jako u výnosu zelené hmoty. Hodnoty jsou také statisticky vysoce významné. U nevápněných variant byly hodnoty průkazněji vyšší, než u variant vápněných. Nejvyšší výnos byl u varianty 4 (bez Ca + NPK) 16,5 t/ha a varianty 5 (bez Ca + N) 16 t/ha. Nejmenší výnos byl u varianty 1 (Ca kontrola) 8,6 t/ha, což bylo oproti nejvyššímu výnosu rozdílné o 7,5 t/ha. U dvojice variant 1 a 2, a také 3 a 6 nebyly zjištěny signifikantní rozdíly.



Obr. 12 Rozdíly ve výnosu zelené a suché hmoty v t/ha v závislosti na variantě hnojení

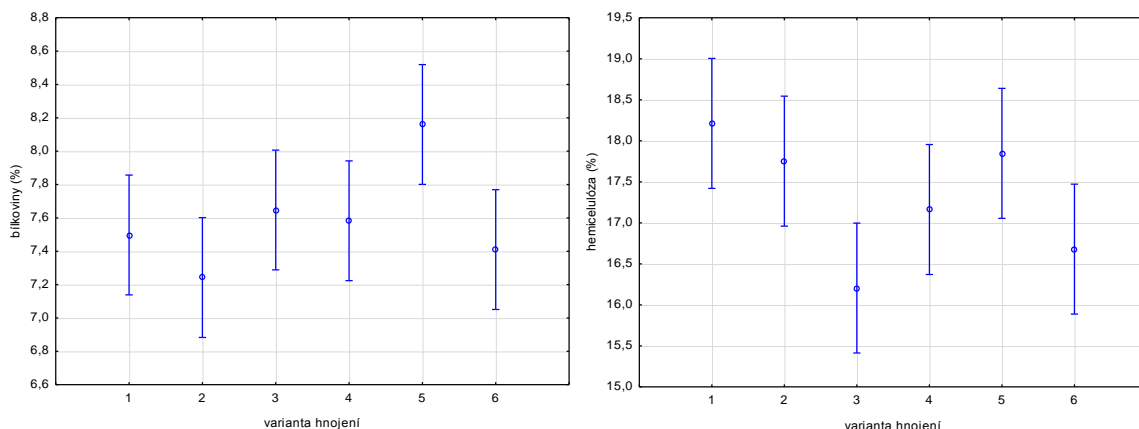
Tab. 12 Analýza variance – kvalita v silážní zralosti

Zdroj variability	Stupně volnosti	Škrob (%)	Bílkovina (%)	ADF (%)	NDF (%)	Hemicelulóza (%)	Popel (%)	Tuk (%)
Hnojení	5	1,24	0,392 *	0,357	1,96	2,351 *	0,0365	0,0858
Chyba	18	1,19	0,117	0,495	1,16	0,569	0,09	0,0732

*statisticky významný rozdíl (P = 0,95)

U kvalitativních parametrů, které ukazuje obr. 13, měl faktor hnojení statisticky významný podíl na rozdílu obsahu bílkovin a hemicelulózy. Významný rozdíl obsahu bílkoviny v rostlinném materiálu byl mezi variantami 2 (Ca + N) a 5 (bez Ca + N). Nejvyšší průměrný obsah bílkoviny byl u varianty 5 (8,16 %) a nejnižší u varianty 2 (7,24 %). Mezi ostatními variantami nebyly zjištěny rozdíly.

U hemicelulózy byl největší rozdíl v obsahu mezi variantami 1 (Ca kontrola) a 3 (Ca + NPK). Nejvyšší průměrný obsah hemicelulózy v rostlinném materiálu byl u varianty 1 (18,21 %) a nejnižší u varianty 3 (16,21 %). Mezi dvojicí 1, 2 a trojicí variant 4, 5, 6 nebyly zjištěny rozdíly.



Obr. 13 Rozdíly v kvalitativních parametrech (bílkoviny a hemicelulózy) v závislosti na variantě hnojení

5.4 Výnosotvorné a kvalitativní prvky zrna

Tab. 13 Analýza variance - výnos zrna

Zdroj variability	Stupně volnosti	Výnos při vlhkosti 14 % (t/ha)	Podíl zrna k celkové hmotnosti palice (%)	Objemová hmotnost (g/l)	HTS (%)
Hnojení	5	10,267 **	1,1	125 *	653 **
Chyba	18	0,374	0,7	34	138

