

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Analýza využívání listových hnojiv**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Václav Petrželka**

**Obor studia: Rostlinná produkce (ABR)**

**Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Pulkrábek, CSc.**

© 2019 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Analýza využívání listových hnojiv" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 16. 4. 2019

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu prof. Ing. Josefu Pulkrábkovi, CSc., vedoucímu bakalářské práce, za ochotu a odborné vedení při zpracování této práce. Poděkování patří také všem agronomům a soukromě hospodařícím zemědělcům, kteří si našli čas na vyplnění dotazníku, s jehož distribucí mi pomohl Ing. Tomáš Pelíšek, za což mu patří také velký dík. Poděkovat bych chtěl také rodině za podporu a dále Heleně Bílkové a Aleně Hrabíkové za cenné rady při tvorbě této práce.

# Analýza využívání listových hnojiv

## Souhrn

Listová hnojiva jako součást systému hnojení sice nemohou plně nahradit minerální hnojiva, vhodně je však mohou doplňovat a mají také několik výhod, které je předurčují k využívání v rostlinné výrobě. Mezi tyto výhody patří možnost řešení akutního nedostatku dané živiny, dodání potřebné živiny ve vhodné formě a v optimální fázi vývoje přímo na místo spotřeby, přesnější dávkování a rovnoměrnější aplikace (důležité hlavně při hnojení mikroprvky), sloučení operací (aplikace společně s pesticidy), zlepšení obsahu žádoucích prvků a látek v rostlinách v pozdějších fázích vegetace a další.

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat literární přehled o listových hnojivech, jejich formách a možnostech využití u polních plodin. Posoudit využívání listových hnojiv v zemědělských podnicích na základě výstupní analýzy z jednoduchého dotazníku.

V současné době dochází k rozvoji moderních metod diagnostiky výživného stavu rostlin, některé firmy investovaly do vývoje mobilních aplikací týkajících se výživného stavu rostlin. Výstupní analýza dotazníku však ukázala, že tyto aplikace nejsou zatím v zemědělské praxi příliš využívány a velkého rozšíření zatím nedosahují ani různé typy senzorů měřící obsah dusíku v rostlinách umístěných na strojích provádějících hnojení.

V rámci šetření jsem rozdál do zemědělských podniků celkem sedmnáct dotazníků, z nichž jsem získal údaje od třinácti firem hospodařících v různých podmínkách České republiky.

Z dotazníků jsem vybral pět otázek, po jejichž zpracování jsem na základě získaných dat dospěl k následujícímu závěru:

- využití listových hnojiv je běžnou agrotechnickou operací moderních pěstitelských technologií u hlavních polních plodin, z třinácti dotazovaných podniků využívá listová hnojiva dvanáct subjektů bez ohledu na velikost výměry obhospodařované orné půdy;
- při nákupu hnojiv jsou pro uživatele klíčové hlavně účinné látky v produktu, dalšími významnými kritérii jsou pak cena aplikační dávky na hektar a cena produktu;
- cenová relace listových hnojiv aplikovaných do porostů pšenice ozimé se pohybuje mezi 200 – 500 Kč na hektar, do ječmene jarního do 500 Kč, u cukrové řepy a kukuřice v rozmezí 200 – 500 Kč, u brambor v širokém rozpětí 250 – 750 Kč a u řepky jako u plodiny s největší intenzitou použití listových hnojiv mezi 500 – 750 Kč na hektar;
- do pšenice a cukrovky se v rámci dotazovaných podniků vstupuje s listovou výživou průměrně 2x, do kukuřice 1x, do ječmene jarního 1,5x a do řepky a brambor 3x;
- ozimá řepka je často hnojena listovými hnojivy obsahující bor a další mikroprvky, mangan a zinek, z hlavních prvků se využívá hnojení sírou a hořčíkem;
- řada podniků vstupuje s listovou výživou do porostů řepky již na podzim a všechny podniky vstupují do porostů řepky minimálně dvakrát.

**Klíčová slova:** listová výživa, hnojiva, ozimá řepka, biologicky aktivní látky, diagnostické metody

# Analysis of foliar fertilizers use

## Summary

Foliar fertilizers as a part of the fertilization system cannot fully replace mineral fertilizers, but they can suitably complement them and also have some advantages that predetermine their use in plant production. These benefits include acute nutrient deficiency solution, necessary nutrient supply in a suitable form and in optimal progression phase directly to a place of consumption, accurate dosage and more even application (this is important mainly for microelement fertilization), operation merging (application together with pesticides), content improvement of desirable elements and substances in plants in later vegetation phases, etc.

