

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**BRNO 2017**

**Bc. FRANTIŠEK ŠIRŮČEK**

**Mendelova univerzita Brně**

**Agronomická fakulta**

**Ústav Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin**

---



**Monitoring mimokořenové aplikace hnojiv u vybraných  
plodin pěstovaných na orné půdě**

Diplomová práce

*Vedoucí práce:*

doc. Ing. Petr Škarpa, PhD.

*Vypracoval:*

Bc. František Širůček

---

Brno 2017

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatel: **Bc. František Širůček**  
Studijní program: Fytotechnika  
Obor: Fytotechnika

Název práce: **Monitoring mimokořenové aplikace hnojiv u vybraných plodin pěstovaných na orné půdě**

Rozsah práce: 50 - 60 stran

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literárního přehledu na zadané téma.
2. Výběr a oslovení zemědělských podniků v rámci Jihomoravského, Olomouckého a Zlínského kraje.
3. Vlastní monitoring mimokořenové aplikace hnojiv a pomocných rostlinných přípravků ve vybraných zemědělských společnostech formou osobní konzultace.
4. Zhodnocení získaných dat a jejich vyhodnocení.
5. Navržení metod statistického zpracování získaných dat.

Seznam odborné literatury:

1. VOOGT, W. -- EVELEENS, B. -- BLOG, C. Foliar fertilizer application. [online]. 2013. URL: [http://www.vfrc.org/getdoc/a47e10cc-553e-41ad-b04e-1aee0a27c0d8/VFRC\\_Report\\_2\\_Foliar\\_Fertilizer\\_Application\\_Final.aspx](http://www.vfrc.org/getdoc/a47e10cc-553e-41ad-b04e-1aee0a27c0d8/VFRC_Report_2_Foliar_Fertilizer_Application_Final.aspx).
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: listopad 2015

Datum odevzdání: duben 2017

**Bc. František Širůček**  
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 „Monitoring mimokořenové aplikace hnojiv u vybraných plodin pěstovaných na orné půdě“ vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, 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 touto cestou poděkoval zejména doc. Ing. Petru Škarpovi, Ph.D. za veškerý čas, který mi věnoval v rámci odborného vedení diplomové práce, za pomoc, cenné rady a připomínky. Děkuji také rodině a mé snoubence Rozárce za podporu při psaní této práce.

# Monitoring mimokořenové aplikace hnojiv u vybraných plodin pěstovaných na orné půdě

## ABSTRAKT

Cílem práce je reflektovat aktuální situaci s používáním mimokořenové výživy polních plodin a vyhodnotit získané údaje o spotřebě živin aplikovaných foliárně. Monitoring používání listové výživy byl proveden na přelomu roku 2015/2016 ve 133 podnicích s rostlinnou výrobou na Hané, a to v okresech Prostějov, Vyškov, Kroměříž, Olomouc a Přerov. Předmětem průzkumu bylo celkem pět hlavních plodin (pšenice ozimá, ječmen jarní, řepka ozimá, kukuřice a cukrová řepa), které na Hané zaujímají cca 85 % orné půdy. Získaná data o použitých přípravcích z jednotlivých podniků byla vyhodnocena za jednotlivé okresy a na základě odpovídající výměry byla stanovena spotřeba prvků aplikovaných foliární výživou na daném území. V monitorované oblasti bylo použito více než 65 druhů listových hnojiv. Mezi nejpoužívanější přípravky pro foliární výživu patří močovina a hořká sůl, dále řada jednotlivých hnojiv z řady Campofort od firmy AGRA GROUP a.s., které zaujímají celkem 54 % objemu používaných listových hnojiv ve sledovaném území. Největší průměrná frekvence vstupů mimokořenové výživy byla zaznamenána v řepce (2,2), nejmenší naopak v kukuřici (0,2). Spotřeba jednotlivých makroelementů v monitorovaném území byla největší u dusíku, a to cca 1,2 kg/ha, dále u síry 0,53 kg/ha, hořčíku 0,36 kg/ha, draslíku 0,1 kg a fosforu 0,06 kg/ha. U mikroelementů svoji spotřebou dominoval bór v množství 80 g/ha, dále zinek 20 g/ha a mangan 11 g/ha. Z výsledků spotřeby foliárně aplikovaných živin je patrné, že potenciál používání mimokořenové výživy prozatím není plně využitý.

**Klíčová slova:** mimokořenová výživa, spotřeba živin, polní plodiny

# **Monitoring of Foliar-applied Fertilizers in Selected Crops Cultivated on Arable Soil**

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is to reflect the current situation of using foliar nutrition of field crops and evaluate the consumption data of foliar-applied nutrients. Monitoring of the use of foliar nutrition was carried out at the turn of the year 2015/2016 in 133 companies with plant production in the region Haná, specifically in districts Prostějov, Vyškov, Kroměříž, Olomouc and Přerov. Five main crops (winter wheat, spring barley, winter rape, corn and sugar beet), which cover approximately 85 % of arable soil in Haná, were the subject of the survey. The obtained data on the used preparations from individual companies were evaluated for individual districts and on the basis of corresponding acreage there was assessed the consumption of elements applied by foliar nutrition in a given area. More than 65 types of foliar-applied fertilizers were used in the monitored region. The most commonly used preparations for foliar nutrition are urea and bitter salt, next many of preparations from the serie Campofort made by AGRA GROUP a.s., which create total 54 % of all used foliar fertilizers in the monitored area. The highest average frequency of foliar nutrition inputs was registered in the rape (2,2) and the lowest in the corn (0,2). The consumption of individual macroelements in the monitored area was largest by nitrogen approx 1,2 kg/ha, next by sulfur 0,53 kg/ha, magnesium 0,36 kg/ha, potassium 0,1 kg/ha and phosphorus 0,06 kg/ha. For microelements, boron dominated in amount of 80 g/ha, next zinc 20 g /ha and manganese 11 g/ha. From the consumption results of foliar-applied nutritions it is clear that the potential of using foliar fertilizers has not been fully applied yet.

**Key words:** Foliar fertilizers, Nutrient consumption, Field crops

## Obsah

<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>2 CÍL PRÁCE.....</b>	<b>10</b>
<b>3 LITERÁRNÍ PŘEHLED.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Význam mimokořenové výživy.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Faktory ovlivňující příjem živin.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 Mechanismy příjmu mimokořenové výživy.....</b>	<b>14</b>
<b>3.4 Aplikace mimokořenových hnojiv.....</b>	<b>16</b>
<b>3.5 Význam vybraných makroelementů ve výživě polních plodin.....</b>	<b>18</b>
3.5.1 Dusík.....	19
3.5.2 Draslík.....	20
3.5.4 Síra.....	20
3.5.5 Hořčík.....	21
<b>3.6 Význam vybraných mikroelementů ve výživě polních plodin.....</b>	<b>21</b>
3.6.1 Bór.....	21
3.6.2 Zinek.....	22
3.6.3 Mangan.....	23
3.6.4 Molybden.....	23
<b>3.7 Nároky polních plodin na živiny.....</b>	<b>24</b>
3.7.1 Pšenice.....	24
3.7.2 Řepka.....	26
3.7.3 Kukuřice.....	27
<b>4 MATERIÁL A METODIKA.....</b>	<b>29</b>
<b>5 VÝSLEDKY.....</b>	<b>32</b>
<b>5.1 Pěstované plodiny.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2 Používání mimokořenové výživy.....</b>	<b>33</b>
5.2.1 Finanční náročnost listové výživy.....	35
5.2.2 Výrobci a prodejci listových hnojiv.....	36
<b>5.3 Použité přípravky.....</b>	<b>37</b>
<b>5.4 Spotřeba prvků aplikovaných mimokořenovou výživou .....</b>	<b>39</b>

5.4.1	Spotřeba dusíku v plodinách.....	42
5.4.2	Spotřeba fosforu v plodinách.....	44
5.4.3	Spotřeba draslíku v plodinách.....	45
5.4.4	Spotřeba hořčíku v plodinách.....	46
5.4.5	Spotřeba síry v plodinách.....	47
5.4.6	Spotřeba bóru v plodinách.....	48
5.4.7	Spotřeba zinku v plodinách.....	49
5.4.8	Spotřeba manganu v plodinách.....	51
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>53</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>54</b>

# 1 ÚVOD

Rostoucí světová populace a stoupající míra její vyspělosti předpokládají velký potenciál poptávky po potravinách. Tento trend spolu s poměrně masivním rozvojem nezemědělského využití půdy (obnovitelné zdroje energie) zejména v rozvinutých zemích světa a stoupající cenou půdy vedou ke snaze zvyšovat efektivitu rostlinné produkce. Významným faktorem pěstebních technologií je dostatečné zabezpečení výživy plodinám. Pro zhodnocení výživného stavu na úrovni územních celků je důležité znát spotřebu živin pro danou oblast.

Zatím co spotřeba minerálních a organických hnojiv aplikovaných do půdy je monitorována ministerstvem zemědělství, a následně ji využíváme při bilancování především makrobiogenních prvků (N, P, K, Ca – vápnění) v agrosystému (na celostátní a regionální úrovni), monitoring aplikace listové výživy v České republice de facto neexistuje.

Přesto, že foliární výživa je v rámci hnojení rostlin uváděna jako doplňková záležitost, její používání v posledních letech stoupá a nabývá na významu. Mímokořenová výživa je dnes součástí praxe mnohých pěstebních systémů, avšak potenciál této technologie nemůže být plně využit bez adekvátního porozumění základním zásadám problematiky. Použití listových hnojiv nachází největší uplatnění zejména při aplikaci mikroelementů, jelikož jejich příjem dokážeme touto cestou zabezpečit. Významnou roli zde hrají i makroelementy, které mohou podpořit potenciál rostlin, a to zejména při neadekvátních podmínkách příjmu kořenovým systémem.

Předložená práce přináší nové poznatky o aktuálním používání listové výživy polních plodin a doplňuje dosud neznámé informace o spotřebě prvků aplikovaných formou mímokořenové výživy. Tyto nové údaje mohou sloužit jako podklad pro publikační a poradenskou činnost a ovlivňovat zaměření a nabídky v oblasti vědecko-výzkumných aktivit aplikovaného výzkumu, které mohou v důsledku napomáhat ke zvyšování efektivitu rostlinné produkce.

## 2 CÍL PRÁCE

Diplomová práce přispívá ke studiu problematiky mimokořenové výživy hlavních plodin pěstovaných na orné půdě v ČR. Hlavním úkolem této studie bylo na základě monitoringu provedeném v zemědělských podnicích hospodařících v oblasti Haná, vyhodnotit údaje o používání hnojiv a pomocných rostlinných přípravků aplikovaných formou mimokořenové výživy. Hlavní přínos práce spočívá v prezentaci nových informací o spotřebě listových hnojiv a jednotlivých živin, v nichž obsažených.

Konkrétní cíle diplomové práce jsou:

- vypracování literárního přehledu prezentujícího přehled živin využívaných při mimokořenové výživě a její využití u hlavních plodin pěstovaných v ČR,
- sběr dat o spotřebě mimokořenově aplikovaných hnojiv a pomocných rostlinných přípravků v zájmové oblasti Haná formou osobního monitoringu,
- vyhodnocení využití listových hnojiv a spotřeby živin v nich aplikovaných.



## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Význam mimokořenové výživy

Foliární výživa nachází široké uplatnění v moderních pěstebních technologiích, kde zajišťuje optimalizaci výkonu polních plodin. V posledním desetiletí bylo v souvislosti s rozvojem znalostí rostlinných fyziologických procesů používání foliární aplikace značně zvýšeno (Fernández et al. 2013). V principu je mimokořenová výživa založena na příjmu a využití minerálních i organických živin a látek, nanesených formou vodných roztoků na nadzemní části rostlin, ze kterých jsou pak přijímány všemi orgány (Marschner 2012).

Foliární výživou nelze plně nahradit výživu kořenovou, a proto je nutné ji chápat jako speciální opatření (Vaněk et al. 2012). Pro dosažení maximálních výnosů jsou základní živiny většinou aplikovány do půdy i na listovou plochu rostlin (Škarpa et al. 2015). Aplikace do půdy je běžnější a efektivnější pro živiny dodávané ve větším množství. Nicméně, za určitých okolností je ekonomičtější a efektivnější použití hnojiv listových (Frageria et al. 2009). Foliární výživa nabízí řadu výhod oproti půdním hnojivům, a to především tehdy, když jsou živiny v půdě v neadekvátní zásobě, nejisté přijatelné rostlinami nebo když poptávka rostlin po živinách předčí kapacitu příjmu kořeny. V porovnání s aplikací živin do půdy je u mimokořenové výživy nižší riziko environmentálního zatížení a u některých hnojiv je omezován biologický stres rostlin (Fernández et al. 2013). Za určitých okolností je tedy nejlepší aplikovat živiny foliárně, postříkem ředěných živin přímo na listy rostlin (NPK hnojiva, mikroelementy, nebo zředěný roztok močoviny), tak aby nedocházelo k toxické reakci (Brady, Weil 2002). Velký potenciál nabízí mimokořenová výživa zejména při aplikaci mikroelementů. Při omezeném přísunu statkových hnojiv se prohlubuje negativní bilance stopových prvků, která bývá doprovázena častým výskytem symptomů jejich nedostatku u rostlin (Bečka et al. 2007).

### 3.2 Faktory ovlivňující příjem živin

Rostliny jsou schopny přijímat živiny přes list v omezeném množství (Brady, Weil 2002). Účinnost mimokořenové výživy je ovlivněna celou řadou chemických, fyzikálně-chemických a fyziologických faktorů spojených s rostlinou a vlastnostmi aplikované živiny. Příjem živin je rozdílný pro jednotlivé rostlinné druhy, významnou roli při absorpci hraje například tloušťka kutikuly, teplota vzduchu, koncentrace roztoku, pH roztoku atp. (Fernández, Eichert 2008). Podle Vaňka et al. (2012), Trčkové et al. (2009) a Škarpy et al. (2013) má na absorpci živin rostlinami vliv čas, který je každého prvku individuální, jak je uvedeno v tabulce 1. Podle Škarpy et al. (2015) je čas příjmu prvků o stejné valenci závislý na poloměru hydratovaného iontu. Kationty jsou přijímány rychleji než anionty, ionty s jedním nábojem ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+$ ) rychleji než se dvěmi ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ) nebo třemi ( $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ) náboji.

Tabulka 1: Doba příjmu důležitých živin podle Vaňka et al. (2012), Trčkové et al. (2009) a Škarpy et al. (2013)

<b>Živina</b>	<b>Doba potřebná pro 50% příjem aplikované živiny</b>
N	1/2 – 2 h
Mg	2 – 5 h
B	5 h
Zn	24 h
K	1 – 3 dny
Mn	2 dny
Ca	4 dny
P	5 -10 dní
S	7 – 8 dní
Fe, Mo	10 – 12 dní

Podle Bradyho a Weila (2002) je z 18 prvků podstatných pro růst rostlin 9 přijímáno ve velmi malém množství. Těmito prvkům se říká mikroelementy: železo, mangan, zinek, měď, bór, molybden, nikl, kobalt, chlor. Další, jako křemík, vanad a sodík přispívají pouze ke zlepšení růstu rostlin. Marschner (2012) udává, že pro vyšší rostliny je prokázána nezbytnost 14 prvků, nicméně požadavek na Cl a Ni je omezen jen

na některé rostlinné druhy.

Protože vliv vnějších podmínek hraje při příjmu živin významnou, mnohdy negativní roli, základním opatřením pro zvýšení účinnosti příjmu listové výživy je použití smáčedla. Tento adjuvant způsobuje optimalizaci penetračního procesu a omezuje hydrofobní reakci na listové ploše (Schönherr 2000, Marschner 2012).

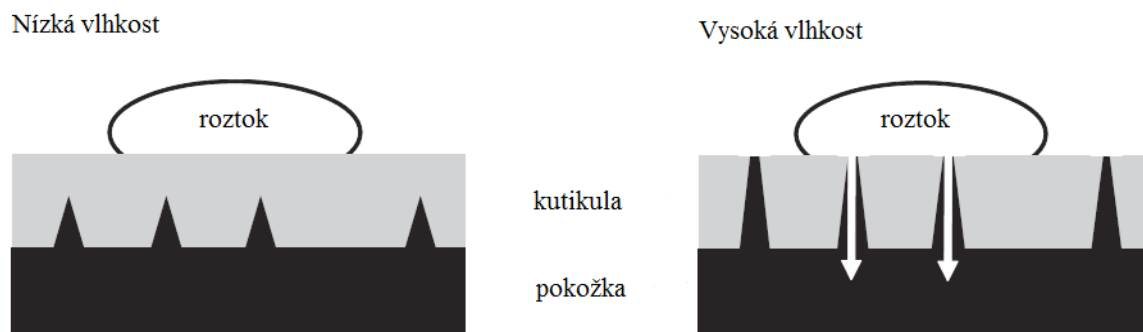
Obrázek 1: Rozdíl mezi povrchovým napětím roztoku s použitím smáčedla (vlevo)



*foto: Širůček*

Podle Marschnera (2012) může mít na příjem mimokořenové výživy jednoznačně negativní vliv vzdušná vlhkost. Kvůli rychlému vysychání výživného média na listech zaniká možnost příjmu živin. Vlivem nízké vzdušné vlhkosti je jejich příjem omezován (obrázek 2). Naopak deštivé počasí zamezuje příjem živin smyvem.

Obrázek 2: Vliv vlhkosti prostředí na příjem roztoku podle Marschnera (2012)



### 3.3 Mechanismy příjmu mimokořenové výživy

Rostliny mohou přijímat živiny všemi orgány – kořeny, listy, stonky, květy a u stromů též větvemi a kmenem (Marschner 2012). K příjmu živin povrchem nadzemních orgánů rostlin dochází přes kutikulu nebo stromata. Množství látek, které se do rostliny dostávají přes stromata je podle Škarpy et al. (2015) zanedbatelné, protože do kontaktu s roztokem přichází zpravidla malá část stromat (často méně než 10 %). Kutikula představuje při příjmu živin významnou překážku, jelikož přes ni mohou pronikat ionty a sloučeniny menší než 1 nm. Po průniku kutikulou se živiny dostávají do volného prostoru buněk, poté do vnitřních prostorů buněk a nakonec na místo potřeby (Vaněk et al. 2012). Účinnost foliární aplikace je do velké míry ovlivněna mobilitou živin (Tabulka 2).