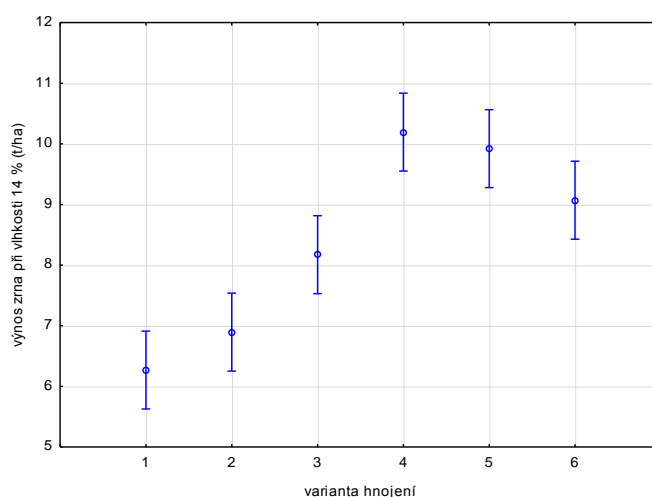
*statisticky významný rozdíl ($P = 0,95$)

**statisticky vysoce významný rozdíl ($P = 0,99$)

Tab. 13 ukazuje vyhodnocené výsledky analýzou variance. Na výnos i kvalitu zrna měl faktor hnojení vysoce významný vliv.

Na povápněné části pokusu byl statisticky významně nižší výnos, než na nevápněné části (obr. 14). Nejvyšší průměrný výnos zrna při vlhkosti 14 % byl u varianty 4 (bez Ca + NPK) 10,19 t/ha. Naopak nejmenší průměrný výnos byl u varianty 1 (Ca kontrola) 6,27 t/ha.

Na vápněné části byl významnější rozdíl mezi variantou 1 (Ca kontrola) a 3 (Ca + NPK), kdy výnos u 1 varianty byl pouze 6,27 t/ha a u 3 varianty 8,17 t/ha. Z uvedených výsledků vyplývá, že hnojení NPK bylo prospěšné. Na nevápněné části nebyly zjištěny rozdíly ve výnose.

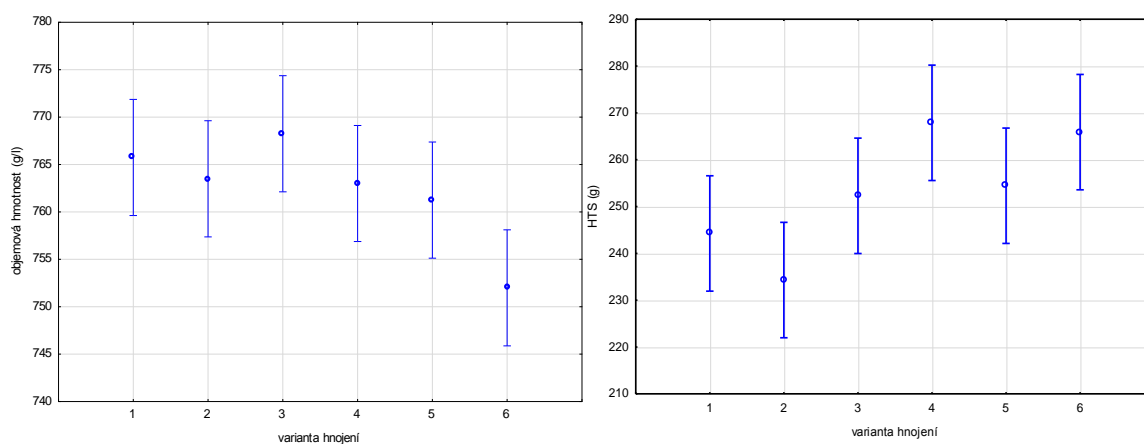


Obr. 14 Rozdíl ve výnosu zrna v závislosti na variantě hnojení

U výnosotvorných prvků (objemové hmotnosti zrna a hmotnosti tisíce semen) měl faktor hnojení významný podíl na výši výnosu.

Vyšší objemová hmotnost zrna byla statisticky významnější na části vápněné. Nejvyšší objemová hmotnost byla u varianty 3 (768 g/l). Nejnižší byla u varianty 6 (752 g/l) a to o 16 g/l. Významný rozdíl byl také u varianty 1 a 6, který byl 13 g/l. U vápněných variant nejsou rozdíly v objemové hmotnosti významné. Na nevápněných variantách byl významnější rozdíl u varianty 6. V porovnání s 4 a 5 variantou byla objemová hmotnost varianty 6 (752 g/l) nejnižší.

U hmotnosti tisíce semen (HTS) bylo statisticky zjištěno, že vyšší hodnoty byly u nevápněných variant. Největší byla u varianty 4 (bez Ca + NPK) 267,9 g, nejmenší u varianty 2 (Ca + N) 234,3 g, což je o 33 g méně. Druhý významný rozdíl byl mezi variantou 2 (Ca + N) a 6 (bez Ca kontrola), kde rozdíl byl 31 g s vyšší hodnotou u varianty 6. Rozdíly mezi trojicí variant 1, 2, 3 a také variantami 1, 3, 4, 5, 6 nebyly zjištěny (obr. 15).