The aim of this bachelor thesis is to compile literature review about foliar fertilizers, their forms, and options of using them in field crops, and to evaluate using of foliar fertilizers in agricultural enterprises on the basis of a simple questionnaire output analysis.

Currently, modern methods of plants nutritional status are being developed, some companies have invested in the development of mobile applications related to plant nutritional status. However, the output analysis of the questionnaire has shown that these applications are not yet widely used in agricultural practice and not many types of sensors measuring nitrogen content of plants placed on fertilization machine have not yet achieved a great expansion.

As a part of the survey, seventeen questionnaires were distributed to agricultural enterprises. Responses were returned from thirteen companies operating in various conditions in the Czech Republic.

Five questions from the questionnaire were chosen and after their processing, based on the obtained data, the following conclusion was reached:

- use of foliar fertilizers is a common operation of modern cultivation technologies in main field crops. Twelve of thirteen surveyed companies use foliar fertilizers regardless of the size of farmed arable land;
- especially active ingredients in the product are key for users when buying fertilizers, the other important criteria being the application price per hectare and the price of the product;
- the price range of foliar fertilizers applied to the winter wheat growth ranges between 200-500 CZK per hectare, to summer barley up to 500 CZK, the range for sugar beet and corn is 200-500 CZK, for potatoes 250-750 CZK and for rape as a crop with the highest intensity of foliar fertilizers use between 500-750 CZK per hectare;
- in surveyed enterprises, wheat and sugar beet are entered with foliar fertilizers on average 2x, into corn 1x, into spring barley 1,5x and into rape and potatoes 3x;
- winter rape is often fertilized with foliar fertilizers containing boron and others microelements, manganese and zinc, from main elements sulfur and magnesium are used for fertilization;
- lots of companies enter with foliar fertilizers in the rape growth in autumn and all of the agriculture companies enter the rape growth at least twice.

**Keywords:** foliar fertilization, fertilizers, winter rape, biologically active substances, diagnostic methods

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Principy příjmu živin přes list.....</b>	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Živiny a jejich použití v mimokořenové výživě.....</b>	<b>15</b>
3.2.1	Dusík.....	15
3.2.2	Draslík .....	15
3.2.3	Fosfor .....	16
3.2.4	Hořčík .....	16
3.2.5	Vápník .....	17
3.2.6	Síra .....	17
3.2.7	Mikroprvky.....	18
3.2.7.1	Železo .....	18
3.2.7.2	Mangan.....	19
3.2.7.3	Bór .....	19
3.2.7.4	Měď .....	19
3.2.7.5	Zinek .....	19
3.2.7.6	Molybden .....	20
<b>3.3</b>	<b>Použití mimokořenové výživy u polních plodin .....</b>	<b>20</b>
3.3.1	Obilniny.....	21
3.3.2	Olejniny.....	22
3.3.2.1	Řepka.....	22
3.3.2.2	Mák.....	22
3.3.2.3	Slunečnice.....	23
3.3.3	Luskoviny.....	23
3.3.4	Okopaniny.....	24
3.3.4.1	Cukrová řepa .....	24
3.3.4.2	Brambory.....	25
3.3.5	Pícniny.....	26
3.3.5.1	Kukuřice.....	26
3.3.5.2	Jeteloviny.....	27
3.3.5.3	Trávy.....	27
<b>3.4</b>	<b>Míchání hnojiv.....</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Kombinace listových hnojiv s biologicky aktivními látkami .....</b>	<b>28</b>
<b>3.6</b>	<b>Přednosti mimokořenové výživy.....</b>	<b>30</b>
<b>3.7</b>	<b>Nedostatky .....</b>	<b>32</b>
<b>3.8</b>	<b>Technické požadavky na aplikaci listových hnojiv.....</b>	<b>33</b>
<b>3.9</b>	<b>Moderní metody diagnostiky výživného stavu .....</b>	<b>34</b>
3.9.1	YARA N-Tester .....	35
3.9.2	YARA N-SENSOR WIN .....	36
3.9.3	YARA N-SENSOR ALS .....	36
<b>3.10</b>	<b>Mobilní aplikace pro zemědělství od firmy YARA .....</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze.....</b>	<b>49</b>