Tabulka 2: Rozdíly v mobilitě minerálních biogenních živin podle Marschnera (2012)

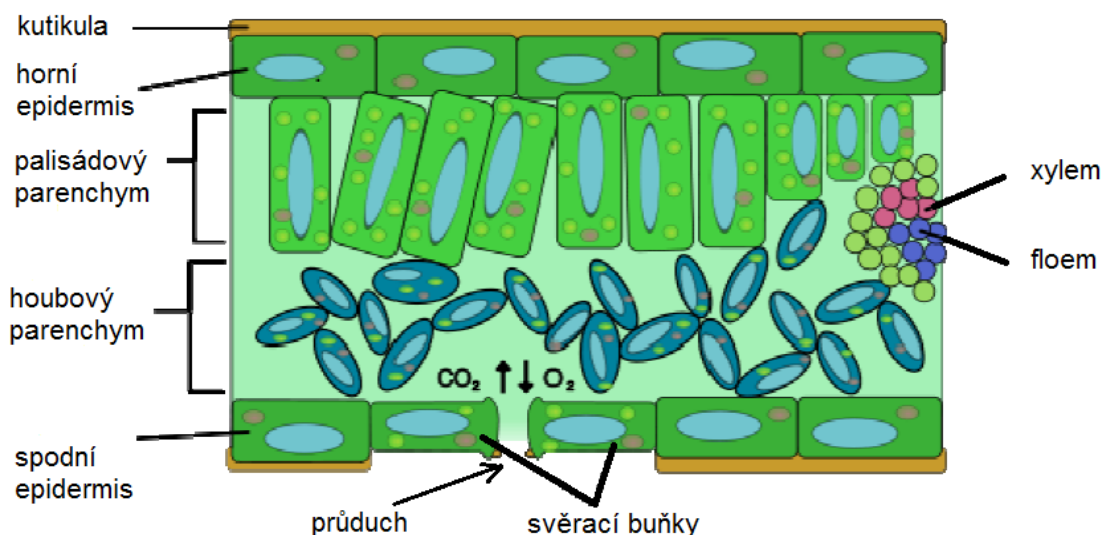
Vysoká mobilita	Střední mobilita	Nízká mobilita
dusík (NH <sub>2</sub> )	železo (Fe)	vápník (Ca)
draslík (K)	zinek (Zn)	mangan (Mn)
hořčík (Mg)	měď (Cu)	
fosfor (P)	bór (B)	
síra (S)	molybden (Mo)	

V současné době se předpokládá, že látky aplikované mimokořenově mohou prostupovat kutikulou dvěma rozdílnými cestami v závislosti na své chemické podstatě, tady buď lipofilní nebo polární cestou. Voda a další malé nepolární molekuly (např. močovina) mohou využívat jak lipofilní tak polární cestu. Předpokládá se, že hydrofilní látky procházejí kutikulou výrazně pomaleji než látky lipofilní. (Eichert, Goldbach, 2008).

Lipofilní kutikula je uložena jako polymerní membrána na povrchu všech nadzemních orgánů rostlin (obrázek 3). Je složena ze tří vrstev. Svrchní část tvoří vosková vrstva, pod kterou je uložen kutin. Pod nimi je vrstva z celulózního skeletu obsahující polysacharidy a pektiny, které bobtnají a propouštějí vodu spolu s rozpuštěnými živinami, případně dalšími látkami (Škarpa et al. 2015). Hlavní funkcí

kutikuly je ochrana rostliny proti ztrátám vody, omezování úniku metabolitů z vnitřních pletiv a limitování vstupu znečišťujících látek z prostředí (Vaněk et al. 2012).

Obrázek 3: Schématická struktura průřezem listu podle Trčkové et al. (2009)



Rostlinná kutikula ale zároveň představuje hlavní překážku pro látky, které jsou aplikovány na povrch listu, ať už se jedná o hnojiva nebo prostředky na ochranu rostlin. (Vaněk et al. 2012). U vodních rostlin jsou právě listy hlavní cestou příjmu živin (Marschner 2012). Omezení průchodu roztoku může být způsobeno nízkou propustností hydrofobního povrchu, nízkou penetrační rychlostí, která je závislá na tloušťce kutikuly, nebo sníženou účinností látky v důsledku srážek následujících po listové aplikaci živin (Škarpa et al. 2015). Složení vrstev kutikuly znázorňuje schéma 1.

Schéma 1: Struktura kutikuly podle Marschnera (2012)



### 3.4 Aplikace mimokořenových hnojiv

Na trhu máme k dispozici řadu listových hnojiv, které umožňují navazovat na výživu kořenovou a operativně tak reagovat na poruchy v metabolismu rostliny způsobené nevhodnými vnějšími i vnitřními podmínkami prostředí (Škarpa et al. 2015).

V pokusech s těmito hnojivy se však můžeme setkat se zjednodušenými interpretacemi účinnosti mimokořenové výživy. Výsledky výzkumu mnohdy vychází z krátkodobých pokusů v kontrolovaných podmínkách, které stěží interpretují reálné podmínky výživy rostlin a vedou k přeceňování a zvýrazňování předností zkoušených produktů. V současné době jsou vyráběny celé řady hnojiv určených přímo k mimokořenové výživě, jako např. Camporoft, Wuxal, Folimag, Fertimag, Fertigreen, Mikrokomples, Kristalon a sousta dalších (Vaněk et al. 2012).

Kapalná hnojiva prodávaná ve Spojených státech amerických, jsou více než z poloviny jednosložková a tvoří zde okolo 40 % všech hnojiv. Pracovní náklady na výrobu, transport a aplikaci kapalných hnojiv jsou v porovnání s pevnými nižší (Brady, Weil 2002).

Pokud jsou foliární hnojiva přimíchávána do postemergentních herbicidů, insekticidů, nebo fungicidů, pravděpodobnost kladné odezvy na výnose může být zvýšena a náklady naopak sníženy (Frageria et al. 2009). Použití mimokořenové výživy

v kombinaci s pesticidy může mít synergický efekt (Fernández et al. 2013).

Mimokořenová výživa by měla vycházet z analýzy výživného stavu rostlin a stanovištních podmínek. Měla by být cílena jako konkrétní opatření v určité fázi růstu (Vaněk et al. 2012). Hlavními technikami pro diagnostiku nedostatků ve výživě plodin jsou půdní rozbory, rozbory rostlinné hmoty, nakonec i symptomy na listech a jiné odezvy plodin v různých růstových fázích. Správné určení deficiencie živin je základ pro úspěšné použití foliárního hnojiva (Frageria et al. 2013). Diagnostika výživného stavu porostů obilnin na základě chemické analýzy nadzemních částí rostlin významně usnadňuje rozhodování o použití listových hnojiv, není však nezbytnou podmínkou. Efektivnost využití operativnějších N senzorů je podmíněna jejich pečlivou kalibrací (Trčková et al. 2009). Foliární hnojení vyžaduje větší index listové plochy pro absorbování hnojiva v dostatečném množství. Někdy je nezbytné aplikovat hnojivo i ve více dávkách, dle deficitu dané živiny, jeho absorpce, povětrnostních podmínkách atd. Koncentrace makroprvků v postřiku bývá obecně pod 2 %, aby se zabránilo popálení listů. Pohybuje se většinou od 0,1 do 1,2 % podle živiny (Frageria et al. 2009). U živin s nízkou mobilitou je třeba postřik opakovat (2–4×). Mimokořenovou aplikaci je vhodné provést vícekrát za vegetaci rovněž u těch živin, které rostlina potřebuje ve větším množství, např. B, Zn, Mg (Škarpa et al. 2015). Běžné nosiče živin pro mimokořenovou aplikaci uvádí tabulky 3 a 4.

Tabulka 3: Makroelementy a jejich formy běžně používané v přípravcích pro listovou aplikaci podle Fernández et al. (2013)

<b>Makroprvky</b>	<b>Formy prvků</b>
N	$\text{CH}_4\text{NO}_2$ , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , $(\text{NH}_4)(\text{NO}_3)$
P	$\text{H}_3\text{PO}_4$ , $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)$ , fosfity
K	$\text{K}_2\text{SO}$ , $\text{KCl}$ , $\text{KNO}_3$ , $\text{K}_2\text{CO}_3$ , $\text{KH}_2\text{PO}_4$
Mg	$\text{MgSO}_4$ , $\text{MgCl}_2$ , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$
S	$\text{MgSO}_4$
Ca	$\text{Ca}^+$ , $\text{Ca}^{2+}$

Tabulka 4: Nosiče mikroelementů běžně používané pro listovou aplikaci podle Vaňka et al. (2012)

Mikroelementy	Formy prvku
B	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> , borax, borethanolamin Na-oktoborát, B-polyoly
Fe	FeSO <sub>4</sub> , Fe <sup>(III)</sup> -cheláty, Fe-komplexy, (lignosulfonáty, glukohexpanáty atd.)
Mn	MnSO <sub>4</sub> , Mn <sup>(II)</sup> -cheláty
Zn	ZnSO <sub>4</sub> , Zn <sup>(II)</sup> -cheláty Zn-organické komplexy
Mo	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Mo <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Cu	CuSO <sub>4</sub>

Efektivní formou pro přijetí mikroelementů rostlinou jsou cheláty. Například skrze ZnEDTA může být zinek ve srovnání s vodorozpustnou formou dvakrát až pětkrát efektivněji přijímán (Gangloff et al. 2006).

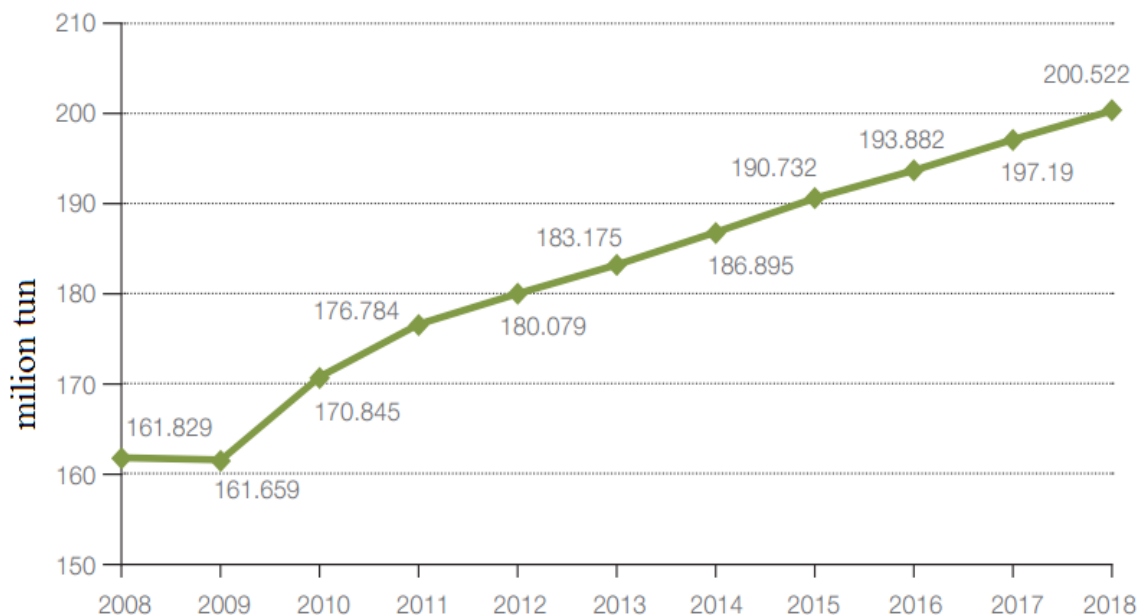
### 3.5 Význam vybraných makroelementů ve výživě polních plodiny

Jak již bylo uvedeno, mimokořenová výživa je jedním z možných nástrojů k optimalizaci výživy rostlin makrobiogenními prvky. V této kapitole je v krátkosti uveden jejich význam pro rostliny. Představeny jsou zde vybrané prvky, které mají v mimokořenové výživě význam.

Podle FAO (2015) od roku 2009 celosvětově vzrůstá spotřeba hlavních živin (N, P, K) v hnojivech meziročně o miliony tun. Tento trend se předpokládá do roku 2018 bez výrazných změn, jak znázorňuje graf 1.



Graf 1: Vývoj spotřeby N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O podle FAO (2015)



### 3.5.1 Dusík

Dusík představuje jeden z nejvýznamnějších prvků v koloběhu živin. Rostlinami je přijímán především ve formě nitrátové ( $\text{NO}_3^-$ ), v menší míře ve formě amoniakální ( $\text{NH}_4^+$ ) a amidické ( $\text{NH}_2^+$ ) neboli močovinové (Marschner 2012). Avšak v ornici se nachází 98 až 99 % veškerého dusíku ve formě organické (Vaněk et al. 2012). Franklin et al. (2016) uvádějí, že důležitost organického dusíku pro výživu a produkci rostlin je vnímána stále více. Forma dusíku má vliv nejen na jeho příjem, ale také na růst rostliny. Chemická forma přijímaného dusíku, zdali anorganická nebo organická (skrze aminokyseliny), může významně ovlivnit jeho účinnost a následně růst výhonků a kořenů. Barker (1979) udává, že dusík má v rostlině významný vliv na nárůst listové plochy, tudíž zvyšuje efektivnost fotosyntézy. Je součástí aminokyselin, amidů, bílkovin, nukleových kyselin, chlorofylu, enzymů a dalších biologicky aktivních látek. V rámci mimokořenové výživy se obecně uvádí amidický dusík, jako nejlépe a nejrychleji přijatelná forma dusíku.

Nedostatek N způsobuje pokles tvorby proteinů v chloroplastech a následně se projevuje žloutnutím od nejstarších listů až zastavením růstu (Vaněk et al. 2012).

### 3.5.2 Draslík

Draslík je v rostlinách přítomen v iontové formě a je přijímán jako kationt  $K^+$ , v rostlinách je dobře pohyblivý a snadno se přemísťuje (Marschner 2012). Příznivě působí na pevnost stonku, ovlivňuje látkovou výměnu cukrů, metabolismus dusíku a proteosyntézu (Armengaud et al. 2009). Vysoký obsah K v rostlinách je typický pro mladé rostliny (mladé listy, vegetační vrcholy a meristémy), stárnutím pletiv se jeho obsah snižuje. Řada rostlin (nejvíce obilniny) ve druhé polovině vegetace značně omezuje jeho příjem a dokonce část přijatého K postupně vydává zpět kořeny do půdy (Vaněk et al. 2012). Obsah draslíku v půdě závisí na půdotvorném substrátu a pohybuje se v rozmezí 0,5 – 3,3 % (Šarapatka et al. 2010). Nedostatečné používání draselných hnojiv má za následek zvýšené čerpání K z půdy, čímž se výrazně snižuje půdní úrodnost (Kunzová 2010).

Symptomy nedostatku draslíku se u rostlin projevují na starších listech, z důvodu jeho reutilizační schopnosti. Stonky jsou tenké, se slabým pletivem (Bergmann 1993).

### 3.5.3 Síra

Síra je přijímána rostlinami v anorganické formě oxidovaného sulfátového aniontu  $SO_4^-$ , který je asimilován do buněčných metabolitů. Mimokořenově bývá dodávána zejména ve formě  $MgSO_4$  (Fernández et al. 2013). Síra je nezbytná pro růst všech organismů, je součástí aminokyselin cysteinu a methioninu, mnohých koenzimů, sulfolipidů, peptidů a jiných rostlinných metabolitů (Takahashi et al. 2011). Při poklesu síry pod kritickou koncentraci se u rostlin omezuje syntéza bílkovin, tím i celková produktivita rostliny (Vaněk et al. 2012).

U obilnin se nedostatek síry podobá nedostatku dusíku. Symptomy se zpravidla objevují na mladých listech. Rostliny trpící deficitem síry mají menší a užší listy, kratší a slabší stébla a tvoří méně klasů s menším počtem zrn (Vaněk et al. 2012).

### 3.5.4 Hořčík

Hořčík je přijímán rostlinami jako kationt  $Mg^{2+}$ , dodáván je zpravidla ve formě  $MgSO_4$ , nebo jako  $MgCl_2$ , případně  $Mg(NO_3)_2$  (Fernández et al. 2013). Hořčík se významně podílí na syntéze bílkovin, je důležitou součástí chlorofylu, kde dochází k fotosyntéze (Vaněk et al. 2012). U foliární aplikace hořčíku s vápníkem byl prokázán příznivý vliv na růst a výnos. Nejvýznamnější přínos měla tato aplikace na kyselých půdách (Dordas 2009).

Příznaky deficitu Mg se nejdříve projevují na starších listech, kde vznikají žluté, oranžové, purpurové a červené skvrny, nebo chlorózy s barevnými okraji (Vaňek et al. 2012).

## 3.6 Význam vybraných mikroelementů ve výživě polních plodin

Jak již bylo uvedeno, mimokořenovou výživou lze zabezpečit potřebu rostlin na mikrobiogenní prvky. V této kapitole je uveden jejich význam pro rostliny. Představeny jsou zde též vybrané prvky, které mají v mimokořenové výživě své opodstatnění.

### 3.6.1 Bór

Bór je přijímán rostlinami ve formě kyseliny borité ( $H_3BO_3$ ) nebo boritanu (Jiao et al. 2005). Nejvýznamnější funkce bóru je stavební. Podílí se na tvorbě a stabilitě buněčných stěn. Až 90 % z obsahu bóru v rostlinách je vázáno v buněčných stěnách - to je také jedním z důvodů jeho velmi malé pohyblivosti v rostlinách (Černý et al. 2016). Dále se bór účastní tvorby meristematických buněk, buněčného dělení a podporuje růst kořenů (Vaněk et al. 2012). Důležitou roli hraje bór při tvorbě organických látek, především při transportu sacharidů z listů do zásobních orgánů, čímž je jednak ovlivňována rychlost fotosyntézy, ale také růst zásobních orgánů, případně plodů a v neposlední řadě podporuje tvorbu pylu, čímž se zásadně podílí na tvorbě výnosu (Škarpa et al. 2015).