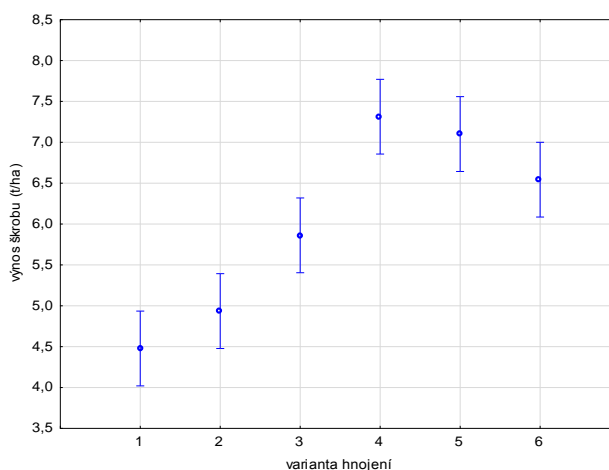
Obr. 15 Rozdíly v objemové hmotnosti a hmotnosti tisíce semen (HTS) v závislosti na variantě hnojení

Tab. 14 Analýza variance – kvalita zrna

Zdroj variability	Stupně volnosti	Obsah škrobu (%)	Výnos škrobu (t/ha)
Hnojení	5	0,2	5,354 **
Chyba	18	0,2	0,1898

**statisticky vysoce významný rozdíl (P = 0,99)

I když obsah škrobu v zrně nebyl ovlivněn faktorem hnojení a nebyl statisticky významný, tak výnos škrobu v zrně z hektaru byl statisticky vysoce významný. Výnos škrobu (t/ha) byl ovlivněn výnosem zrna (t/ha). Z obr. 16 je zřejmé, že vyšší průměrné výnosy škrobu (t/ha) byly u variant nevápněných stejně jako výnos zrna. Nejvyšší průměrný výnos byl u varianty 4 (bez Ca + N) 7,31 t/ha, nejnižší u varianty 1 (Ca kontrola) 4,48 t/ha. U nevápněných variant nebyly zjištěny rozdíly. U variant vápněných byl největší rozdíl mezi 3 a 1 variantou o 2,83 t/ha. Mezi dvojicemi 1, 2 a 2, 3 nebyly zjištěny rozdíly.



Obr. 16 Rozdíly ve výnosu škrobu z hektaru v závislosti na variantě hnojení

6 DISKUZE

6.1 Vliv hnojení na obsah živin v půdě

Po aplikaci dolomitického vápence došlo ke změně pH o 0,7 jednotky oproti nevápněné kontrole. V porovnání s MAŇÁSKEM (2013) byly tyto hodnoty vysoké, jelikož z předcházejících měření, která byla prováděna vždy před začátkem vegetace, bylo pH mezi 5,05 – 5,61. Těmto hodnotám se nejvíce blíží údaje z 16. 4. 2015, kdy bylo zjištěno pH nevápněné kontroly 5,02 a vápněné kontroly 5,33. Při dalším odběru 24. 6. 2015) se však diference mezi vápněnou a nevápněnou kontrolou snížila na 3 setiny. YAN et al. (1996) uvádějí, že změna pH může být způsobena intenzitou mikrobiálního života spojeného s mineralizací organických látek a zvýšenou produkcí CO₂. Zjistili, že po 45 dnech pěstování bobu obecného, se pH výrazně snížilo z 6,0 na 5,64. FINNEMAN a WILSON (2012) uvádějí, že změna pH v rozsahu 1 jednotky není neobvyklá, avšak docílení ve větším rozsahu bývá složité, protože těmto změnám se půda brání. MURDOCK a CALL (2006) zjistili, že během růstu kukuřice se pH měnilo v půdě o 0,2 až 0,3 jednotky. V suchém období to může být až 0,5 jednotky, ale i více, přičemž tato změna může trvat tak dlouho, než dojde k dostatečnému navlhčení půdy. Velkých rozdílů v pH mezi podzimním a jarním odběrem zaznamenali i WELLS a GRANT (1999). Relativně malá diference v obsahu pH v rámci sledovaného období je dána vysokou pufrační schopností půdy.

Nižší obsah přístupného fosforu vždy na vápněné variantě byl podle KOLÁŘE (2016) způsoben vázáním fosforu a vápníku. Předpokládá, že takto vázaný fosfor bude postupně rostlinám zpřístupněn.