<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy.....</b>	<b>64</b>
<b>10</b>	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>66</b>

# 1 Úvod

Dynamický růst populace Země vyžaduje neustálé zvyšování produkce rostlin určených k lidské spotřebě nebo ke krmení zvířat pro uspokojení stále rostoucí poptávky po potravinách. Vzhledem k rostoucí urbanizaci je vyšší množství produkce dosaženo především zvýšením produktivity na jednotku plochy než zvýšením výměry pěstovaných plodin. Vysoká intenzita hnojení minerálními hnojivy však způsobuje zátěž životního prostředí (Chwil, 2014). Významným problémem se také stává sucho, neboť nedostatek vody je hlavním limitujícím faktorem rostlinné výroby. Harmonický vývoj rostlin je dán vyrovnaným poměrem jednotlivých živin ve výživě rostlin, jednostranné hnojení dusíkem s omezením dávek ostatních živin se podepisuje nejen na zdravotním stavu a výnosu plodin, ale špatný poměr živin v krmivech se odráží i v živočišné produkci a při produkci potravin samozřejmě i v lidské výživě. Výše popsané faktory vedou ke zvýšenému využití mimokořenové výživy.

Největší podíl živin přijímá rostlina z půdy kořeny, ale příjem může probíhat přes listy, stonky, ale i květy, u ovocných stromů přes větve a kmen. Mechanismus je podobný jako u příjmu kořeny, vyznačuje se však některými zvláštnostmi, neboť list je na rozdíl od kořene pokryt kutikulou, která je významnou překážkou pro příjem živin. Na rostlinách s větším listovým aparátem se zachytí více aplikovaného hnojiva, proto jsou u těchto rostlin předpoklady pro lepší využití živin z aplikovaných roztoků (Vaněk et al., 2016). Mimokořenová výživa doplňuje dodávku živin do půdy, lze jí řešit aktuální nedostatky ve výživném stavu rostliny jak makroprvky, tak hlavně mikroprvky, které lze pomocí hnojivých roztoků efektivně aplikovat na porost. Živiny lze dodávat v obdobích s podmínkami prostředí významně limitujícími příjem živin z půdy, jako je například sucho. Mimokořenová výživa také umožňuje reagovat na poruchy rostlin způsobené abiotickými i biotickými stresy.

V intenzivních systémech hospodaření se proto používají listová hnojiva, často v kombinaci s přípravky na ochranu rostlin, což snižuje výrobní náklady a zároveň u některých přípravků na ochranu rostlin zvyšuje jejich účinnost. Jaké jsou možnosti využití listových hnojiv u polních plodin a v jaké míře jsou hnojiva v zemědělských podnicích v rámci České republiky využívána, jsem se rozhodl ověřit v této práci.



## **2 Cíl práce**

Cílem práce bylo posoudit využívání listových hnojiv v zemědělských podnicích v Čechách na základě výstupní analýzy z jednoduchého dotazníku. Zpracovat literární přehled o listových hnojivech, jejich formách a možnostech využívání u polních plodin. Zaměřit se na možnosti kombinace listových hnojiv, jejich kombinace s biologicky aktivními látkami. Shrnout jejich přednosti a nedostatky. Zpracovat přehled o moderních metodách využívaných k identifikaci nedostatků ve výživě rostlin.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Principy příjmu živin přes list

Již v 2. polovině 18. století prokázali Gris (1844), Mayer (1874) a Böhm (1877), že anorganické soli mohou do rostliny vstupovat i listy (In Procházka et al., 1998). Princip příjmu živin přes listy, se podobá příjmu přes kořeny (Balík et al., 2006). Po aplikaci živin ve formě roztoku procházejí ionty jednotlivě nejprve přes kutikulu. Transport vody a v ní obsažených živin je pomalý díky houbovité struktuře kutikuly. Tato propustnost je větší při ovlhčení povrchu listu, kdy dochází ke zvyšování hydratace a bobtnání kutikuly (Procházka et al., 1998).

Mimokořenovou výživu můžeme chápat jako příjem a utilizaci minerálních i organických látek, které jsou aplikovány ve formě vodných roztoků na nadzemní části rostlin. Často se lze setkat s termínem foliární výživa, který se užívá díky tomu, že většina aplikovaných roztoků ulpí na listech, kde také dochází k největšímu příjmu živin. To však neznamená, že by ostatní orgány nebyly schopny příjmu živin, bylo prokázáno, že příjmu živin z roztoku jsou schopny i další nadzemní orgány včetně plodů (Čermák, 2006).