Z hlediska potřeby živin vykazují nižší obsah bóru jednoděložné rostliny (obilniny, kukuřice), většinou na úrovni jednotek ppm. Naopak vyšší obsah B -

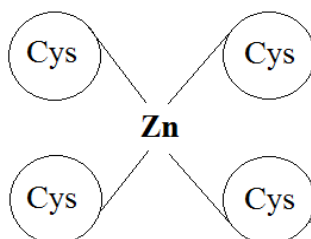
v desítkách ppm, je u dvouděložných rostlin (Černý et al. 2016). Společná aplikace bóru a zinku přispívá k lepšímu růstu a tvorbě výnosu (Manna, Maity 2016).

Deficience B je spojována s celou řadou morfologických deformací pletiv. Při jeho nedostatku se snižuje celková efektivnost fotosystému a následně je omezena syntéza bílkovin (Broadley et al. 2012).

### 3.6.2 Zinek

Zinek bývá aplikován v mnohých plodinách nejčastěji ve formách  $ZnSO_4$  a  $ZnO$ . Zdroje zinku mohou být anorganické látky, syntetické cheláty a přírodní komplexy (Gangloff et al. 2006). V rostlinách, stejně jako v jiných organismech, se Zn nachází převážně jako  $Zn^{2+}$ . Zinek se váže na velké množství proteinů a účastní se tak mnoha metabolických procesů a syntézy bílkovin. Významně se podílí především na syntéze růstových hormonů. Je součástí buněčných membrán, kde se váže na fosfolipidy, thiolové skupiny, nebo tvoří komplexy s cysteinem (schéma 2) a tím brání membránové lipidy proti oxidačnímu poškození (Broadley et al. 2012).

Schéma 2: Komplex Zn s cysteinem (Broadley et al. 2012)



Zinek se vyskytuje jako jediný kov ve všech třídách enzymů, mezi které patří oxydoreduktázy, transferázy, hydrolázy, lyázy, izomerázy a ligázy (Sousa et al. 2009).

Mezi příznaky nedostatku zinku se projevují zejména na mladých částech rostlin zkracováním internodií, uprostřed listů mohou vznikat i bělavé chlorózy. Deficitem Zn se snižuje fertilita pylu, čímž dochází ke snížení výnosu plodin (Broadley et al. 2012).

### 3.6.3 Mangan

Rostliny přijímají mangan jako kationt  $Mn^{2+}$ . Mn se v rostlině podílí na celé řadě fyziologických funkcí. Účastní se řízení oxidačních, redukčních a karboxylačních procesů. Uplatňuje se při tvorbě glycidů a bílkovin, podílí se také na syntéze vitamínu C (Vaněš et al. 2012). Mangan je také společně s hořčíkem aktivátorem mnoha enzymů, přičemž byla prokázána možnost jejich vzájemného zastoupení. Pozitivně podporuje například aktivitu nitrátreduktázy a je nepostradatelnou součástí při syntéze chloroplastů, čímž se nepřímě podílí na tvorbě chlorofylu (Heine et al. 2011).

Nejcitlivější organely na nedostatek manganu jsou chloroplasty, které hrudkovatí, rozpouští se a tvoří nažloutlý roztok v cytoplasmě. Dochází také k omezení tvorby chlorofylu a vzniku listové chlorózy, která na rozdíl od deficitu železa nepostihuje celý list, tvoří se pouze listové skvrny podobné mozaice (Hebbernet al. 2009).

### 3.6.4 Molybden

Molybden se vyskytuje převážně v oxidové formě jako  $MoO_4^{2-}$ . Účastní se jako katalyzátor enzymatických procesů v rostlinách, které kontrolují metabolismus dusíku (Broadley et al. 2012). I když patří molybden mezi esenciální živiny, v porovnání s ostatními mikrobiogenními prvky je jeho potřeba nejnižší (Marschner 2012). Přesto je molybden součástí více než 60 enzymů (například nitrogenáza, nitrátreduktáza, sulfátoxidáza), které katalyzují různé oxidačně redukční reakce a v rostlinách mají klíčové úlohy v dusíkatém metabolismu a při syntéze růstových hormonů (Kaiser et al. 2005, Vaněk et al. 2012).

Protože přijatelnost molybdenu kořeny rostlin je silně ovlivněna půdní reakcí (pH), koncentrací adsorbovaných oxidů (Fe oxidy), množstvím vody a organickými komponenty v půdních koloidech (Škarpa et al. 2013) a zároveň jsou nároky polních plodin na tento prvek velmi malé, mimokořenová aplikace dokáže výborně zajistit jeho potřebu. Stanislawski-Glubiak E. (2008) uvádí ve svých pokusech významný efekt při hnojení molybdenem na výnos řepky ozimé. Podobně Škarpa et al. (2013) zaznamenali statisticky významné zvýšení výnosu nažek při hnojení molybdenem v dávce 125 g Mo/ha oproti nehnojené kontrole.

Molybden je důležitý zejména pro brukvovité rostliny, které v případě jeho nedostatku mají listy značně deformované (Bečka et al. 2007). Deformace se projevuje stáčením do lžícového tvaru, tzv. člunkové listy (Vaněk et al. 2012). Protože je molybden v rostlině velmi mobilní, jeho deficiencie může být patrná po celé rostlině, nejčastěji je vidět uprostřed rostliny nebo na starých listech a vyznačuje se žlutou nebo žlutozelenou barvou (Hamlin 2007).

### 3.7 Nároky polních plodin na živiny

#### 3.7.1 Pšenice

Tato plodina patří vedle rýže a kukuřice mezi tři ve světě nejpěstovanější obilniny. Ve výživě pšenice reprezentuje N a K cca 80 % z celkové potřeby živin. Společně s P, S, Ca, a Mg tvoří 99 % ze sumy živin potřebných na tvorbu výnosu. Zbylé jedno % připadá na prvky mikrobiogenní (Hirzel, Undurraga 2013). Odběr živin pšenicí znázorňují tabulky 5 a 6.

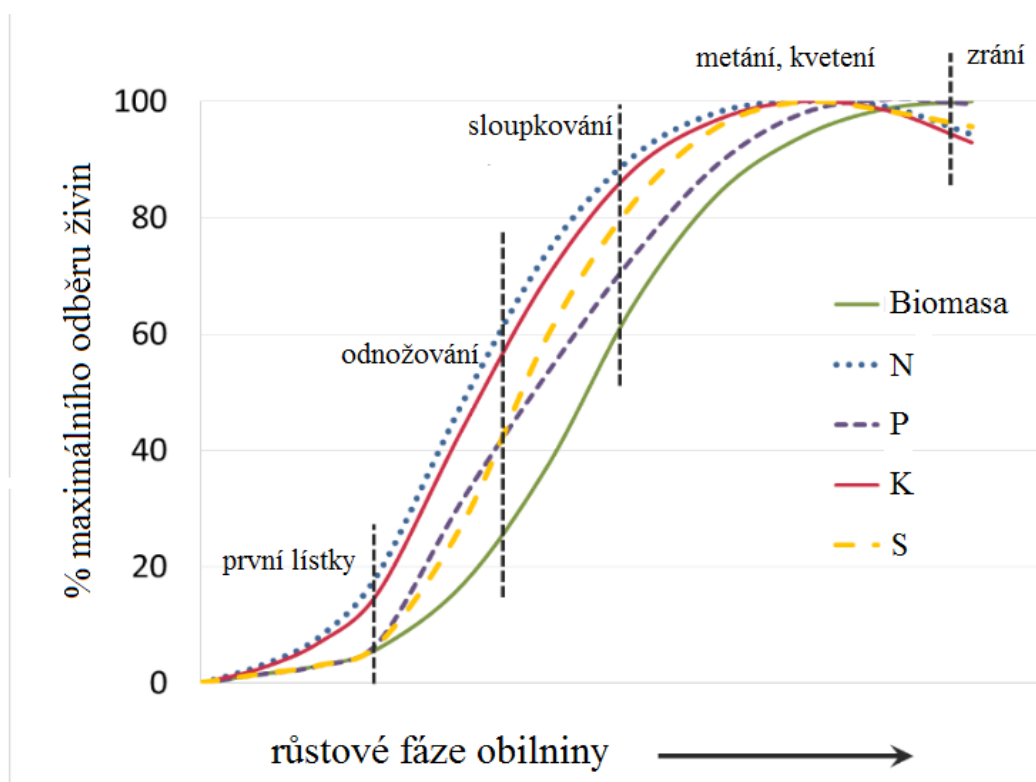
Tabulka 5 a 6: Odběr prvků pšenicí podle Klíra et al. (2008), Erikssona et al. (2010) a Hamnér et al. (2016)

Živina	Odběr produkcí (kg/t)
N	25
P	5
K	20
Ca	6
S	4
Mg	2,4

Živina	Odběr produkcí (g/t)
Mn	60 – 70
Zn	25 – 30
Cu	15 – 25
B	15 – 25
Mo	0,6 – 1

Dynamiku čerpání hlavních živin v průběhu vegetace znázorňuje graf 2.

Graf 2: Odběr živin podle růstových fází u obilnin podle Malhi et al. (2006)



Listové hnojení může u obilnin efektivně doplňovat hnojení do půdy (Frageria et al. 2013). Používání mimokořenové výživy u pšenice zlepšuje vegetativní i výnosové parametry v porovnání s variantami, kde byly živiny aplikovány pouze půdně (Rahman et al. 2014). Při mimokořenové výživě bórem, molybdenem a zinkem současně bylo dosaženo u pšenice nejlepších výnosových parametrů v porovnání s jednotlivými vstupmi mikroelementů zvláště (El-Ghamry et al. 2009). Foliární aplikací dusíku po odkvětu pšenice může být zvýšen obsah dusíkatých látek v zrna. Při dávce 33 kg/ha hnojiva DAM byl zaznamenán nárůst N-látek o 1% na  $140 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  (Ransom et al. 2016). Asimilace dusíku z organického hnojení do proteinů je nižší než u minerálního, kvůli obsahu uhlíku, proto je pro kvalitativní hnojení důležitý dostatek dusíku minerálního (Franklin et al. 2016).

Hnojení dusíkem u pšenice zvyšuje příjem některých mikroelementů (Hamnér 2016). Zaheri et al. (2015) v pokusech uvádějí, že aplikací Zn a K je u pšenice podpořen vzájemný příjem těchto živin. Při foliární aplikaci  $4 \text{ kg ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  na hektar vzrostl obsah zinku v zrna z  $11 \text{ mg/kg}$  na  $22 \text{ mg/kg}$ , což zapříčinilo pozitivní výnosový efekt (Cakmark et al. 2010).

### 3.7.2 Řepka

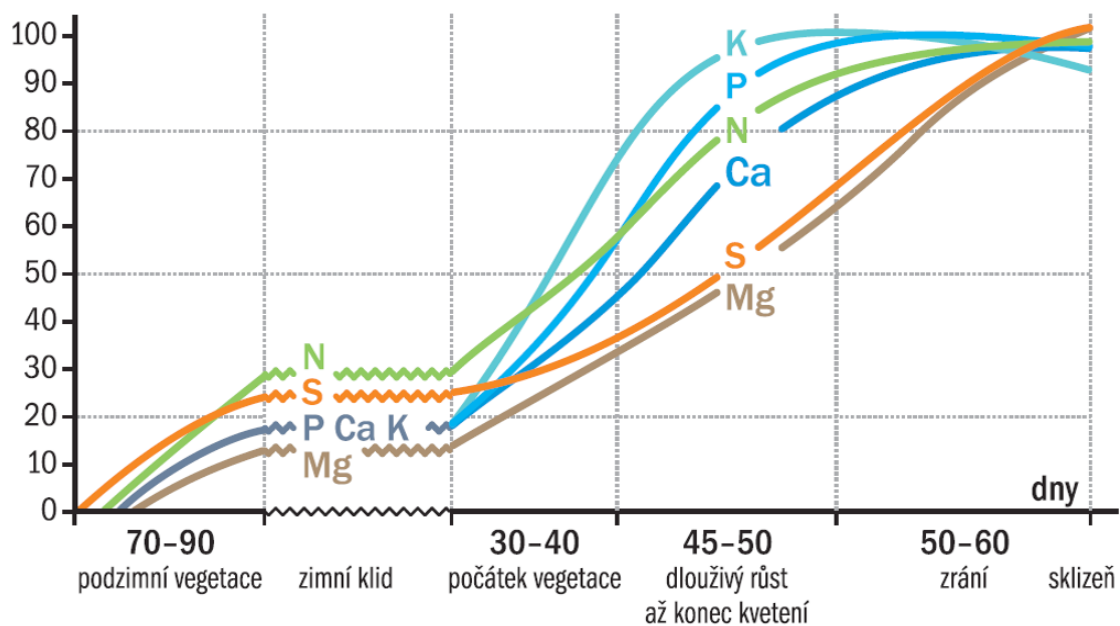
Řepka je velmi náročnou plodinou na výživu nejen makroelementy, ale i mikroelementy. Přehled spotřeby živin řepkou je uveden v tabulce 7. Dynamiku odběru hlavních živin během vegetace znázorňuje graf 3.

Tabulka 7: Absolutní a relativní potřeba živin pro výnos řepky podle Bečky et al. (2007)

Živina	Potřeba pro výnos 1 tuny semene	Odběr živiny od jara do počátku kvetení
Draslík	56 kg	70%
Dusík	55 kg	70%
Vápník	50 kg	60%
Síra	17 kg	35%
Fosfor	11 kg	60%
Hořčík	8 kg	30%
Mangan	200 g	80%
Bór	100 g	40%
Molybden	5 g	20%

Některé uvedené živiny potřebuje řepka ve větší míře již na podzim, aby byla schopna vytvořit zdravý porost, připravený ustát zimní období (Bečka et al. 2007).

Graf 3: Odběr živin během růstových fází řepky (Cramer et al. 1990)





Ze stopových prvků je řepka nejvíce závislá na bóru (Bečka et al. 2007). Podle Schwerdera et al. (2004) je řepka při optimálním obsahu bóru v půdě od 0,15 do 0,70 mg B/kg půdy v závislosti na půdním druhu, dostatečně zásobována množstvím od 300 do 500 g B/ha skrze list. Podle Makowskiho a Gienappa (2005) vykazuje výživa bórem, pozitivní vliv na výnosech.

Zvýšené nároky řepky na bór můžeme řešit pomocí listových hnojiv. Hnojení bórem má vliv na výnos semene řepky. Z hlediska půdní zásobenosti se na výnose nejlépe projevilo stanoviště s obsahem bóru mezi 1 – 1,2 mg/kg půdy (Bečka et al. 2007). Bór v kapalné formě může být spojen s aplikací močoviny (Schwerder et al. 2007). Samiee et al. (2016) ukazují při aplikaci kyseliny borité, jak důležitou roli hraje bór při klíčení pyly. Tento fakt potvrzují v pokusech i Makowski a Gienapp (2005), kteří docílili nejvyššího výnosu semene řepky (o 18 % oproti kontrole), při hnojení bórem ve fázi BBCH 55.

Při kombinované aplikaci bóru s molybdenem nebo zinkem je zaznamenán větší výnos semene řepky, než při samostatné aplikaci bóru, molybdenu nebo zinku. Po aplikaci B + Mo + Zn současně by zaznamenán na písčítých půdách nejvyšší výnos semene, a to dokonce 68 % nad kontrolou (Yang et al. 2009). Stanislawska-Glubiak E. (2008) zaznamenala nejlepší výsledky při aplikaci 60-120 g Mo/ha. Takto hnojené varianty činily statisticky významný rozdíl, a to v navýšení okolo 0,2 t/ha. Aplikace byly provedeny bez ohledu na termín, po zahájení vegetativní fáze (Stanislawska-Glubiak E. 2008).

### **3.7.3 Kukuřice**

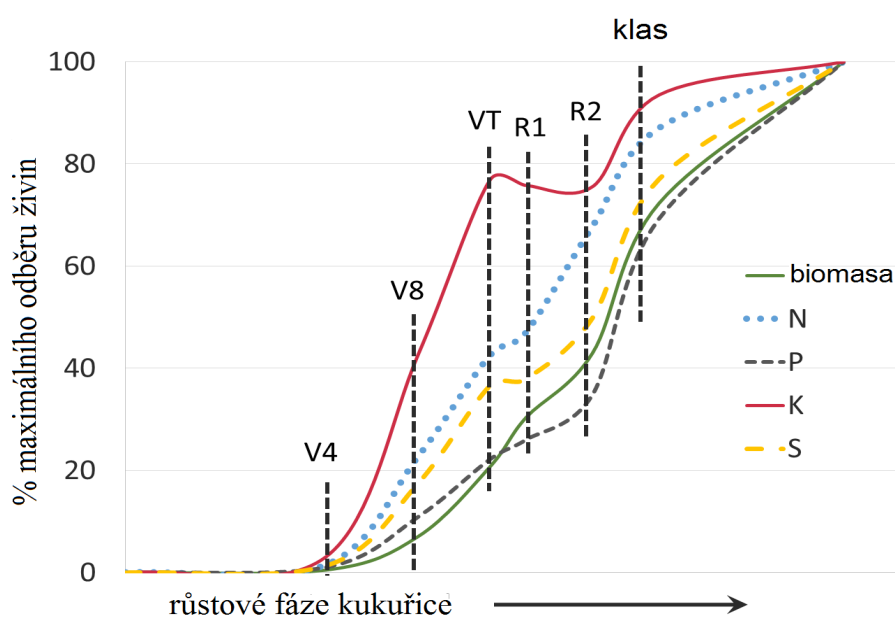
Kukuřice náleží mezi rostliny typu C4 a proto využívá velmi dobře sluneční energii. S tím je spojeno i efektivní využití přijatých živin a vytvoření velkého množství hmoty s vysokým obsahem energie za poměrně krátkou dobu (Doležal et al. 2006). Při dobré zásobenosti živinami přijme kukuřice za 35 až 45 dní 70 – 75 % všech potřebných živin. Při výšce porostu 40 – 50 cm lze počítat s odběrem cca 35 kg N, 4 kg P, 40 kg K a 3 kg Mg na hektar (Balík et al. 2001). Odběr živin kukuřicí je uveden v tabulce 8.