Podobný vývoj v obsahu draslíku během růstu a vývoje kukuřice popisují MURDOCK a CALL (2006). Sledovali jak obsah draslíku v meziřadí, tak i v řádku a zjistili, že větší změny byly v půdě v řádku oproti meziřadí. Podobné změny v obsahu přístupného draslíku průběhu sledovaného období pozorovali i LIEBHARDT a TEEL (1977) a MURREL (2011).

6.2 Vliv hnojení na výnos zrna

ERMANI et al. (2002) uvádějí, že vápnění dolomitickým vápencem zvyšuje výnos kukuřice o 66 %, (tedy až o 3,6 t/ha), což naše výsledky nepotvrzují. V našem případě měla aplikace dolomitického vápence spíše opačný vliv na výnos zrna. Po aplikaci vápence byl výnos nižší o 69 % (2,8 t/ha) oproti nevápněné kontrole. ERMANI et al. (2002) uvádějí, že pH půdy se lineárně zvyšovalo spolu s vápněním a každá tuna zvýšila pH půdy v půdním roztoku o 0,1 jednotky. Při pokusech v Brazílii aplikovali vápenec na kyselou půdu. Po úpravě pH půdy na 6,5 byl jejich výnos 7,8 t/ha. V porovnání s našimi výsledky při pH půdy 6,2 byl výnos o 1,27 t/ha vyšší (9,07 t/ha). ERMANI et al. (2002) také uvádějí, že v 2. a 3. roce po aplikaci vápence se výnosy zvyšovaly. Tyto výsledky nelze porovnat, protože pokus byl sledován jako jednoletý.

JOHNSTON a DOWBENKO (2013) uvádějí, že aplikací 100 kg draslíku dojde ke zvýšení výnosu až o 24 % oproti nehnojené kontrole. V našem případě bylo navýšení výnosu aplikací 125 kg draslíku (K_2O) zvýšeno pouze o 11 % oproti nehnojené kontrole. Blíže našim výsledkům dosáhl YUYING (2003), který uvádí, že po aplikaci 112 kg draslíku se zvýšil výnos o 15 %.

Podobných výsledků ve výnosu zrna dosahoval MAŇÁSEK (2013), kdy při stejné dávce NPK, dosahovaly výnosy o 2 tuny na hektar méně, přičemž pH půdy bylo také nižší o 1,01 jednotky. Také průměr let 2010 – 2012 byl ve výnosu nižší, dosahoval 9,17 t/ha, při pH půdy 5,35. Avšak v roce 2011 bylo na pozemku pH 5,39 a výnos dosahoval 10,51 t/ha, což mohlo být způsobeno vlivem ročníku a průběhem počasí za dobu vegetace. V našem případě bylo aplikací NPK dosaženo nejvyššího výnosu zrna u varianty 4 (10,19 t/ha) při pH půdy 6,22.

U varianty hnojené dusíkem se náš výnos 9,92 t/ha nejvíce blížil výnosu z roku 2012 (9,00 t/ha), při stejné dávce živin na hektar. Půdní reakce v našem případě byla o 1,17 jednotky pH vyšší.

Největší rozdíl ve výnosu zrna byl ve variantě nehnojená nevápněná kontrola, kde podle MAŇÁSKA (2013) dosahoval výnos 6,54 t/ha (v roce 2010). V našem případě byl výnos 9,07 t/ha. Podobných výsledků dosahovala nehnojená kontrola, na kterou byl aplikován dolomitický vápenec.

Podle MACHULY a KSIEŹAKA (2007) má hnojení dusíkem významný vliv na nárůst HTS. V získaných výsledcích tyto změny nebyly pozorovány. Hmotnost tisíce

semen (HTS) byla v rozmezí 234,3 – 267,9 g. Rozdíl v nevápněné variantě hnojené NPK a nevápněné nehnojené kontrole byl 2 gramy. U varianty hnojené pouze dusíkem byl rozdíl v HTS oproti kontrole 11,45 g.

7 ZÁVĚR

Bakalářská práce na téma: *Vliv úpravy pH půdy na výnos zrnové kukuřice se zabývala problematikou hnojení kukuřice dusíkem, fosforem a draslíkem na půdě s upraveným pH a neupraveným pH. Na poloprovozním pokuse byla sledována dvě různá hnojení. První bylo hnojení pouze dusíkem, druhé pak kombinací dusíku, fosforu a draslíku. Obě tato hnojení byla porovnávána se dvěma kontrolami.*

Na základě jednoletých výsledků je možno učinit následující závěry:

- a) Dynamika růstu rostlin byla ovlivněna pH půdy, variantou hnojení i vlivem ročníku. Nejmenší růst rostlin byl u nevápněné nehnojené kontroly. Největší růst byl u nevápněné varianty hnojené NPK. Podobných výsledků dosahovala nevápněná varianta hnojená dusíkem, která se lišila pouze o 3 gramy mezi druhým a třetím odběrem.
- b) Hmotnost sušiny rostlin byla ovlivněna pH půdy, variantou hnojení i vlivem ročníku. Nejmenší hmotnost sušiny jedné rostliny byla u vápněné nehnojené kontroly. Nejvyšší hmotnost sušiny jedné rostliny u všech odběrů byla u nevápněné varianty hnojené NPK.
- c) Výška rostliny v silážní zralosti (2. 9. 2015) byla ovlivněna variantami hnojení. Nejnižší průměrná výška jedné rostliny byla u vápněné nehnojené kontroly. Nejvyšší byla u nevápněné varianty hnojené dusíkem 221 cm.
- d) Výnos zelené hmoty byl ovlivněn variantami hnojení i vlivem ročníku. Nejnižší byl u vápněné nehnojené kontroly. Nejvyšší výnos zelené hmoty byl u nevápněné varianty hnojené NPK.
- e) Výnos suché hmoty měl stejnou křivku jako výnos zelené hmoty, protože sušina rostliny nebyla výrazněji ovlivněna variantami hnojení. Nejnižší výnos byl tedy u vápněné nehnojené kontroly a nejvyšší u nevápněné varianty hnojené NPK.

- f) Kvalita rostlin v silážní zralosti nebyla ovlivněna variantami hnojení ani výškou rostliny, průběžným růstem po čas vegetace a výnosem rostlin. Rozdíly v kvalitě byly pouze u obsahu bílkovin a hemicelulózy.
- g) Obsah bílkovin byl ovlivněn variantami hnojení a úpravou pH půdy. Nejnižší byl u vápněné varianty hnojené dusíkem a nejvyšší u nevápněné varianty hnojené dusíkem.
- h) Obsah hemicelulózy byl ovlivněn variantami hnojení a úpravou pH půdy. Nejnižší byl u vápněné varianty hnojené NPK a nejvyšší u vápněné nehnojené kontroly. Z toho plyne, že hnojení mělo nežádoucí vliv na obsah hemicelulóz u rostlin v silážní zralosti.
- i) Výnos zrna při vlhkosti 14 % byl ovlivněn pH půdy, variantou hnojení i vlivem ročníku. Pohyboval se v rozmezí 6,27 – 10,19 t/ha. Nejnižší výnos byl u vápněné kontroly 6,27 t/ha. Nejvyšší výnos byl u nevápněné varianty hnojené NPK 10,19 t/ha. Druhý nejvyšší pak u nevápněné varianty hnojené dusíkem 9,92 t/ha.
- j) Podíl zrna k celkové hmotnosti palice nebyl ovlivněn variantami hnojení.
- k) Objemová hmotnost byla ovlivněna variantami hnojení. Nejmenší byla u nevápněné nehnojené kontroly a nejvyšší u vápněné varianty hnojené NPK 768 g/l.
- l) Hmotnost tisíce semen (HTS) byla ovlivněna variantami hnojení i úpravou pH půdy. Podle výsledků byla nejnižší HTS u vápněné varianty hnojené dusíkem a nevyšší u nevápněné varianty hnojené NPK.
- m) Obsah škrobu v zrně nebyl ovlivněn variantami hnojení.
- n) Výnos škrobu byl ovlivněn variantami hnojení. V závislosti na výnosu zrna z hektaru se zvyšoval i výnos škrobu.
- o) Celkově lze říci, že díky jednoletým výsledkům je zřejmé, že vápnění půdy ve spojení s ročníkem mělo spíše negativní vliv na výnos a kvalitu zrnové kukuřice.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- 1) **ANONYM:** Kukuřice setá (*Zea Mays* L.). [vid. 7. 2. 2016] Dostupné na: http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Kukurice_seta.htm
- 2) **ČSU (2014):** Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin 2014, [vid. 5. 3. 2016], Dostupné na: <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2014-kd0y5ji9gz>
- 3) **ERMANI, P., BAYER, C., MAESTRI, L., (2002):** *Corn Yield as Affected by Liming and Tillage System on an Acid Brazilian Oxisol.* [vid. 19. 4. 2016] Dostupné na: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/94/2/305>
- 4) **FAOSTAT (2014):** Production, [vid. 3. 2. 2016], Dostupné na: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- 5) **FECENKO, J. - LOŽEK, O. (2000):** *Výživa a hnojení pol'ných plodín.* Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, ISBN 80-7137-777-5.
- 6) **FINNERAN, R. a WILSON, M. (2012):** *Making the most out of your soil test: Soil pH - what does it mean for your garden?*, Michigan State University Extension, Published May 2012, [vid. 10. 12. 2015] Dostupné na: http://www.msusoiltest.com/files/soil_ph.pdf
- 7) **HLUŠEK, J. (2004):** Multimediální texty, Výživa rostlin, AF MENDELU v Brně. [vid. 2. 3. 2016] Dostupné na: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/mineralni/amid.htm#mocovina
- 8) **HRUBÝ, J. (2001):** Zpracování půdy k silážní kukuřici – poznatky z dlouhodobých pokusů. *Agromagazín*, 2, č. 3, ISSN 1214-0643, 19 – 20 s.
- 9) **IVANIČ, J., KNOP, K., HAVELKA, B., (1984):** *Výživa a hnojení rastlín.* 2., preprac a dopl. vyd. Bratislava: Príroda, 482 s.
- 10) **JANDÁK, J., POKORNÝ, E., PRAX, A. (2010):** *Půdoznalství.* 3. vyd. /. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 143 s., [3] l. obr. příl. ISBN 978-80-7375-445-7. 59-61 s.
- 11) **JIMENÉZ, M. P., EFFRON, D., HORRA DE LA, A. M., DEFRIERI, R. (1996):** Význam vápníku pro rostliny. In **FLOHROVÁ, A.** *Vápník a jeho význam pro půdu a rostliny : (studijní zpráva) = Calcium and its importance to soil and plants : (review).* Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. 38 s. Studijní informace. ISBN 80-86153-21-5.
- 12) **JOHNSTON, A. M., DOWBENKO, R. (2013):** *Essential Elements in Corn.* [vid. 2. 4. 2016] Dostupné na: <http://www.farmwest.com/node/941>
- 13) **KOLÁŘ, L. (2016):** *Ustní sdělení.* Jihočeská univerzita České Budějovice.
- 14) **KWS osiva s.r.o (2012):** Kukuřice do kapsy, Kolektiv autorů