Mimokořenová výživa představuje doplněk výživy přijímané rostlinou kořeny. List je však na rozdíl od kořene na vnější straně pokryt kutikulou a vrstvou epikutikulárních vosků, které často tvoří typickou strukturu. Tyto vosky jsou poskládané z dlouhých řetězců alkoholů, ketonů a esterů vyšších mastných kyselin, vylučovány jsou epidermálními buňkami. Kutikula je složená z kutinu, v menší míře z řetězců vyšších mastných kyselin. Vnitřní a vnější kutikula jsou svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi od sebe odlišné. Na vnitřní straně kutinové vrstvy je větší zastoupení hydrofilních skupin, naproti tomu na vnější straně jsou více zastoupeny skupiny hydrofobní. Kutinová vrstva je zpravidla nejsilnější část epidermální buňky, složena je ze skeletu celulózy zpevněného kutinem, pektinem a voskem. Kutikula chrání list před ztrátou vody v důsledku transpirace. Dále chrání listové pletivo před vymýváním organických a anorganických látek při dešti, ovlivňuje teplotu pletiv, světelné parametry listů a významnou roli hraje také v ochraně rostliny proti škůdcům a chorobám. Složení kutikuly a epikutikulárních vosků je velmi specifické, závisí na druhu rostlin, odrůdě a v neposlední řadě i na vnějších podmínkách při pěstování rostlin. (Balík et al., 2006).

Průnik látek je umožněn v důsledku hydrofilních pórů v kutikule, jejichž průměr je menší než 1 nm (Trčková et al., 2006) a jejich hustota činí kolem  $10^{10}$  na  $\text{cm}^2$ . Těmito póry

prostupují dobře menší molekuly, např. močovina. Póry jsou lemovány negativními skupinami a jejich hustota se zvětšuje směrem od vnější k vnitřní straně kutikuly. Pronikání kationtů do rostlin probíhá v důsledku tohoto gradientu snadněji, anionty jsou vytěšňovány z tohoto prostoru. Rostlina tedy přijímá kationty rychleji, příjem je rychlý zejména u molekul malých a bez náboje (Balík et al., 2006).

Hustota kutikulárních pórů je největší kolem svěřacích buněk průduchů. Tyto póry mají také rozdílný permeabilní charakter a jsou místem průniku větších molekul do kutikuly a dále do buněčných stěn listu. Rychlost příjmu živin z foliárních roztoků je větší v noci, kdy jsou průduchy zavřené. Příjem je ovlivněn vnějšími faktory, jako je koncentrace iontů, jejich mocností, teplota a vnitřními faktory, jako je metabolická aktivita (Balík et al., 2006). V buňce může transport pokračovat symplastem až do vodivých cest, na dlouhé vzdálenosti je pak transport zajišťován především floémem (Procházka et al., 1998).

Příjem živin může probíhat také přes průduchy, jejichž velikost je 40 - 80 krát větší než velikost iontů. Při listové výživě se uplatňuje především dusík, především ve formě močoviny. V příjmu fosforu a draslíku nemohou listy konkurovat kořenům, protože jsou pasivnější při odevzdávání draslíku a fosforu do jiných orgánů. Hořčík, síra a mikroelementy jsou přes list přijímány relativně dobře (Ložek et al., 2006).

Příjem rozdělil Balík a kol. (2006) do několika fází:

- Ulpění roztoku na povrchu listu
- Průnik vnější epidermální stěnou do apoplastu listu
- Příjem živin buňkami listových pletiv
- Translokace živin v listu do dalších orgánů

Pořadí permeability iontů podle Vaňka (2006):

Molekuly bez náboje > kationty<sup>+</sup>, anionty<sup>-</sup> > kationty<sup>2+</sup>, anionty<sup>2-</sup> > kationty<sup>3+</sup>, anionty<sup>3-</sup>

Při mimokořenové výživě je poměrně dobře přijímán dusík ve formě močoviny a dále Mg<sup>2+</sup> a Zn<sup>2+</sup>, kdy za příznivých podmínek může být velká část těchto živin přijata do 24 hodin po aplikaci. Příjem K<sup>+</sup>, Mn<sup>2+</sup> a Ca<sup>2+</sup> trvá několik dní, neboť je pozvolnější. Po delší období jsou přijímány povrchem listů Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> a anionty H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> a MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, jejichž resorpce se může pohybovat v řádu 7 až 10 dnů (Vaněk et al., 2016).