Tabulka 8: Odběr živin kukuřicí podle Hirzela a Undurraga (2013)

Živina	Typ využití	
	zrno (kg/t)	siláž (kg/t)
N	20,0	9,7
P	4,2	5
K	22,4	13,7
Ca	3,7	3
Mg	3,5	2,8
S	2	1,1
Živina	zrno (g/t)	siláž (g/t)
Fe	325	138
Mn	50	24
Zn	40	17
Cu	10	2,5
B	20	7,5

U kukuřice je uváděno jako efektivní, použití mimokořenové aplikace močoviny, železa, manganu a zinku. Močovina může být použita jako náhrada půdně aplikovaného dusíku (Afifi et al. 2011). Jako nejvýznamnější mikroelement ve výživě kukuřice je prezentován napříč literaturou zinek. Na alkalických půdách nebo vlivem vysoké aplikace fosfátů může být jeho příjem kořeny značně omezen (Alloway 2008), proto je dobré aplikovat zinek skrze listovou výživu, čímž je možné jeho potřebu zabezpečit.

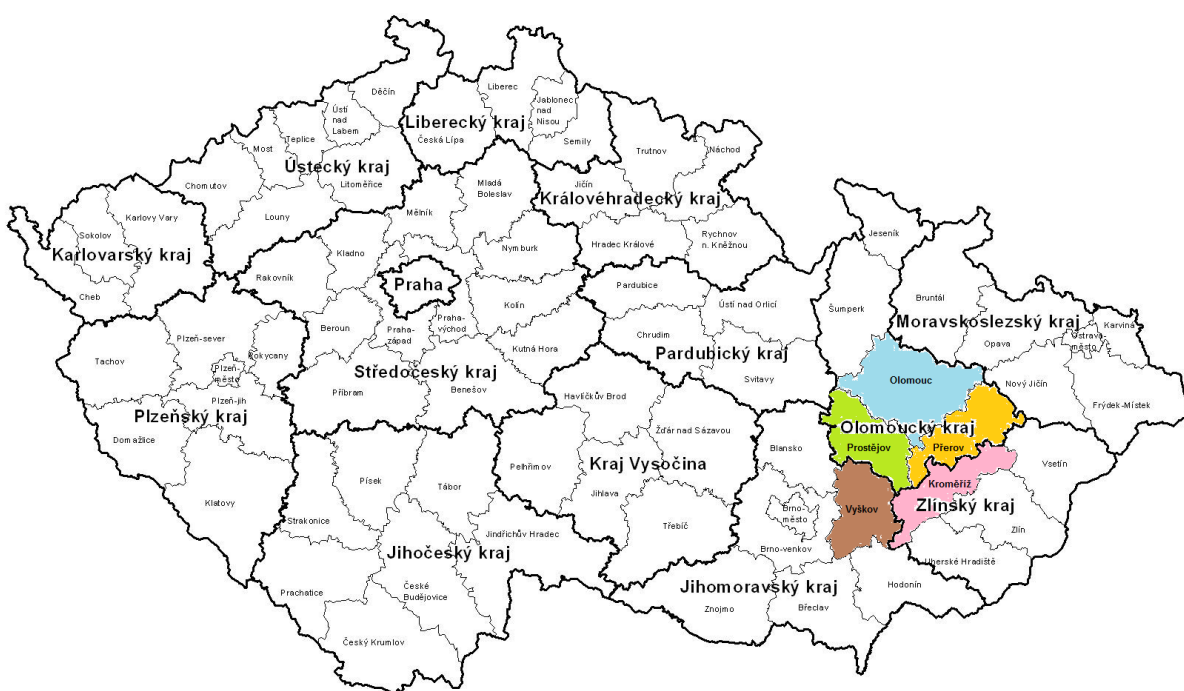
Graf 4: Odběr živin podle růstových fází u kukuřice podle Hearda (2006)



## 4 MATERIÁLY A METODIKA

Monitoring používání mimokořenové výživy byl prováděn na základě osobní návštěvy 133 podniků s rostlinnou výrobou v regionu „Haná“, celkem v pěti okresech: Olomouc, Prostějov, Přerov, Kroměříž a Vyškov. Zároveň oblast zasahuje na území tří krajů, a to Zlínského, Jihomoravského a Olomouckého (obrázek 4).

Obrázek 4: Mapa okresů a krajů České republiky



Zdroj: <http://www.mapaceskerekrepubliky.cz/mapa-kraju>

Haná je převážně rovinné území nacházející se na střední Moravě, v oblasti hornomoravského úvalu, zhruba v oblasti mezi městy Vyškov, Holešov, Prostějov, Šternberk a Litovel. Jde o významnou zemědělskou oblast, známou vysokou úrodností.

Rozloha orné půdy zde činí 229 894 hektarů. Podle statistik ministerstva zemědělství z roku 2016 zaujímá největší plochu orné půdy okres Olomouc (61940 hektarů), dále Přerov (45911 hektarů), Prostějov (43380 hektarů), Vyškov (40383 hektarů) a Kroměříž (38280).

Oblast má teplé podnebí s roční průměrnou teplotou 8°C, průměr ročních

dešťových srážek se pohybuje kolem 600 mm. Počet dnů se sněhovou pokrývkou je cca 40 – 50 a počet letních dnů se pohybuje kolem 50 - 70.

Monitoring byl založen na osobní konzultaci zaměřené na získání níže uvedených údajů od zástupce zemědělského subjektu formou dotazníkového šetření. Za účelem získání relevantních dat byly dotazníky navštíveným subjektům zaslány s předstihem.

Uvedená data se vztahují k vegetačnímu období 2014/15, díky zaběhlým agrotechnickým postupům představují relevantní údaje.

Účelem dotazníkového šetření bylo získání a následné zpracování níže uvedených dat :

- rozloha orné půdy podniku
- struktura pěstovaných plodin
- provádění anorganických rozborů rostlin
- faktory ovlivňující nákup hnojiv
- velikost balení použitých hnojiv
- náklady na hnojiva dle plodin
- výrobci použitých hnojiv
- problémy s aplikací hnojiv
- počet aplikací listových hnojiv v jednotlivých plodinách
- používané přípravky a jejich množství u jednotlivých plodin ve vybraných fázích růstu
- spotřeba živin u vybraných plodin

Stěžejní informace průzkumu jsou data o spotřebě listových hnojiv na dané výměře pěstovaných plodin. V rámci prezentovaného monitoringu jsme se zaměřili na hlavní/nejpěstovanější plodiny regionu, a to:

- pšenice ozimá
- řepka ozimá
- ječmen jarní
- cukrová řepa
- kukuřice

Spotřeba hnojiv (přípravků) byla u uvedených plodin hodnocena ve vybraných (hlavních) růstových fázích. Na základě složení použitých hnojiv byla vypočítána spotřeba živin na danou výměru orné půdy. Zpracováním uvedených dat byla stanovena orientační spotřeba živin pro každou plodinu v rámci jednotlivých okresů.

Tabulka 9: Výměra orné půdy zařazená do monitoringu a počet podniků zahrnutých v monitoringu

Okres	Výměra OP (ha)	Podíl monitorované OP na celkové výměře OP okresu (%)	Počet podniků
Olomouc	61940	73 %	30
Přerov	45911	87 %	29
Prostějov	43380	70 %	29
Vyškov	40383	97 %	24
Kroměříž	38280	46 %	21
Celkem	229894	75 %	133

Získané informace o spotřebě přípravků reprezentující cca 75 % orné půdy v oblasti Haná byly přepočteny na celou rozlohu zkoumané oblasti.

Na základě výsledků z průzkumu jsou údaje zpracovány grafickými i statistickými metodami. Pro vizuální znázornění získaných dat byly zvoleny sloupcové a výsečové grafy. Spotřebované živiny v jednotlivých plodinách jsou prezentovány krabicovými diagramy při hladině významnosti 95,0 %. Statistické hodnocení bylo provedeno programem Statistica 12 CZ (Stat Soft CZ, Praha, ČR). Spotřeba jednotlivých živin u sledovaných plodin, vyjádřená průměrnou hodnotou za monitorované území, byla hodnocena jednofaktorovou analýzou variance (ANOVA). Variabilita spotřeby živin byla vyjádřena směrodatnou chybou (SE). Rozdíly mezi spotřebou živin u hlavních plodin byly hodnoceny následným testováním dle Fishera (LSD test) při 95,0% ( $P \leq 0,05$ ) hladině významnosti

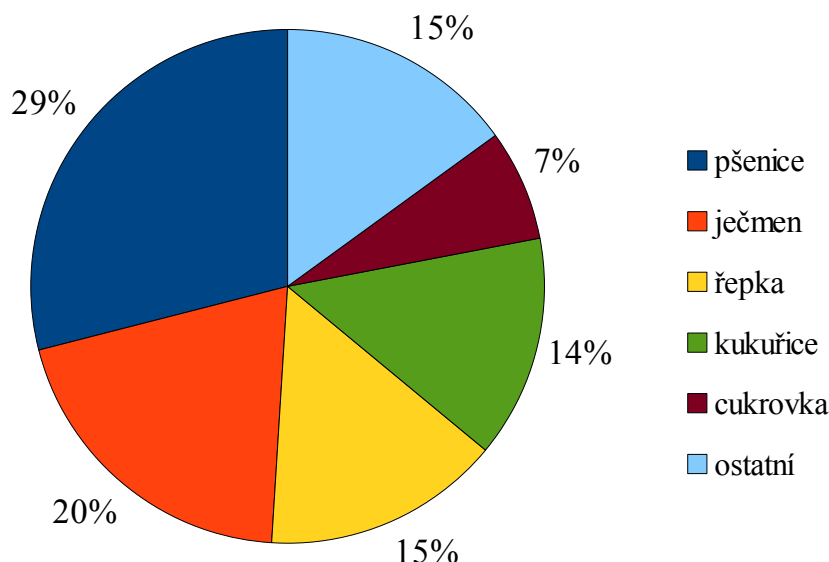
Hodnocení aplikovaných živin v monitorovaném území bylo postaveno na jejich srovnání s potřebou hlavních druhů zemědělských plodin.

## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Struktura pěstovaných plodin

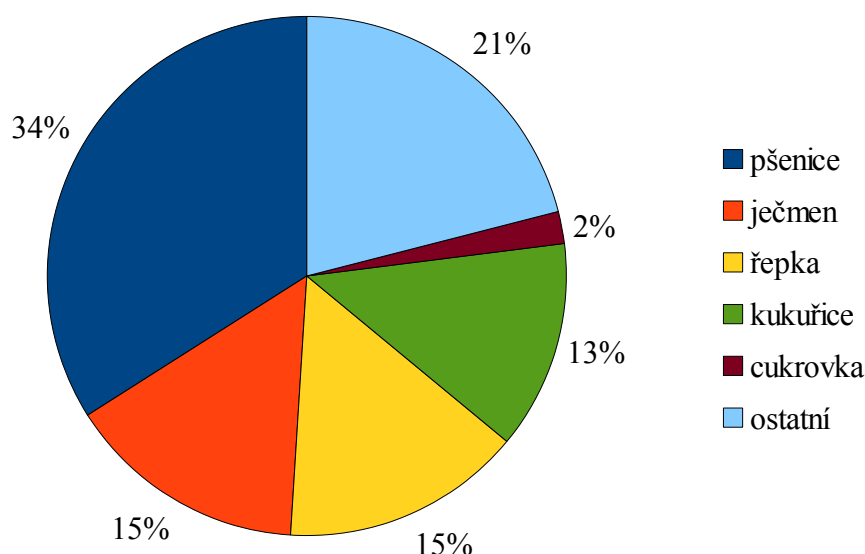
Pět nejvíce pěstovaných plodin zabírá v regionu Haná cca 85 % orné půdy, což je okolo 195 410 hektarů. Patří sem pšenice ozimá, ječmen jarní, řepka ozimá, kukuřice a cukrová řepa. Na zbylých 15 % výměry orné půdy se pěstuje hrách, soja, peluška, ječmen ozimý, žito, oves, hořčice, vojtěška, slunečnice, mák a chmel. Průzkum o používání listových hnojiv byl proveden na hlavních pěti pěstovaných plodinách, jejichž zastoupení v celém sledovaném území znázorňuje graf 5.

Graf 5: Zastoupení plodin pěstovaných na orné půdě v regionu Haná



Podobně jako na celém území České republiky (graf 6), je i na Hané nejvíce pěstovanou plodinou pšenice ozimá, která je pěstována na téměř 30 % orné půdy. S rozdílem cca 22 tisíc hektarů (o 9 % méně) zaujímá druhé místo ve výměře plodin ječmen, z hlediska rajonizace plodina vhodná do daných podmínek sledovaného regionu. Dále jsou pěstovány řepka a kukuřice na vzájemně shodné výměře, každá přibližně na 34 tisících hektarech (cca 15 % z celkové plochy) a tradiční zastoupení má na Hané i cukrová řepa s rozlohou cca 16 tisíc hektarů (7 %).

Graf 6: Osevní plochy pěstovaných plodin na území České republiky



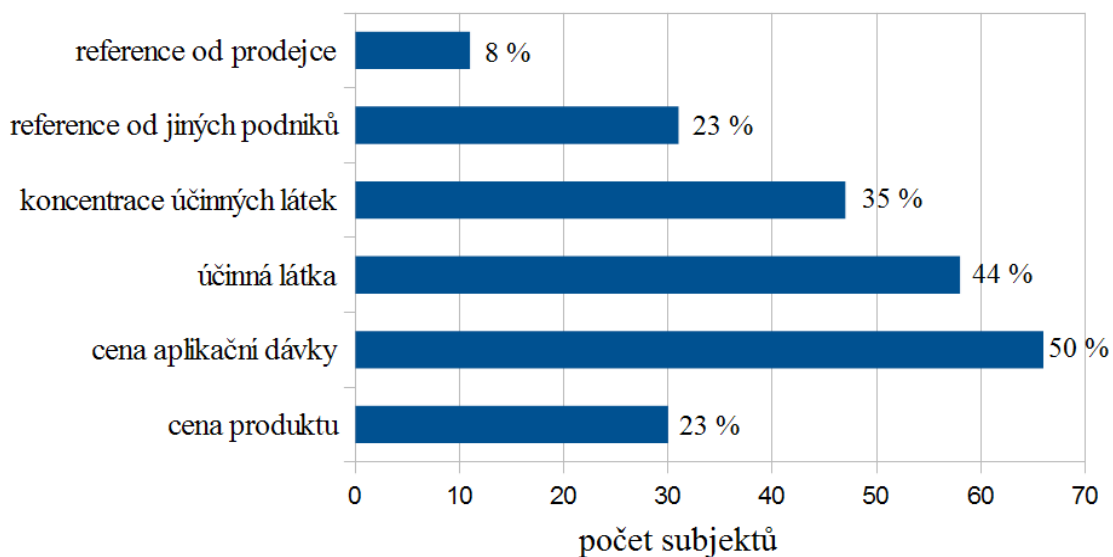
Zdroj: <https://www.czso.cz/csu/czso/soupis-ploch-osevu-2015>

Zastoupení pšenice je podle ČSU 2015 v České republice poměrově o 5 % větší než na Hané. Zato ječmene se na sledovaném území pěstuje o 5 % více, stejně tak je to i s cukrovou řepou. Výměra řepky je procentuelně přibližně stejná, podobně i kukuřice.

## 5.2 Používání mimokořenové výživy

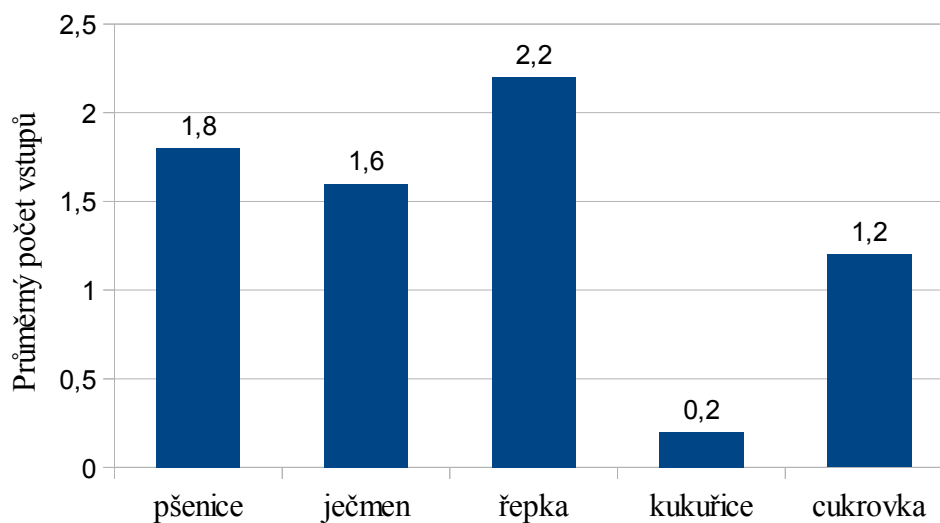
Průzkumem bylo zjištěno, že 95 % zemědělských subjektů hospodařících na 96 % výměry orné půdy v regionu Haná používalo listová hnojiva. Mezi zbylých 5 % subjektů, které mimokořenovou výživu nepoužívaly, se řadí spíše menší podniky a farmy. Lze tedy konstatovat, že aplikace mimokořenové výživy je dnes běžnou součástí pěstebních technologií. Současně byly u 70 % podniků (obdělávajících současně cca 70 % výměry orné půdy) prováděny rozborů rostlin, které slouží ke zjištění výživného stavu porostu a představují racionální podklad pro rozhodování o použití konkrétních přípravků. Samotný nákup jednotlivých přípravků je pak v praxi ovlivněn celou řadou faktorů (graf 7). Ve většině případů byla rozhodující cena aplikační dávky na hektar.

Graf 7: Priority při koupi hnojiv (podíl z celkového počtu oslovených subjektů v %)



V rámci monitoringu používání mimokořenové výživy bylo dále zjištěno, že 50 % zemědělských podniků (na 46 % půdy) aplikuje přípravky pouze do vybraných porostů a 45 % (49 % rozlohy) pak plošně. Celkový počet vstupů do jednotlivých plodin je velmi proměnlivý. U pšenice, ječmene a řepky bylo zaznamenáno maximum 5 vstupů, u kukuřice 3 a v cukrové řepě až 8 vstupů s listovou výživou. Průměrný počet aplikací znázorňuje graf 8.