- 15) **LIEBHARDT, W. C., TEEL, M. R. (1977):** *Fluctuations in soil test values for potassium as influenced by time of sampling.* Commun. Soil Sci. Plant Anal. 8:591-597
- 16) **LOŽEK, O., FECENKO, J., BORECKÝ, V. (1995) :** *Základy výživy a hnojení rostlin.* Nitra, ÚVTIP, 132s.
- 17) **MACHUL, M., KSIEŽAK, J. (2007):** *Evaluation of yielding of maize depending on pre-sowing soil cultivation and method of nitrogen doses in conditions of monoculture and crop rotation,* Fragm. Agron. XXIV (3): 292-299.
- 18) **MAŇÁSEK, J. (2013):** *Uplatnění fosforu a draslíku na výnos a kvalitu kukuřice seté.* Disertační práce. MZLU v Brně. 180s.
- 19) **MATULA, J. (1997):** *Vápnění a pH půdy.* Úroda, 45, č. 2, 26-27 s.
- 20) **MORARD, P. - PUJOS, A., BERNADAC, A., BERTONI, G. (1996):** *Význam vápníku pro rostliny.* In **FLOHROVÁ, A.** *Vápník a jeho význam pro půdu a rostliny : (studijní zpráva) = Calcium and its importance to soil and plants : (review).* Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. 38 s. Studijní informace. ISBN 80-86153-21-5.
- 21) **MURDOCK, L. A CALL, D. (2006):** *Managing Seasonal Fluctuations of Soil Tests.* University of Kentucky Cooperative Extension, Department of Plant and Soil Sciences, Issued 5-2006, [vid. 10. 12. 2015] Dostupné na: <http://www2.ca.uky.edu/agc/pubs/agr/agr189/agr189.pdf>
- 22) **MURRELL, T. S. (2011):** *Why are Soil Test Potassium Levels so Variable over Time in the Corn Belt?* International Plant Nutrition Institute, 2422 Edison Dr., West Lafayette, IN 47906. Email: smurrell@ipni.net, [28. 11. 2015] Dostupné na: <http://fyi.uwex.edu/discoveryfarms/files/2011/06/murrell-k-variability.pdf>
- 23) **PAWLICA, P. (2014):** *Produkty, Měřicí přístroje Pfeuffer,* [vid. 11. 3. 2016] Dostupné na: <http://www.pawlica.cz/produkty/merici-pristroje-pfeuffer/vlhkomery-obchodni/granomat.html>
- 24) **PROKEŠ, K. (2007):** *Výživa kukuřice v podmínkách bramborářské výrobní oblasti.* Disertační práce MZLU v Brně. 170s.
- 25) **RICHTER, R. (2004):** *Výživa rostlin,* Multimediální texty, AF MENDELU v Brně. [vid. 9. 2. 2016] Dostupné na: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/pudni_reakce.htm
- 26) **RICHTER, R. (2004):** *Výživa rostlin,* Multimediální texty, AF MENDELU v Brně. [vid. 5. 2. 2016] Dostupné na: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/images/biogenni_prvky/ca/page_03.htm
- 27) **RICHTER, R. (2005):** *Hnojení plodin, Nároky kukuřice na živiny,* Multimediální texty, AF MENDELU v Brně. [vid. 11. 2. 2016] Dostupné na:

http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/obilniny/kuku_rice.htm#nároky_kukuřice_na_živiny