Faktory ovlivňující využití živin podle Balíka a kol. (2006):

- Síla a vlastnosti kutikuly
- Množství a podíl foliárního roztoku ulpěného na listu, důležité je jemné rozmlžení a pokrytí co největšího povrchu
- Termín a intenzita dešťových srážek
- Relativní vlhkost vzduchu a rychlost vysychání roztoku
- Limitovaná schopnost některých živin pro translokaci
- Omezené množství živiny dodané při jedné aplikaci
- Poškození listu (nekrózy, popálení)

Faktory ovlivňující vlastní příjem, transport a využití živin můžeme rozdělit na:

#### A) faktory vnitřní

Vyplývají hlavně z vlastností rostliny, především rostlinného druhu. Ty se projevují v rozdílném anatomickém uspořádání listů, dále ve velikosti, tvaru, celkové nadzemní ploše rostliny a v neposlední řadě také vývinem a stářím pletiv. Je logické, že na rostlinách s větší listovou plochou se zachytí větší množství aplikovaného roztoku a jsou lepší předpoklady pro průnik živin do rostlinného těla přes kutikulu (Vaněk et al., 2006). Pokud je navíc rostlina vybavena trichomy, příjem živin je vyšší z důvodu větší plochy pro absorpci (Kannan, 2010). Významnou překážkou pro příjem živin je kutikula, která se svojí stavbou značně liší podle druhů rostlin. Je zřejmé, že u rostlin se silnější kutikulou jsou předpoklady průniku živin nižší. Utváření kutikuly je ovlivněno nejen geneticky, ale i vnějšími podmínkami, především světelnými a tepelnými. V sušších podmínkách vytvářejí rostliny silnější a kompaktnější kutikulu. Vlhkostní podmínky, především déletrvající období srážek může porušit souvislost kutikuly a usnadnit tak průnik aplikovaných látek. Mladší listy jsou schopné vstřebávat více živin než listy staré, kde jsou již starší pletiva s omezeným metabolismem (Vaněk et al., 2006). Rychlost příjmu a využití živin je ovlivněna výživným stavem rostliny. U živin, které jsou v rostlině v deficitu, může být rychlost příjmu až dvojnásobná (Balík et al., 2006) a u takových rostlin je také vstřebáno a transportováno více živin (Vaněk et al., 2006). Jak list stárne, schopnost příjmu výrazně klesá (pokles metabolické aktivity, zvýšení tloušťky kutikuly...). V průběhu dne, kdy stoupají teploty, a snižuje se relativní vlhkost vzduchu, dochází k rychlejšímu vysychání aplikovaného roztoku na povrchu listu (Balík et al., 2006).

## B) faktory vnější

Mezi vnější a dobře ovlivnitelné faktory patří vlastnosti aplikovaných látek (Vaněk et al., 2006). Vlastnosti aplikovaného roztoku do značné míry ovlivní šance na penetraci listů (Fernández et Ebert, 2005). Jedním z faktorů, které ovlivňují příjem živin přes list, je forma dodávaných živin a složení roztoku (Kurešová et al., 2017). U živin, které nejsou v rostlině příliš mobilní (například Mg, Ca), je vhodné postříkat opakovaně, nebo je provádět v době, kdy je rostlina nejvíce potřebuje (Hlušek et al., 2002). Živiny, které jsou obsaženy v roztoku ve formě, která je pro rostlinu těžko dostupná, nejsou rostlinou přijaty a využity a nemusí dojít ani k jejich transportu v rostlině. Složení aplikovaných roztoků tak ovlivňuje příjem živin, jejich transport i využití v dalších orgánech (Kurešová et al., 2017). Průchod látek a živin se uskutečňuje jak aktivním, tak pasivním transportem, kdy je příjem usměrňován elektrochemickým potenciálem, který se liší mezi vnější a vnitřní částí buněk. Snadněji prochází látky bez náboje, látky s menší hmotností a s nižším nábojem (Vaněk et al., 2006). Důležité je také pH roztoku (Kannan, 2010), nižší hodnoty pH mohou působit poškození a zhoršovat průnik živin. Důležitým faktorem je též koncentrace živin. Z hlediska aplikované živiny by bylo nejvhodnější používat vyšší koncentrace, avšak s ohledem na poškození rostlin je nutno většinou aplikovat velmi nízké koncentrace, zvláště pokud byla porušena kutikula a za nevhodných povětrnostních podmínek (Vaněk et al., 2006).