Graf 8: Počet aplikací mimokořenové výživy v plodinách





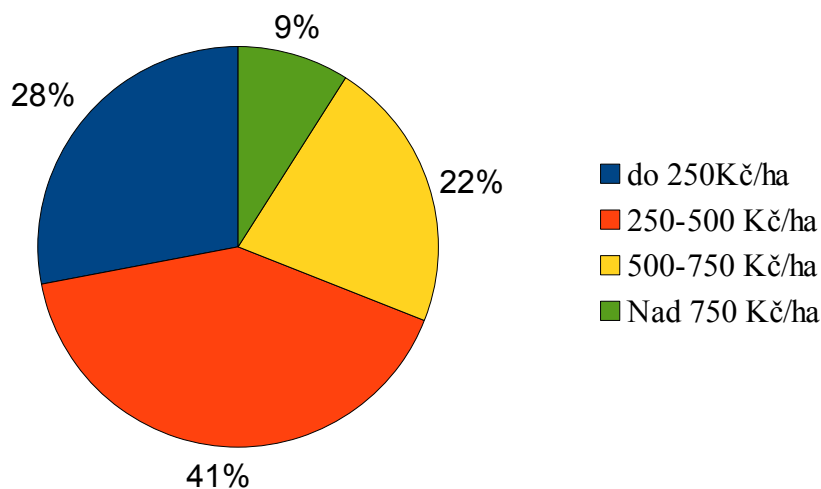
Zemědělské podniky nejčastěji nakupovali listová hnojiva přes distributora, a to přibližně ze 75 %. Většina podniků zároveň používala tyto přípravky od více než dvou výrobců (67 %). Při volbě dávkování hnojiv se v 72 % oslovených zemědělských subjektů řídilo doporučením výrobce, ostatní si stanovovali množství podle vlastních zkušeností. Při aplikaci listových hnojiv mohou nastat problémy. V praxi se s nimi v daném období potýkala téměř třetina podniků. V 65 % z problémů se hnojiva srážela, dále docházelo k ucpávání trysek (27 %), výjimečně se hnojiva špatně rozpouštěla.

Z hlediska typu obalu byla listová hnojiva prodávána nejčastěji v kanystrech, hned potom v IBC kontejnerech a nejméně v pytlech (jde především o hořkou sůl a močovinu).

### 5.2.1 Finanční náročnost listové výživy

Grafem 9 je znázorněno průměrné orientační rozložení finanční náročnosti listových hnojiv na hektar u sledovaných plodin. Celkové náklady na hektar se u hlavních plodin pohybovaly nejčastěji na úrovni cca 450 Kč. Nejnižší cena vstupů byla zjištěna u kukuřice, nejvyšší náklady byly zjištěny u cukrové řepy. Vzhledem k velkým rozlohám řepky byly největší náklady na mimokořenovou výživu investovány právě do této plodiny.

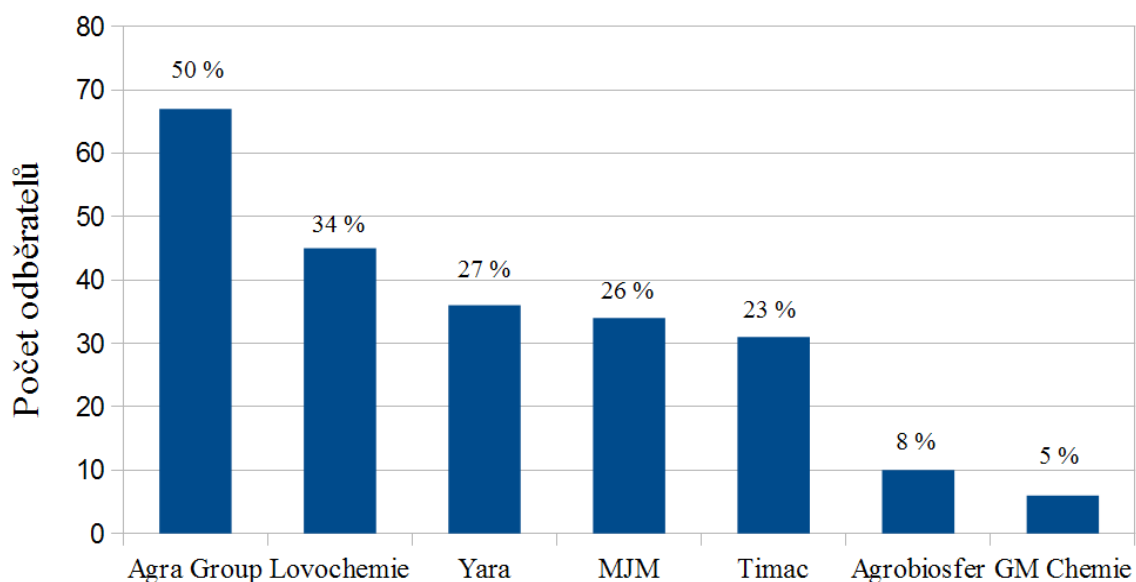
Graf 9: Průměrné náklady na listová hnojiva na 1 hektar v regionu Haná



### 5.2.2 Výrobci a prodejci listových hnojiv

Na Hané, jakožto intenzivní zemědělské oblasti, je poměrně vysoké obchodní zastoupení subjektů (dodavatelů, výrobců) nabízejících širokou paletu hnojivých přípravků. Nejčastější prodejci listových hnojiv používaných na v daném regionu jsou uvedeni v grafu 10, a to podle počtu odběratelů (ze 133 oslovených), které jejich výrobky v daném období používaly. V oblasti prodeje listové výživy je mezi výrobci/distributory patrná velká konkurence, neboť jsou z vlastních zkušeností z praxe v rámci sortimentu hnojiv nejvyšší marže právě na těchto produktech.

Graf 10: Nejvýznamnější výrobci/distributoři na trhu s listovými hnojivy na Hané



### 5.3 Použité přípravky

Obecně byly používány na orné půdě zájmového území přípravky, obsahující kombinaci 2 a více živin. Přesto byla asi třetina z aplikovaných látek jednosložkových – jedná se převážně o močovinu, hořkou sůl (podle vyhlášky MZe o stanovení požadavků na hnojiva č. 474/2000 je zařazena mezi minerální jednosložková hnojiva), hnojiva na bázi bóru a zinku. Močovina i hořká sůl byly aplikovány formou rozpuštěného roztoku nejčastěji v dávce 5 kg na hektar především v pšenici, řepce, ječmeni, případně v cukrové řepě.

Když pomineme močovinu a hořkou sůl, které jsou nakupovány od celé řady firem (výrobců, prodejců), z vyhodnocených dat vyplývá, že rovných 54 % objemu používaných listových hnojiv na Hané zabíraly přípravky od firmy AGRA GROUP a.s. O zbylé množství objemu se dělí řada dalších subjektů (10 % MJM Litovel, 9 % Lovochemie, 2 % Yara, 1 % Soufflet Agro a ostatní zaujímaly méně než 1 % objemu). Tabulka 10 uvádí 64 nejpoužívanějších listových hnojiv v regionu Haná. Produkty jsou řazeny sestupně podle spotřeby ve vegetačním období 2014/2015.

Z hlediska termínu aplikace byly přípravky používány převážně v jarním období. Pouze cca 10 % vstupů je ve sledovaných plodinách realizováno na podzim. Jedná se zejména o hnojení bórem k řepce ozimé, které bývá součástí podzimní regulace porostů.

Tabulka 10: Spotřeba používaných listových hnojiv v regionu Haná v roce 2014/15

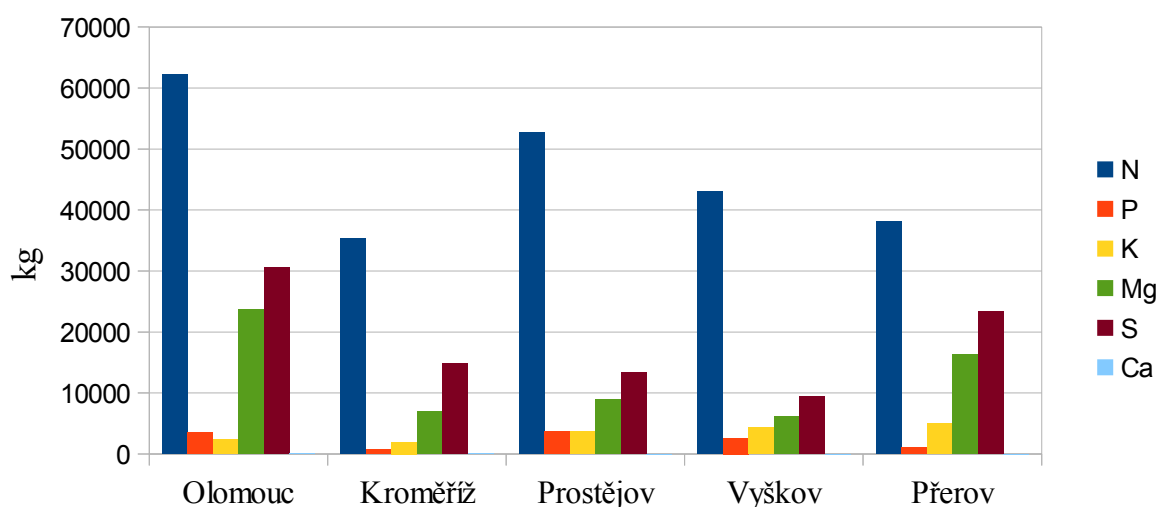
<b>Hnojivo</b>	<b>Kg</b>
Hořká sůl	287414
Močovina	184945
FORTESTIM®- alfa	116052
FORTESTIM®- beta	97594
Litofol +	91472
FORTESTIM®- gama	76910
Mikrokomplex	60570
Litofol mikroelements	47381
BOROSAN Forte	44513
RETAFOS® prim	43898
CAMPOFORT® Garant K	43230
Dumag	40587
CAMPOFORT® Special Zn	40578
CAMPOFORT® Plus	26033
Amisan	25533
CAMPOFORT® Garant P	19521
BÓR 150	19222
YaraVita Thiotrac	18148
K – gel 175	15857
NP roztok	14128
CAMPOFORT® Special B	10206
Fertigreen	5883
SK Sol	5574
Cereastart	5560
Litofol active	5439
Nitro TOP	4932
ZINEK 120	4915
YaraVita Gramitrel	4364
Fertiactyl Starter	4258
EKOLIST MONO Bór	3660
Litofol +B	3551

<b>Hnojivo</b>	<b>Kg</b>
Hycol BMGS	3266
Aktifol-Mag	2969
Route	2711
Prosulfan	2655
SÍRA 165	2468
YaraVita Bortrac	2408
Zinkosol	2317
Wuxal	2287
HOŘČÍK 140	2198
Sulfomax	2128
Aktifol mag	2123
Yara NPK	2120
Fertimag	2089
NPK Quick Humine	1893
Plantaktiv	1688
Borosan humine	1610
MgS sol	1458
YaraVita Brassitrel Pro	1401
Cuprosol	1111
Humastar	893
Folit® Bór 150 SL	796
Magnitra	731
Zinetic	531
Albit	495
OilSTART	471
OilSTART Fluid	471
Trisol impuls	313
YaraVita Coptrac	259
Terra – sorb Foliar	212
Thiomax	180
Kalcinit	118

## 5.4 Spotřeba prvků aplikovaných mimokořenovou výživou

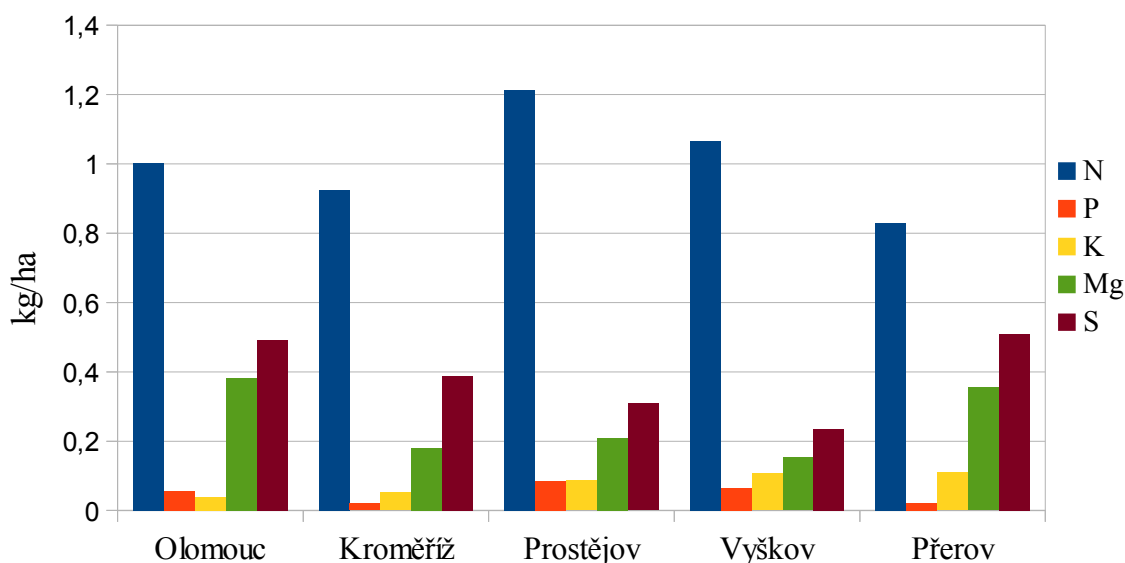
Při hodnocení spotřeby prvků je nutné přihlédnout k rozloze orné půdy v jednotlivých okresech. Srovnání spotřeby hnojiv mezi sledovanými okresy lze provést na základě hodnocení celkového objemu použitých živin v daném regionu (graf 8) a jejich průměrné spotřeby na hektar (graf 11).

Graf 11: Spotřeba makrobiogenních živin na orné půdě na Hané



Ve složení většiny vícesložkových listových hnojiv dominuje dusík a především díky tomu, že byl často používán samostatně ve formě rozpuštěné močoviny, zaujímá největší podíl ze spotřebovaných živin. Poměr spotřeby síry a hořčíku zrcadlí používání hořké soli, která byla svým objemem nejvíce využívaným hnojivem v rámci listové výživy na Hané. Za zmínku stojí i draslík a fosfor, jejichž spotřeba byla poměrně rozkolísaná a odvíjela se zejména od používání přípravků z řady Campofort. Vápník nebývá běžnou součástí listových hnojiv, proto bylo jeho množství nepatrné a v grafu 12 již není uveden.

Graf 12: Spotřeba makroelementů na hektar orné půdy



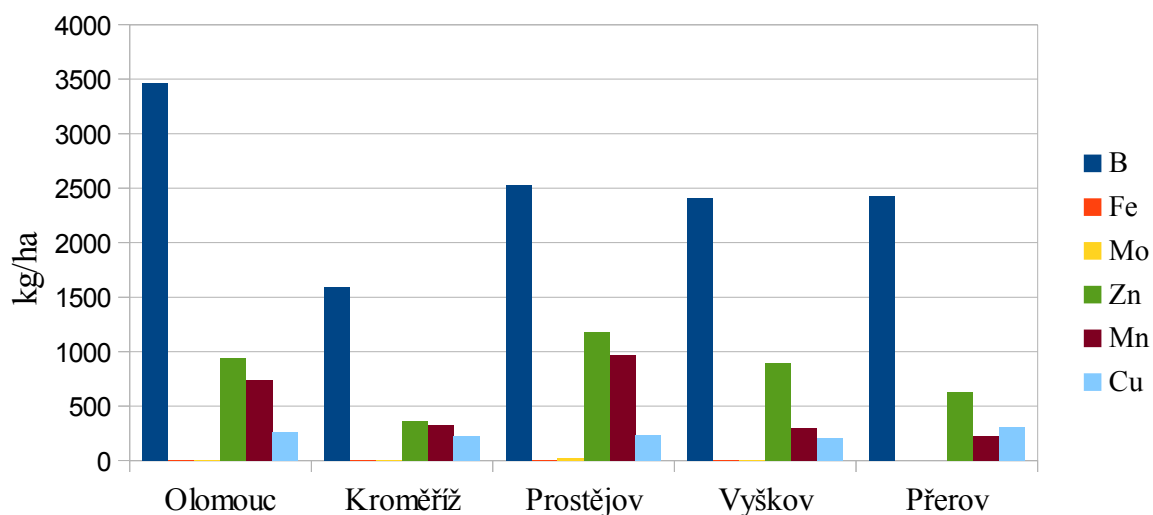
U mikroelementů dominoval svoji spotřebou jednoznačně bór, jehož potřeba je při současných pěstebních postupech největší z mikroelementů, což odpovídá požadavkům polních plodin pěstovaných v ČR na orné půdě (Škarpa et al. 2015, Černý et al. 2016). Hnojení bórem je dnes běžnou součástí pěstebních technologií především při pěstování řepky a cukrové řepy, kde v potřebě a zároveň i spotřebě dominuje. Aplikační dávky bývají často dvakrát opakovány. Bór bývá v praxi aplikován nejčastěji prostřednictvím jednosložkových hnojiv, v nezanedbatelném množství ale i jako součást komplexních hnojiv, například FORTESTIM®- beta, Litofol +B nebo YaraVita Brassitrel Pro.

Druhým, objemově nejpoužívanějším mikroelementem byl zinek. Největší nároky na tento mikrobiogenní prvek z pěstovaných plodin v ČR má kukuřice (Alloway 2008). Podobně jako u bóru je i hnojení zinkem v praxi realizováno jednosložkovými nebo vícesložkovými hnojivy. V některých podnicích je výživa zinkem nedílnou součástí pěstebních technologií kukuřice, málokdo ji používá i v obilninách, kde má též své opodstatnění.