- 28) **RICHTER, R., HLUŠEK, J. (1996)** : Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití. Praha, 50 s.
- 29) **RICHTER, R., RYANT, P. (2008)**: Výživa kukuřice. In: Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. 1. Praha: Profi Press, s. r. o., ISBN 978-80-86726-31-1, 111-113 s.
- 30) **RICHTER, R. (2007)**: Multimediální texty, AF MENDELU v Brně. [vid. 19. 2. 2016] Dostupné na:
http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_k.htm
- 31) **SKLÁDANKA, J. (2006)**: Multimediální učební texty pícninářství. [vid. 8. 2. 2016] Dostupné na:
http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php?odkaz=kukurice.htm
- 32) **ŠKARPA, P. (2010)**: Multimediální texty, Laboratorní výuka z výživy rostlin, AF MENDELU v Brně, [vid. 11. 3. 2016] Dostupné na:
http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=1&I=3&J=9&K=3
- 33) **VANĚK, V., PENK, J. (1991)**: Vápnění zemědělských půd. 1 vyd. Praha, 14 s.
- 34) **VANĚK, V. (2007)**: *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha: Profi Press, 176 s. ISBN 978-80-86726-25-0.
- 35) **VOSTÁL, J., MEZULIÁNIK, M. (1997)**: Hnojení polních kultur. Nymburk, 84 s.
- 36) **WELLS, K., GRANT, T. (1999)**: *Low Soil pH's on Soil Samples Taken This Fall*. Memorandum to County Extension Ag Agents. December 21, 1999.
- 37) **WOLKOWSKI, D. (2013)**: *Daffodils are what they eat: Nutritional aspects of soils*, Department of Soil Science University of Wisconsin-Medison, [vid. 11. 2. 2016] Dostupné na:
http://www.soils.wisc.edu/extension/materials/Soil_Fertility.pdf
- 38) **YAN, F., SCHUBERT, S., MENGEL, K. (1996)**: *Soil pH changes during legume growth and application of plant material*. Biology and Fertility of Soils, October 1996, Volume 23, Issue 3, pp 236-242
- 39) **YERMIYAHU, U., NIR, S., BEN-MAYYIM, G., KAFKALI, U., KINRAIDE, T. B. (1997)** : Význam vápníku pro rostliny. In **FLOHROVÁ, A.** *Vápník a jeho význam pro půdu a rostliny : (studijní zpráva) = Calcium and its importance to soil and plants : (review)*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 1998. 38 s. Studijní informace. ISBN 80-86153-21-5.

- 40) **YUYING, B. L. (2003):** *Corn Response to Potassium on Black Soil in Heilongjiang*, Better Crops International Vol. 17, No. 2, November 2003
- 41) **ZELENÝ, F. (1993) :** Výživa rostlin a potřeba hnojení. Praha, ÚZPI, Stud. Inform., Ř. Rostlinná výroba, č. 4, 60 s.
- 42) **ZIMOLKA, J. a kol.(2008):** *Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1.

9 PŘÍLOHY



Obr. 17 Vápnění pozemku dne 28. 10. 2014 (MAŇÁSEK, 2014)



Obr. 18 Pozemek po aplikaci hnojiv (vpravo) a po zapravení hnojiva vláčením (vlevo); (ŠIMEK, 2015)



Obr. 19 Zavlačování hnojiv po jejich aplikaci (ŠIMEK, 2015)



Obr. 20 Setí kukuřice dne 12. 4. 2015 (ŠIMEK, 2015)



Obr. 21 Vzešlý porost dne 16. 5. 2015 (ŠIMEK, 2015)



Obr. 22 Rozdíly v růstu mezi vápněnými a nevápněnými variantami (ŠIMEK, 2015)



Obr. 23 Detail vápněné kontroly dne 2. 7. 2015 (ŠIMEK, 2015)



Obr. 24 Detail vápněné varianty hnojené NPK dne 2. 7. 2015 (ŠIMEK, 2015)



Obr. 25 Detail nevápněné varianty hnojené NPK dne 2. 7. 2015 (ŠIMEK, 2015)



Obr. 26 Pohled na sklizené palice kukuřice vápněné kontroly (MAŇÁSEK, 2015)



Obr. 27 Pohled na sklizené palice kukuřice vápněné varianty hnojené NPK (MAŇÁSEK, 2015)