Mangan bývá běžnou součástí komplexních listových hnojiv, obsahujících mikroprvky, podobně i měď, která má navíc fungicidní účinky. Oba prvky byly používá-

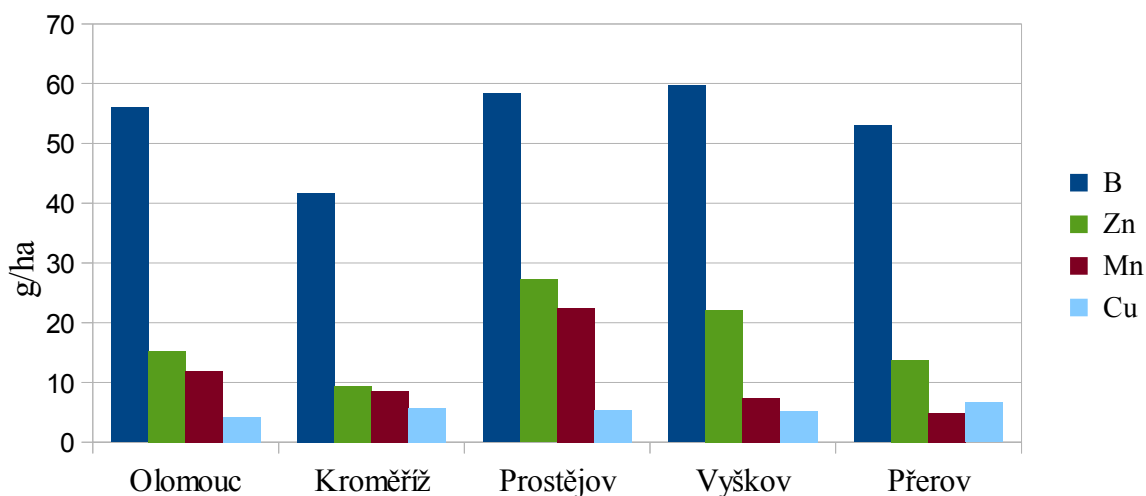
ny především v obilninách. Graf 13 znázorňuje celkovou spotřebu mikroprvků na Hané.

Graf 13: Spotřeba mikroelementů na orné půdě



Molybden bývá aplikován pro pokrytí potřeby rostlin jednak ve velmi malém množství a ve většině případů se s ním v zemědělské praxi nesetkáme. Ačkoli je žádaným prvkem brukvovitých (Bečka et al. 2007, Škarpa et al. 2015), z průzkumu vyplývá, že se do pěstebních technologií zatím příliš nezačlenil. Železo bylo ve výživě na orné půdě použito minimálně. Graf 14 znázorňuje spotřebu mikroprvků na hektar orné půdy v jednotlivých okresech. Uvedeny jsou mikroprvky, které svoji spotřebou přesahují 1 gram na hektar orné půdy.

Graf 14: Spotřeba použitých mikroelementů na hektar orné půdy

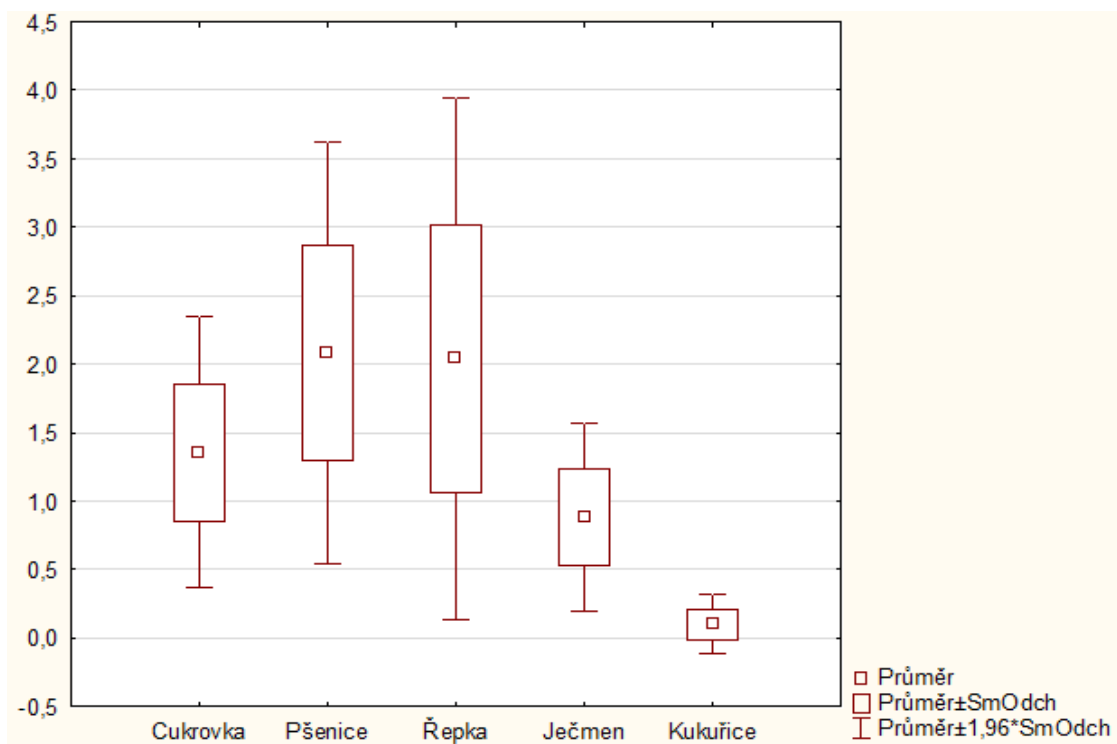


#### 5.4.1 Spotřeba dusíku v plodinách

Celková spotřeba dusíku aplikovaného listovou výživou na porosty sledovaných plodin na Hané činila pro rok 2014/15 231242 kg N, což je přibližně 1,2 kg/ha orné půdy. Nejvyšší průměrné dávky mimokořenově aplikovaného dusíku byly zaznamenány u řepky a pšenice v průměru okolo 2 kg/ha. U obou plodin byla zjištěna nejvyšší průměrná dávka na hektar v okrese Kroměříž kolem 3 kg/ha. V cukrové řepě byla zaznamenána nejvyšší průměrná aplikace dusíku cca 2 kg/ha v okrese Kroměříž a nejnižší (0,8 kg/ha) v okrese Olomouc. Většina takto použitého dusíku byla v amidické formě, která je přijímána rostlinou nejrychleji jako náhrada půdně aplikovaného dusíku (Afifi et al. 2011). Průměrnou spotřebu dusíku u jednotlivých plodin v rámci monitorovaného území Haná znázorňuje krabicový diagram na obrázku 5.



Obrázek 5: Spotřeba dusíku na Hané v jednotlivých plodinách v kg/ha



Spotřeba foliárně aplikovaného dusíku byla mezi jednotlivými plodinami převážně signifikantně odlišná. Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán mezi kukuřicí a pšenicí, současně mezi ječmenem a řepkou, a také mezi pšenicí a ječmenem. Proměnlivost hodnot mezi jednotlivými okresy může být jak u dusíku, tak i u ostatních živin dána zejména odlišností způsobů hnojení v jednotlivých podnicích, místní nabídkou hnojivých přípravků atp. Průměrné hodnoty spotřeby foliárně aplikovaného dusíku jsou uvedeny v tabulce 11.

Tabulka 11: Průměrné spotřeby dusíku (kg/ha)

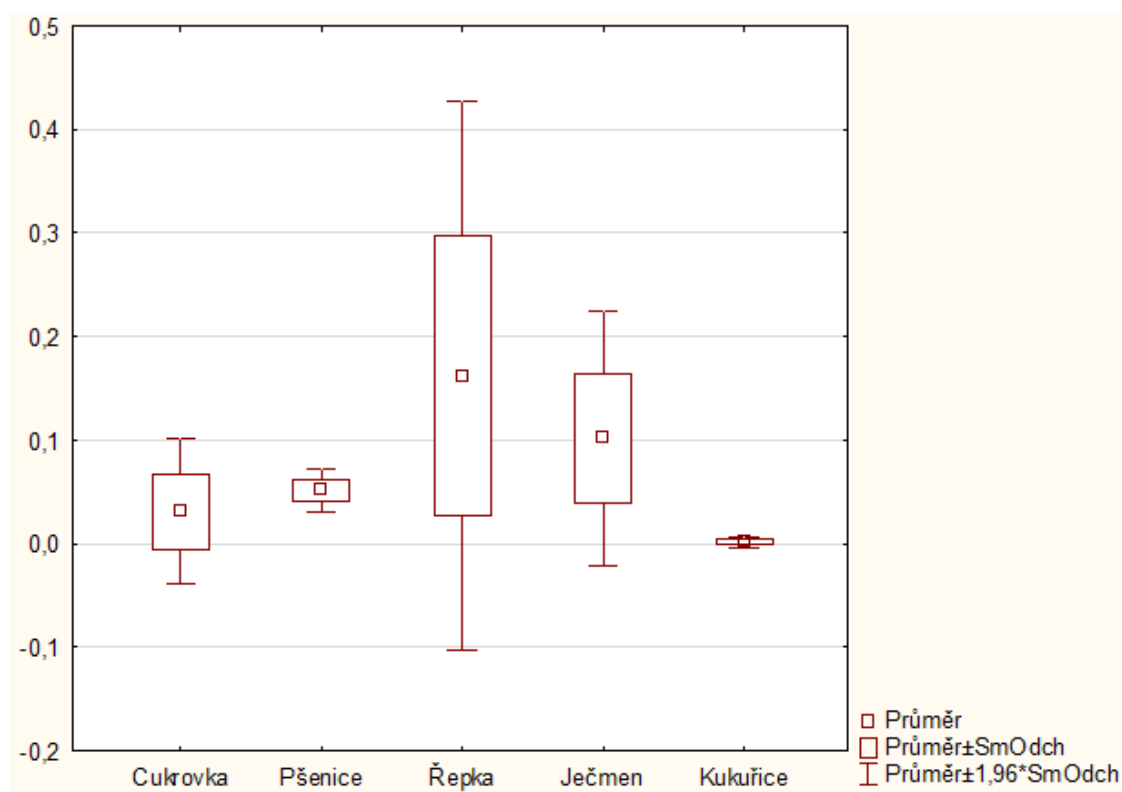
N	Cukrovka	Pšenice	Řepka	Ječmen	Kukuřice
<b>Olomouc</b>	0,82	1,01	3,02	0,70	0,02
<b>Kroměříž</b>	1,98	2,87	3,06	1,42	0,22
<b>Prostějov</b>	1,25	2,79	1,54	1,04	0,23
<b>Vyškov</b>	1,76	2,10	1,75	0,68	0,00
<b>Přerov</b>	0,95	1,64	0,83	0,57	0,04
<b>Průměr</b>	1,35 <sup>cb</sup> ±0,23	2,08 <sup>c</sup> ±0,35	2,04 <sup>c</sup> ±0,44	0,88 <sup>ab</sup> ±0,16	0,10 <sup>a</sup> ±0,16

Následné testování (Fischerův LSD test) – varianty se stejnými písmeny vyjadřují statisticky nevýznamný rozdíl ( $P \leq 0,05$ ).

### 5.4.2 Spotřeba fosforu v plodinách

Celková spotřeba fosforu aplikovaného mimokořenově na porosty sledovaných plodin na Hané činí 11544 kg P, což je cca 60 g/ha orné půdy. Používání fosforu je omezené z hlediska mísitelnosti s ostatními živinami a pomalé přijatelnosti rostlinami (Mosali et al. 2006, Trčková et al. 2009). Průměrné spotřeby v plodinách na Hané uvádí krabicový diagram na obrázku 6.

Obrázek 6: Spotřeba fosforu na Hané v jednotlivých plodinách v kg/ha



Statisticky významný rozdíl mezi dávkami foliárně aplikovaného fosforu byl zaznamenán současně mezi cukrovkou a řepkou, pšenicí a řepkou, ječmenem a řepkou, kukuřicí a ječmenem, a také mezi kukuřicí a řepkou. Průměrné spotřeby P jsou uvedeny v tabulce 12.

Tabulka 12: Průměrné spotřeby fosforu (kg/ha)

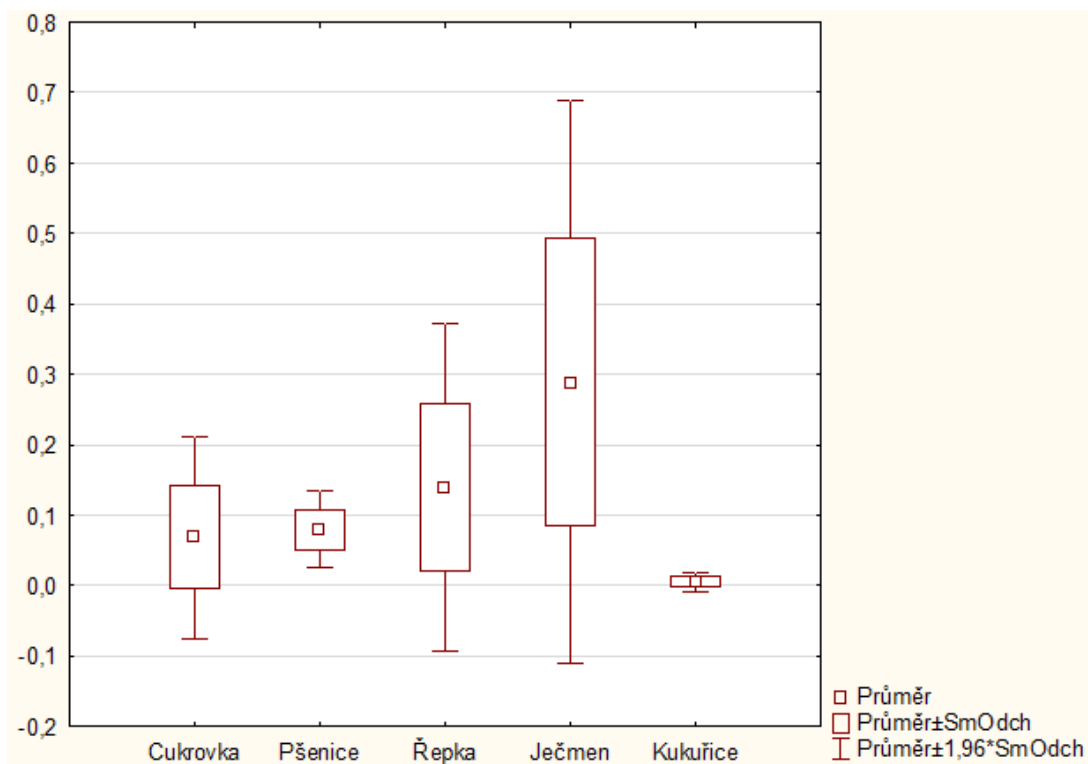
P	Cukrovka	Pšenice	Řepka	Ječmen	Kukuřice
<b>Olomouc</b>	0,04	0,07	0,09	0,07	0,01
<b>Kroměříž</b>	0,02	0,06	0,02	0,17	0,00
<b>Prostějov</b>	0,09	0,04	0,28	0,15	0,00
<b>Vyškov</b>	0,01	0,06	0,33	0,10	0,00
<b>Přerov</b>	0,00	0,04	0,09	0,02	0,00
<b>Průměr</b>	0,03 <sup>ab</sup> ±0,02	0,05 <sup>ab</sup> ±0,00	0,16 <sup>c</sup> ±0,06	0,1 <sup>bc</sup> ±0,03	0,00 <sup>a</sup> ±0,00

Následné testování (Fischerův LSD test) – varianty se stejnými písmeny vyjadřují statisticky nevýznamný rozdíl ( $P \leq 0,05$ ).

### 5.4.3 Spotřeba draslíku v plodinách

Celková spotřeba draslíku aplikovaného mimokořenově na porosty sledovaných plodin na Hané činí 17557 kg K, což je 102 g/ha orné půdy. Průměrné spotřeby ve sledovaných plodinách na Hané uvádí krabicový diagram na obrázku 7 a tabulka 13.

Obrázek 7: Spotřeba draslíku na Hané v jednotlivých plodinách v kg/ha



Tabulka 13: Průměrné spotřeby draslíku v kg/ha

K	Cukrovka	Pšenice	Řepka	Ječmen	Kukuřice
<b>Olomouc</b>	0,04	0,05	0,06	0,11	0,01
<b>Kroměříž</b>	0,13	0,12	0,03	0,59	0,00
<b>Prostějov</b>	0,16	0,10	0,20	0,16	0,02
<b>Vyškov</b>	0,01	0,07	0,32	0,18	0,00
<b>Přerov</b>	0,00	0,05	0,09	0,41	0,00
<b>Průměr</b>	0,07 <sup>a</sup> ±0,03	0,08 <sup>a</sup> ±0,01	0,14 <sup>a</sup> ±0,05	0,29 <sup>b</sup> ±0,09	0,00 <sup>a</sup> ±0,00

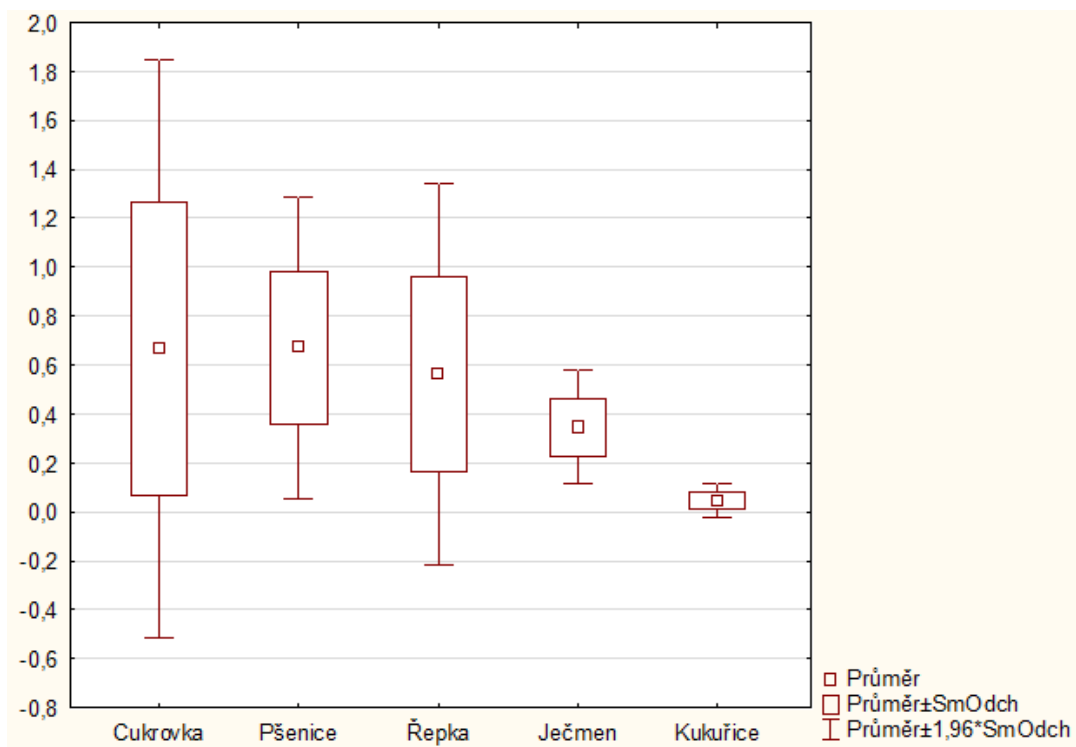
Následné testování (Fischerův LSD test) – varianty se stejnými písmeny vyjadřují statisticky nevýznamný rozdíl ( $P \leq 0,05$ ).