Obr. 28 Pohled na sklizené palice kukuřice nevápněné varianty hnojené NPK (MAŇÁSEK, 2015)



Obr. 29 Pohled na sklizené palice kukuřice nevápněné kontroly (MAŇÁSEK, 2015)

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

- Obr. 2 Kořenový systém kukuřice (RYANT, 2004)
- Obr. 2 Formy dusíku v půdě (IVANIČ, 1984)
- Obr. 3 Nedostatek dusíku na listech kukuřice (VANĚK, 2007)
- Obr. 4 Nedostatek fosforu na mladé rostlině kukuřice (PROKEŠ, 2007)
- Obr. 5 Dynamika změn půdního draslíku (RICHTER, 2007)
- Obr. 6 Dynamika nahromadění K v jednotlivých orgánech kukuřice po čas vegetace (FECENKO, LOŽEK 2000)
- Obr. 7 Různé stupně nedostatku draslíku na listech kukuřice, žloutnutí a nekróza okrajů listů (RYANT, 2008)
- Obr. 8 Schéma působení vápnění (VANĚK, 1991)
- Obr. 9 Vliv deficiencie vápníku na rostlinu kukuřice (RICHTER, 2004)
- Obr. 10 Vliv pH na příjem živin rostlinami (WOLKOWSKI, 2013)
- Obr. 11 Rozdíly ve výšce rostliny v závislosti na variantě hnojení
- Obr. 12 Rozdíly ve výnosu zelené a suché hmoty v t/ha v závislosti na variantě hnojení
- Obr. 13 Rozdíly v kvalitativních parametrech (bílkoviny a hemicelulózy) v závislosti na variantě hnojení
- Obr. 14 Rozdíl ve výnosu zrna v závislosti na variantě hnojení
- Obr. 15 Rozdíly v objemové hmotnosti a hmotnosti tisíce semen (HTS) v závislosti na variantě hnojení
- Obr. 16 Rozdíly ve výnosu škrobu z hektaru v závislosti na variantě hnojení
- Obr. 17 Vápnění pozemku dne 28. 10. 2014 (MAŇÁSEK, 2014)
- Obr. 18 Pozemek po aplikaci hnojiv (vpravo) a po zapravení hnojiva vláčením (vlevo); (ŠIMEK, 2015)
- Obr. 19 Zavlačování hnojiv po jejich aplikaci (ŠIMEK, 2015)
- Obr. 20 Setí kukuřice dne 12. 4. 2015 (ŠIMEK, 2015)
- Obr. 21 Vzešlý porost dne 16. 5. 2015 (ŠIMEK, 2015)
- Obr. 22 Rozdíly v růstu mezi vápněnými a nevápněnými variantami (ŠIMEK, 2015)
- Obr. 23 Detail vápněné kontroly dne 2. 7. 2015 (ŠIMEK, 2015)
- Obr. 24 Detail vápněné varianty hnojené NPK dne 2. 7. 2015 (ŠIMEK, 2015)
- Obr. 25 Detail nevápněné varianty hnojené NPK dne 2. 7. 2015 (ŠIMEK, 2015)
- Obr. 26 Pohled na sklizené palice kukuřice vápněné kontroly (MAŇÁSEK, 2015)

Obr. 27 Pohled na sklizené palice kukuřice vápněné varianty hnojené NPK (MAŇÁSEK, 2015)

Obr. 28 Pohled na sklizené palice kukuřice nevápněné varianty hnojené NPK (MAŇÁSEK, 2015)

Obr. 29 Pohled na sklizené palice kukuřice nevápněné kontroly (MAŇÁSEK, 2015)

11 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 1. Kritéria hodnocení půdní reakce (RYANT, 2008)

Tab. 2. Roční normativ dávek CaO v tunách na hektar pro ornou půdu (RICHTER, 2004)

Tab. 3. Výtěžnost suchého zrna v závislosti na vlhkosti (KWS, 2012)

Tab. 4 Půdní zásoba živin a pH půdy

Tab. 5 Schéma pokusu

Tab. 6 Normativ odběru živin na produkci 1 tuny zrna kukuřice (RICHTER, 2005)

Tab. 7 Průměrné teploty v roce 2015 v porovnání s dlouhodobým průměrem

Tab. 8 Celkové srážky v roce 2015 v porovnání s dlouhodobým průměrem

Tab. 9 Schéma odběru vzorků

Tab. 10 Změny obsahu živin v půdě po čas vegetace

Tab. 11 Analýza variance – výška rostlin a výnos v silážní zralosti

Tab. 12 Analýza variance – kvalita v silážní zralosti

Tab. 13 Analýza variance - výnos zrna

Tab. 14 Analýza variance – kvalita zrna