Signifikantní rozdíl v množství listově aplikovaného draslíku byl zaznamenán pouze u ječmene, jehož spotřeba je zároveň na sledovaném území největší.

#### 5.4.4 Spotřeba hořčíku v plodinách

Celková spotřeba hořčíku aplikovaného mimokořenově na porosty sledovaných plodin na Hané činí 62143 kg Mg, což je cca 360 g/ha orné půdy. Průměrné spotřeby v plodinách na Hané jsou znázorněny na obrázku 8 a v tabulce 14.

Obrázek 8: Spotřeba hořčíku na Hané v jednotlivých plodinách v kg/ha



Tabulka 14: Průměrné spotřeby hořčíku (kg/ha)

Mg	Cukrovka	Pšenice	Řepka	Ječmen	Kukuřice
<b>Olomouc</b>	0,73	0,33	0,26	0,45	0,06
<b>Kroměříž</b>	1,66	0,85	0,20	0,39	0,03
<b>Prostějov</b>	0,33	0,89	1,15	0,45	0,10
<b>Vyškov</b>	0,51	0,33	0,77	0,19	0,01
<b>Přerov</b>	0,10	0,96	0,43	0,25	0,03
<b>Průměr</b>	0,67 <sup>b</sup> ±0,27	0,67 <sup>b</sup> ±0,14	0,56 <sup>b</sup> ±0,17	0,35 <sup>ba</sup> ±0,05	0,04 <sup>a</sup> ±0,02

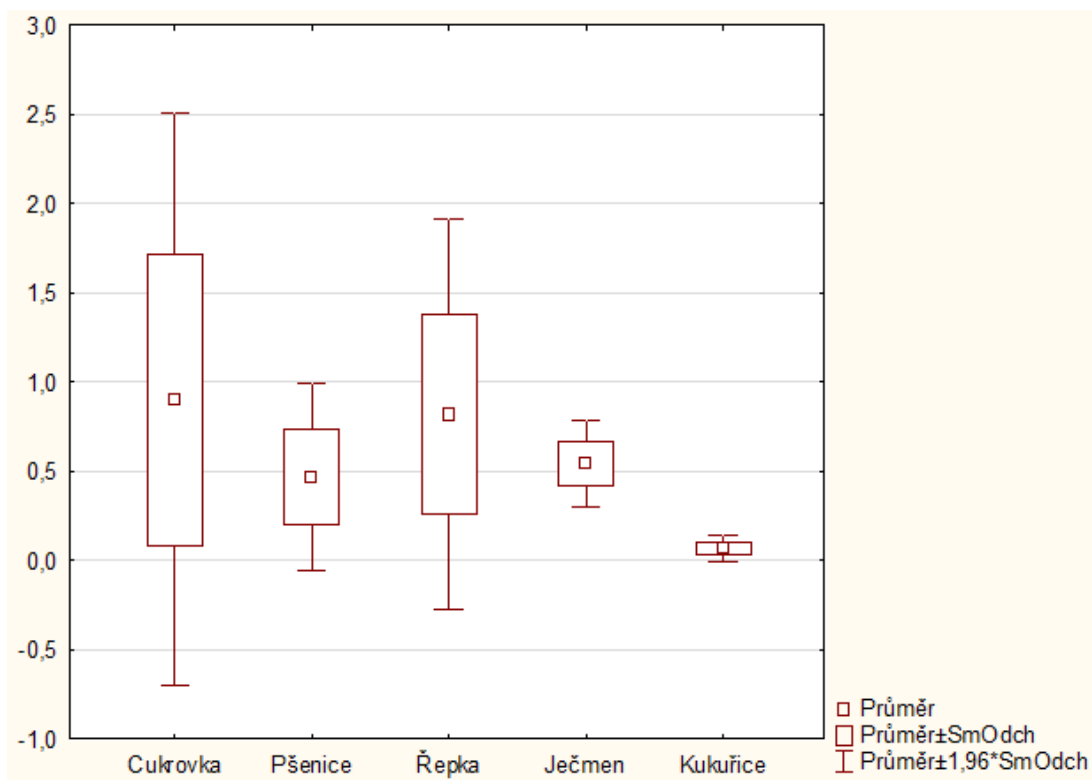
Následné testování (Fischerův LSD test) – varianty se stejnými písmeny vyjadřují statisticky nevýznamný rozdíl ( $P \leq 0,05$ ).

Signifikantní rozdíl foliárně aplikovaného hořčíku byl zaznamenán pouze v kukuřici.

#### 5.4.5 Spotřeba síry v plodinách

Celková spotřeba síry aplikované mimokořenově na porosty sledovaných plodin na Hané činí 91597 kg S, což je cca 0,53 kg/ha orné půdy. Průměrné spotřeby v plodinách na Hané uvádí obrázek 9 a tabulka 15.

Obrázek 9: Spotřeba síry na Hané v jednotlivých plodinách v kg/ha



Tabulka 15: Průměrné spotřeby síry (kg/ha)

<b>S</b>	<b>Cukrovka</b>	<b>Pšenice</b>	<b>Řepka</b>	<b>Ječmen</b>	<b>Kukuřice</b>
<b>Olomouc</b>	0,97	0,52	0,24	0,52	0,12
<b>Kroměříž</b>	2,25	0,18	0,51	0,60	0,04
<b>Prostějov</b>	0,66	0,20	1,64	0,69	0,08
<b>Vyškov</b>	0,51	0,80	1,11	0,35	0,04
<b>Přerov</b>	0,10	0,63	0,59	0,55	0,04
<b>Průměr</b>	0,90 <sup>b</sup> ±0,37	0,46 <sup>ba</sup> ±0,12	0,82 <sup>b</sup> ±0,25	0,54 <sup>ba</sup> ±0,05	0,06 <sup>a</sup> ±0,02

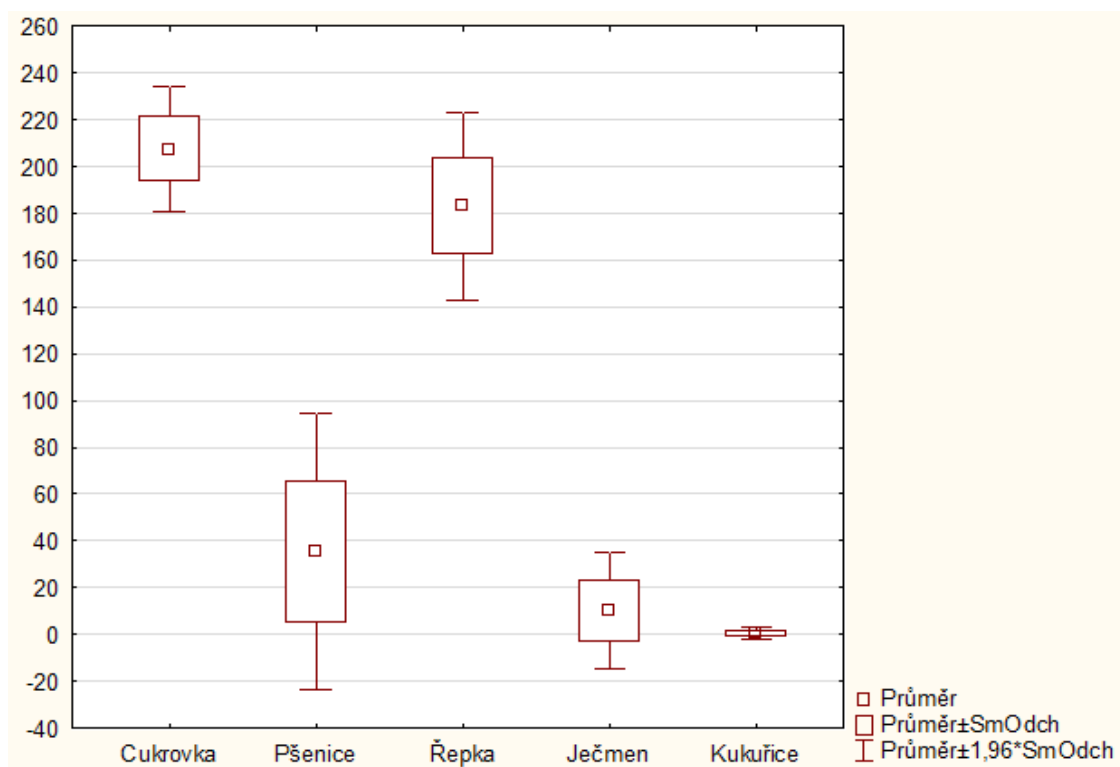
Následné testování (Fischerův LSD test) – varianty se stejnými písmeny vyjadřují statisticky nevýznamný rozdíl ( $P \leq 0,05$ ).

Statisticky významný rozdíl u foliárně aplikované síry byl zaznamenán mezi kukuřicí a cukrovkou, současně mezi kukuřicí a řepkou. Převážná část síry byla stejně jako u hořčiku aplikována formou rozpuštěné hořké soli.

#### 5.4.6 Spotřeba bóru v plodinách

Celková spotřeba bóru aplikovaného mimokořenově na porosty sledovaných plodin na Hané činí 13775 kg B, což je cca 80 g/ha orné půdy. Z výsledků je patrné, že foliární hnojení bórem je dnes součástí pěstební technologie řepky a cukrové řepy. Uvedené dávky bóru byly těchto plodin statisticky významně odlišné od vstupů do ostatních sledovaných plodin. Průměrné spotřeby foliárně aplikovaného bóru v plodinách na Hané jsou uvedeny na obrázku 10.

Obrázek 10: Spotřeba bóru na Hané v jednotlivých plodinách v kg/ha



Přesto, že honožení bórem má u řepky pozitivní vliv na růst, zdravotní stav a výnosové parametry (Černý et al. 2016, Saimee et al. 2016), jeho potřeba na tvorbu tuny semene je ve srovnání s manganem nižší (Bečka et al. 2007). Průměrná spotřeba bóru činila 183 g/ha, což pokrývá cca polovinu celkové potřeby na hektar. Pro srovnání u manganu spotřeba ve sledovaném regionu neodpovídá ani 1 % z celkové potřeby na hektar. Průměrné množství foliárně aplikovaného bóru na sledovaném území uvádí tabulka 16.

Tabulka 16: Průměrné spotřeby bóru (g/ha)

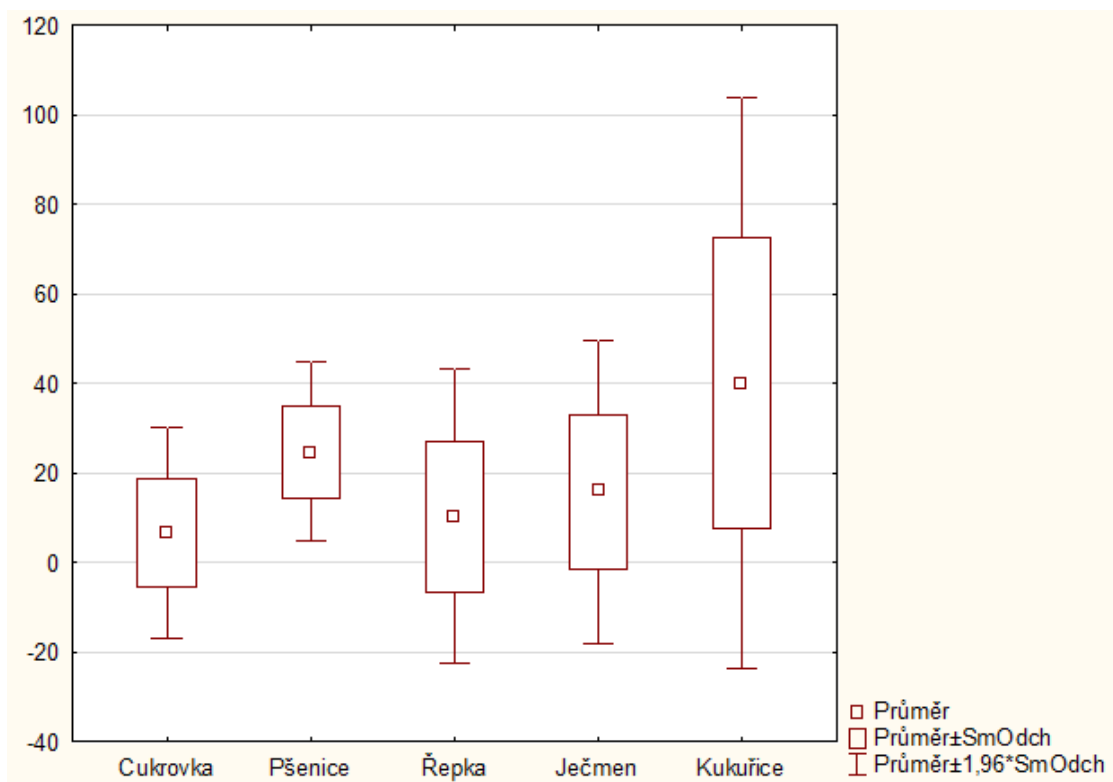
<b>B</b>	<b>Cukrovka</b>	<b>Pšenice</b>	<b>Řepka</b>	<b>Ječmen</b>	<b>Kukuřice</b>
<b>Olomouc</b>	195,6	13,2	178,3	26,8	3,0
<b>Kroměříž</b>	230,5	71,1	200,8	0,5	0,0
<b>Prostějov</b>	205,7	66,1	188,8	21,1	0,0
<b>Vyškov</b>	198,5	12,4	196,7	2,5	0,0
<b>Přerov</b>	207,0	15,0	149,7	0,0	0,0
<b>Průměr</b>	207,5 <sup>c</sup> ±6,1	33,2 <sup>b</sup> ±14,7	182,9 <sup>c</sup> ±9,1	10,2 <sup>ab</sup> ±5,7	0,6 <sup>a</sup> ±0,6

Následné testování (Fischerův LSD test) – varianty se stejnými písmeny vyjadřují statisticky nevýznamný rozdíl ( $P \leq 0,05$ ).

### 5.4.7 Spotřeba zinku v plodinách

Celková spotřeba zinku aplikovaného mimokořenově na porosty sledovaných plodin na Hané činí 3288 kg Zn, což je cca 20 g/ha orné půdy. Dominantní plodinou je při příjmu zinku kukuřice, která je v monitorované oblasti zásobena v průměru 40,1 g/ha postřikem na list. Toto množství odpovídá odběru 1 tuny zrna (Hirzel, Undurrag 2013). Vzhledem k vysokým požadavkům kukuřice na tento prvek a mnohdy ztíženým možnostem přijatelnosti zinku z půdy (Alloway 2008), se jeví stav jeho aplikovaného množství na daném území jako nedostatečné. Průměrné spotřeby v plodinách na Hané uvádí krabicový diagram na obrázku 11.

Obrázek 11: Spotřeba zinku na Hané v jednotlivých plodinách v g/ha



Ve spotřebě zinku byl zaznamenán signifikantní rozdíl mezi kukuřicí a řepkou, současně mezi kukuřicí a cukrovkou. Průměrné spotřeby foliárně aplikovaného zinku v jednotlivých okresech prezentuje tabulka 17.



Tabulka 17: Průměrné spotřeby zinku (g/ha)

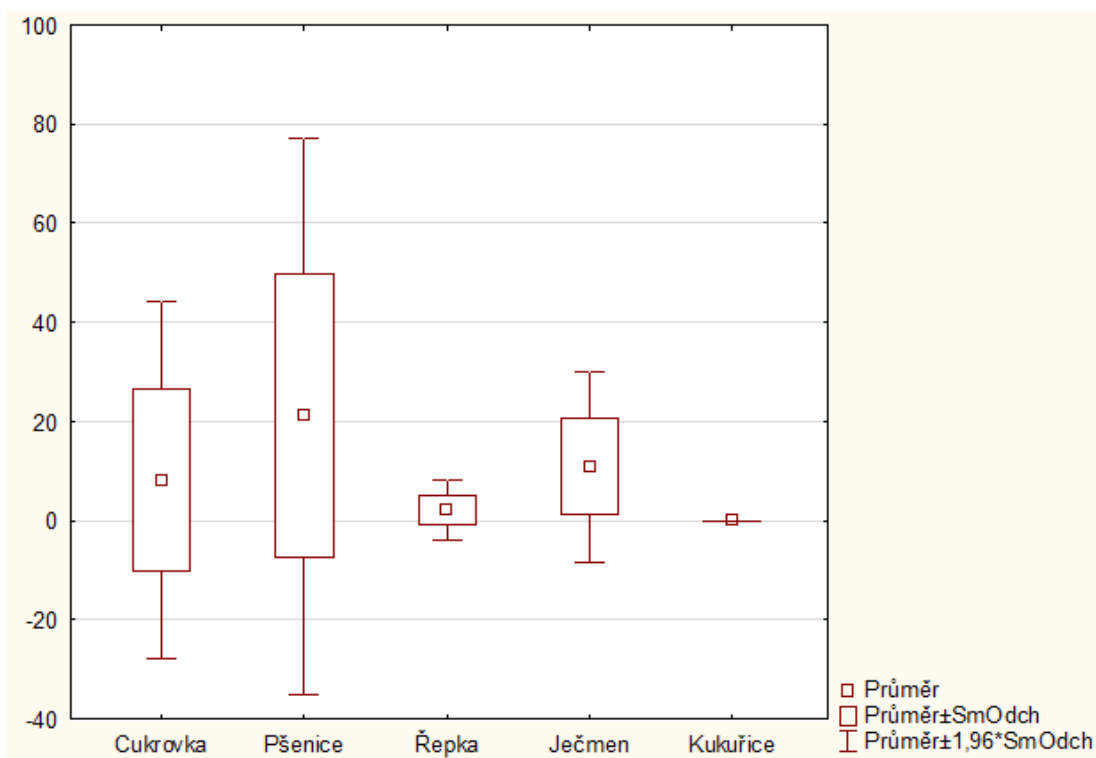
Zn	Cukrovka	Pšenice	Řepka	Ječmen	Kukuřice
<b>Olomouc</b>	27,8	9,8	7,8	9,0	45,1
<b>Kroměříž</b>	0,0	19,5	39,8	44,7	0,0
<b>Prostějov</b>	4,1	33,0	3,2	17,2	61,3
<b>Vyškov</b>	0,9	26,3	0,7	8,1	79,2
<b>Přerov</b>	0,3	34,5	0,0	0,0	15,1
<b>Průměr</b>	6,6 <sup>a</sup> ±5,3	24,6 <sup>ab</sup> ±4,6	10,3 <sup>a</sup> ±7,5	15,8 <sup>ab</sup> ±7,7	40,1 <sup>b</sup> ±14,6

Následné testování (Fischerův LSD test) – varianty se stejnými písmeny vyjadřují statisticky nevýznamný rozdíl ( $P \leq 0,05$ ).

#### 5.4.8 Spotřeba manganu v plodinách

Celková spotřeba manganu aplikovaného mimokořenově na porosty sledovaných plodin na Hané činí 1830 kg Mn, což je cca 11 g/ha orné půdy. Průměrné spotřeby v plodinách na Hané jsou znázorněny formou krabicového diagramu na obrázku 12.

Obrázek 12: Spotřeba manganu na Hané v jednotlivých plodinách v kg/ha



Statisticky významný rozdíl v dávkách foliárně aplikovaného manganu byl zaznamenán pouze mezi kukuřicí a pšenicí. Spotřeba Mn v pšenici reaguje na to, že potřeba této plodiny je z mikroelementů nejvyšší právě u manganu (Eriksson et al. 2010). Na výnos zrna odebere podobné množství Mn (cca 50 g/t) i kukuřice (Hirzel, Udurraga 2013), kde byla paradoxně zjištěna průměrná spotřeba v daném regionu nulová. Podobně i u řepky, jejíž potřeba Mn je ještě vyšší než u pšenice - cca 200 g/t semene (Bečka et al. 2007), se spotřeba mimokořenově aplikovaného manganu blížila nule. Data o průměrné spotřebě Zn v jednotlivých okresech a plodinách prezentuje tabulka 18.

Tabulka 18: Průměrné spotřeby manganu (g/ha)

<b>Mn</b>	<b>Cukrovka</b>	<b>Pšenice</b>	<b>Řepka</b>	<b>Ječmen</b>	<b>Kukuřice</b>
<b>Olomouc</b>	41,0	6,1	7,0	16,9	0,0
<b>Kroměříž</b>	0,0	0,9	0,4	0,9	0,0
<b>Prostějov</b>	0,0	71,3	3,2	21,4	0,0
<b>Vyškov</b>	0,0	11,8	0,0	15,2	0,0
<b>Přerov</b>	0,0	15,3	0,0	0,0	0,0
<b>Průměr</b>	8,2 <sup>ab</sup> ±8,2	21,1 <sup>b</sup> ±12,8	2,1 <sup>ab</sup> ±1,4	10,9 <sup>ab</sup> ±4,4	0,0 <sup>a</sup> ±0,0

Následné testování (Fischerův LSD test) – varianty se stejnými písmeny vyjadřují statisticky nevýznamný rozdíl ( $P \leq 0,05$ ).

## 6 ZÁVĚR

Mimokořenová výživa je významnou součástí optimalizace výživného stavu polních plodin. Zemědělci pomocí této strategie mohou pohotově reagovat na poruchy v metabolismu rostliny způsobené nevhodnými vnějšími i vnitřními podmínkami prostředí. V rámci monitorované oblasti Haná tuto volbu využilo 95 % subjektů, které zde hospodaří na 96 % orné půdy. Jednou z možností jak relevantně určit potřebu mimokořenové výživy je provedení chemických rozborů rostlin. Cílenou aplikaci deficitní živiny pro rostlinu postavenou na anorganických rozbořech realizovalo 70 % zemědělských podniků. Pro výběr konkrétních přípravků byla jako kritérium uváděna nejčastěji cena aplikační dávky na hektar, která činí ve sledovaných plodinách průměrně cca 450 Kč. Nejnáročnější plodinou na mimokořenovou výživu byla z hlediska ceny a počtu vstupů jednoznačně řepka olejka, u které byl zaznamenán průměrný počet 2,2 vstupů. Z výrobců/distributorů listových hnojiv na Hané zaujímá dominantní postavení firma AGRA GROUP a.s., která zde měla v roce 2014/15 zastoupení 54 % objemu prodaných produktů. Ve spotřebě makroelementů skrze mimokořenovou aplikaci ve sledovaném regionu vévodil dusík množstvím 1,2 kg/ha, dále síra 0,53 kg/ha, hořčík 0,36 kg/ha, draslík 0,1 kg/ha a fosfor 0,06 kg/ha orné půdy. U mikroelementů svoji spotřebou dominoval bór v množství 80 g/ha, dále zinek 20 g/ha a mangan 11 g/ha orné půdy. Z výsledků vyplývá, že spotřeba foliárně aplikovaných živin na Hané byla ve sledovaném období ve srovnání s potřebami plodin velmi malá, zejména u mikroelementů, jejichž příjem lze touto cestou zabezpečit. Proto mimokořenová aplikace nabízí velký potenciál využití do budoucna.

Přesto, že uvedené poznatky byly získány z vegetačního období 2015/14, vzhledem k často zaběhlým praktikám agronomů by měly být aktuální i v následujících letech.

## 7 SEZNAM POUŽITÉ LITERTURY

- Afifi, M. H. M., Khalifa, R. K. M., Camilia Y. E. D. (2011): Urea foliar application as a partial substitution of soil-applied nitrogen fertilization for some maize cultivars grown in newly cultivated soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(7): 826-832.
- Alloway, B. J. (2008): Zinc in Soils and Crop Nutrition. Second edition. IZA and IFA Brussels, Belgium and Paris. France. ISBN 978-90-8133-310-8
- Armengaud, P., Zambaux, K., Hills, A., Sulpice, R., Pattison, R. J., Blatt, M. R., Amtmann, A. (2009): EZ-Rhizo: integrated software for fast and accurate measurement of root system architecture. *Plant Journal*, 57 945–956.
- Balík, J., Černý, J., Tlustoš, P. (2001): Principy hnojení kukuřice. Úroda. [online] Dostupné z: <http://uroda.cz/principy-hnojeni-kukurice/>
- Barker, A. V. (1979): Nutritional factors in photosynthesis of higher plants. *Journal of plant nutrition*, 1(3): 309-342.
- Bečka, D., Vašák, J., Zukalová, H., Mikšík, V. (2007): Řepka ozimá - pěstitelský rádce. ČZU. Praha. 56 s. ISBN 978-80-87111-05-5
- Bergmann, W. (1993): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen, 3<sup>rd</sup> ed. Jena: Gustav Fischer Verlag, 384-394
- Brady, N. C., Weil, R. R. (2002): Practical nutrient management. In: The Nature and Properties of Soils. 960 s. ISBN: 0-13-016763-0
- Broadley, M., Brown, P., Cakmark, I., Rengel, Z., Zhao, F. (2012): Function of Nutrients: Micronutrients. In: Marschner, P. (Ed.) Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants (Third Edition), Academic Press, 191-248.
- Cakmark, I., Kalayci M., Kaya, A. A. Torun, N., Aydin, Y. Wang Z., Arisoy, H., Erden, A., Yazici, O., Gokmen, L., Ozturk., Horst W.J. (2010): Biofortification and localization of

- zinc in wheat grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(16): 9092-9102
- Cramer N. et al. (1990): Raps: Anbau und Verwertung. Ulmer. Stuttgart, Deutschland. 147 s. ISBN 978-3800130832
- Černý, J., Balík, J., Kulhánek, M., Sedlář, O., Vašák, F. (2016): Význam bóru ve výživě rostlin. *Agromanual*. [online] Dostupné z: [https://agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/\\_hnojeni/vyznam-boru-ve-vyzive-rostlin](https://agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/_hnojeni/vyznam-boru-ve-vyzive-rostlin)
- ČÚZK (2016): Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky. Praha. ISBN 978-80-86918-90-7
- Dordas, Ch. (2009): Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield, and essential oil yield of oregano (*Origanum vulgare* ssp. *Hirtum*). *Industrial crops and products*, 29(2-3): 599–608.
- Eichert, T., Fernandez, V. (2012): Uptake and Release of Elements by Leaves and Other Aerial Plant Parts. In: Marschner, P. (Ed.): Mineral nutrition of higher plants (Third edition). Academic Press, 71-84.
- Eichert, T., Goldbach, H. E. (2008): Equivalent pore radii of hydrophilic foliar uptake routes in stomatous and astomatous leaf surfaces – further evidence for a stomatal pathway. *Physiologia Plantarum*, 132: 491–502.
- El-Ghamry, M. A., Abd El-Hamid, M. A., Mosa, A. A. (2009): Effect of Farmyard Manure and Foliar Application of Micronutrients on Yield Characteristics of Wheat Grown on Salt Affected Soil. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 5(4): 460-465.
- Eriksson, J., Mattsson, L., Söderström, M. (2010): Current status of Swedish arable soils and cereal crops. Data from the period 2001-2007. Swedish Environmental Protection Agency 6349. Stockholm. ISBN 978-91-620-6349-8
- FAO (2015): World fertilizer trends and outlook to 2018. Food and agriculture organisation of the united nations – Rome. ISBN 978-92-5-108692-6

- Fageria, N. K., Barbosa, M. P., Moreera, A., Guimar, C. M. (2009): Foliar Fertilization of Crop Plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32: 1044–106.
- Fernández, V., Sotiropoulos T., Brnwon, P. (2013): Foliar Fertilization. *Scientific Principles and Field Practices*. IFA. Paris. 140 s. ISBN 979-10-92366-00-6
- Fernández, V., Eichert, T. (2008): Uptake og Hydrophilic Solutes Through Plant Leaves: Current State of Knowledge and Perspectives of Foliar Fertilization. *Critical Reviews in Plant Science*, 208: 36-69.
- Franklin, O., Cambui, C. A., Gruffman, L., Palmroth, S., Oren, R., Näsholm, T. (2016): The carbon bonus of organic nitrogen enhances nitrogen use efficiency of plants. *Plant, Cell & Environment*, 40(1): 25-35.
- Gangloff, W. J., Westfall, D. G., Peterson, G., Mortvedt, J. J. (2006): Avalilability of organic and inorganic Zn fertilizers. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 37(1-2): 199-209.
- Hamlin, R. L. (2007): Molybdenum. In: Barker A.V., Philbeam D. J. (Eds.): Handbook of Plant Nutrition. New York. *CRS Press*, 375–394.
- Hamner, K. (2016): Micronutrients in Cereal Crops. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences. Department of Soil and Environment. Uppsala. 86 s. ISBN 978-91-576-8605-3
- Heard, J. (2006): Nutrient accumulation and partitioning by grain corn in Manitoba. In: A. Schlegel. (Ed.): Great Plains Soil Fertility Conference Proceedings. Vol. 11. March 7-8, 2006. Denver, Colorado. p. 180-185.
- Hebber, C. A., Laursen K. H., Ladegaars, A. H., Schmidt, S. B., Pedas, P., Bruhn, D., Schjoerring, J. K., Wulfsohn, D., Husted, S. (2009): Latent manganese deficiency increases transpiration in barley (*Hordeum vulgare*). *Physiol Plant*, 135: 307-316.
- Heine, G., Max, F. J., Fuhrs, H., Moran-Puente, D. W., Heintz, D., Horst, W. J. (2011): Effect of manganese on the resistance of tomato to *Pseudocercospora fuligena*. *Journal*

*of Plant Nutrition*, 174: 827-836.

Hirzel, J., Undurraga, P. (2013): Nutritional Management of Cereals Cropped Under Irrigation Conditions. Crop production. 198 s. ISBN 978-953-51-1174-0

Jiao, X. Y., Zhu, Y. G., Jarvis, B. C., Quick, W. P., Christie, P. (2005): Effect of boron on leaf expansion and intercellular airspaces in mung bean in solution culture. *Journal of plant nutrition*, 28(2): 351-361.

Kaiser, B. N., Gridley, K. L., Brady, J. N., Phillips, T., Tyerman, S. T. (2005): The role of molybdenum in agricultural plants production. *Annals of Botany*, 96: 745-754.

Kunzová, E. (2010): Výživa rostlin a hnojení draslíkem. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 22 s. ISBN 978-80-7427-066-6

Klír, J., Kunzová, E., Čermák, P. (2008): Rámcová metodika výživy rostlin a hnojení. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha. ISBN 978-80-87011-61-4

Makowski, N., Gienapp, C. (2005): Mikronährstoffe zum Raps. Bauernzeitung. 3. Woche, s. 26 – 27

Manna, D., Maity, T. K. (2016): Growth, yield and bulb quality of onion (*Allium cepa* L.) in response to foliar application of boron and zinc. *Journal of plant nutrition*, 39(3): 438-441

Malhi, S.S., Johnston, A.M., Schoenau, J.J., Wang, Z.H Vera.C. (2006): Seasonal biomass accumulation and nutrient uptake of wheat, barley and oat on a Black Chernozem soil in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science*, 86: 1005–1014.

Marschner, H. (2012): Mineral Nutrition of Higher Plants 3th Edition. Academic Press. London. ISBN 978-0-12-384905-2

Mosali, J., Desta, K., Teal, R. K., Freeman, K. W., Martin, K. L., Lawles, J. W., Raun, W. R. (2006): Effect of foliar application of phosphorus on winter wheat grain yield, phosphorus uptake and Use efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 29: 2147-2163.

- Rad, Z. S., Imani, A., Salmani, M. (2016): The Interaction Effects of Boron and Plant Growth Regulators on Pollen Germination of Almond. *Journal of Nuts*, 7(1): 45-50.
- Rahman, I. U., Afzal, A., Iqbal, Z., Manan, S. (2014): Foliar Application of Plant Mineral Nutrients on Wheat: A Review. *Journal of Agriculture and Applied Sciences*, 3, 19-22.
- Ransom, J., Simsek, S., Schatz, B., Eriksmoen, E., Mehring, G., Mutukowa, I. (2016): Effect of a Post-Anthesis Foliar Application of Nitrogen on Grain Protein and Milling and Baking Quality of Spring Wheat. *American Journal of Plant Sciences*, 7: 2505-2514
- Roy, R. N., Finck, A., Blair, G. J., Tandon, H. S. I. (2006): Plant nutrition for food security. FAO. Rome. 42 s. ISBN 92-5-105490-8
- Samiee Rad, Z., Imani, A., Salmani, M. (2016): The Interaction Effects of Boron and Plant Growth Regulators on Pollen Germination of Almond. *Journal of Nuts*, 7(1):45-50.
- Schönherr, J. (2000): Calcium Chloride Penetrates Plant Cuticles via Aqueous Pores. *Planta*, 212(1): 11-82.
- Schweder, P., Kape, H. E., Boelcke, B. (2004): Düngung: Hinweise und Richtwerte für die landwirtschaftliche Praxis. LUFA Rostock der LMS, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. 226 s.
- Sousa, S. F., Lopes, A. B., Fernande, P. A., Ramos, M. J. (2009): The zinc proteome: a tale of stability and functionality. *Dalton Transactions*, 14: 7946-7956
- Stanislawska-Glubiak E. (2008): The influence of soil reaction on the effects of molybdenum foliar fertilization of oilseed rape. *Journal of Elementology*, 13: 647–654.
- Šarapatka, B., Rychnovská, M., Dlouhý, J. (2010): Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Bioinstitut, o. p. s., Olomouc. Šumperk. 440 s. ISBN 978-80-87371-10-7
- Škarpa, P., Kunzová, E., Zupalová, H. (2013): Foliar fertilization with molybdenum in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant, soil and environment*, 59(4): 156-161.



- Škarpa, P., Richter, R., Ryant, P. (2015): Mimokořenová výživa je součástí systému hnojení rostlin. Agromanual. [online] Dostupné z: <http://agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/listova-hnojiva/mimokorenova-vyziva-je-soucasti-systemu-hnojeni-rostlin>
- Takahashi, H., Kopriva, S., Giordano, M., Saito, K., Hell, R. (2011): Sulfur Assimilation in Photosynthetic Organisms: Molecular Functions and Regulations of Transporters and Assimilatory Enzymes. *Annual Review of Plant Biology*, 62: 1-590.
- Trčková, M., Raimanová, I., Svoboda, P. (2009): Listová výživa obilnin. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha. ISBN 978-80-7427-030-7
- Vaněk, V., Balík, J., Černý, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P., Valtera, J. (2012): Výživa zahradních rostlin. Academia. Praha. ISBN 978-80-200-2147-2
- Wong, J. W. C., Li, K. L., Zhou, L. X., Selvam, A. (2007): The sorbtion of Cd and Zn by different soils in the presence of dissolved organic matter from sludge. *Geoderma*, 137: 310-317.
- Yang, M., Lei, S., Xu, FS., Lu, JW., Wang, YH. (2009): Effects of B, Mo, Zn, and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pedosphere*. 19(1):53–59.
- Zaheri, M., Gholami, A., Nadian, H., Panahpour, E. (2015): The Effect of Potassium and Zinc Application on Resistant to Lodging of Two Wheat Cultivars. *Research on Crop Ecophysiology*, 10(2): 90 – 98.