Listy nejlépe přijímají živiny při teplotě okolo 20 °C, při teplotách okolo 15 °C se příjem živin rapidně snižuje. Pro aplikaci listových hnojiv je vhodné použít teplé a vlhké zamračené počasí, nejlépe podvečer, kdy roztok na povrchu listu dlouho zasychá a jsou dobré podmínky pro průnik živin do listů během noci (Bizík et al., 1998). Faktory prostředí, jako je relativní vlhkost, světlo a teplota, hrají roli při pronikání roztoku aplikovaného na listy (Fernández et Ebert, 2005). Především srážky nejvíce limitují účinnost aplikace. Hnojivo může být snadno smyto deštěm z povrchu listu, důležité jsou však i informace o srážkách před aplikací, neboť pod vlivem měnících se vlhkostních poměrů na povrchu listů sice dochází k rozrušení kutikuly a tím ke snadnějšímu příjmu živin, na druhou stranu může dojít k poškození rostlin, v těchto případech je vhodné používat nižší koncentrace roztoků. V nejbližších dnech po aplikaci by nemělo pršet nejméně 3 dny, u pozvolněji přijímaných živin ještě déle. Vlhkost také ovlivňuje rychlost osychání rostlin. Ve velmi suchém prostředí dojde rychle k odpaření vody a vyschnutí hnojiva, což může být mnohdy bezprostředně po aplikaci. Vysychání je ovlivněno i teplotou, prouděním vzduchu a slunečním zářením. Příznivě působí vliv rosy, kdy nejsou předpoklady k zasychání, případně může být zaschlé hnojivo opět ovlhčeno. Z toho logicky vyplývá, že pro

aplikaci jsou příznivější podmínky večer, kdy se zvyšuje vlhkost vzduchu a tvoří se rosa. Některé živiny jsou však lépe využívány a transportovány za denního světla (například draslík), na většinu však nemá osvětlení výraznější vliv, spíše naopak (Vaněk et al., 2006).

Mimokořenová výživa je považována hlavně za doplňkový zdroj výživy v době omezeného příjmu živin kořeny rostlin. Cílená aplikace listových hnojiv v kombinaci s biologicky aktivními látkami může zlepšit využití živin z půdy a prodloužit období, po které jsou živiny přijímány kořeny a následně metabolizovány v rostlinách (Růžek et al., 2006). V praxi se mimokořenová výživa uplatňuje hlavně u mikroprvků, u makroprvků lze postřikem řešit případné korekce okamžitého stavu zásobení rostlin živinami či při zhoršených podmínkách příjmu, kdy jde jen o dočasné řešení (Procházka et al., 1998). Mimokořenová aplikace může působit na rostliny nejen vlastním příjmem živin, ale také ovlivněním metabolismu, zvýšením aktivity kořene, omezením stárnutí pletiv a tím prodloužení vegetace (Vaněk et al., 2006).

Voda je jedním z limitujících faktorů rostlinné výroby na celém světě. Sucho ovlivňuje negativně fyziologii rostliny a její růst, a také příjem živin z půdy (Waraich et al., 2011). V mnoha oblastech může sucho během kvetení a tvorby zrna zabránit příjmu živin kořeny, což vede ke ztrátám výnosů a nízké koncentraci mikroživin v zrnech obilovin. Za normálních povětrnostních podmínek se efekt foliární aplikace nemusí výrazněji projevit, pokud však nastane období sucha, může aplikace některých mikroprvků, jako je zinek, bor a mangan zvýšit výnos zrna u obilovin až o 20 %. Kromě zvýšení výnosu aplikace příznivě ovlivňuje životaschopnost pylu, počet zrn, efektivitu využití vody atd. (Karim et al., 2012). Přestože je deficit vody nebo osmotický efekt pravděpodobně hlavním fyziologickým mechanismem pro snížení růstu, jelikož oba stresy snižují potenciál půdní vody, sucho a zasolení mohou také různě ovlivňovat vztahy minerálních živin v rostlinách. Obecně platí, že sucho snižuje jak příjem živin kořeny, tak transport z kořenů. Odběr živin přes kořeny je při suchu omezen díky omezené dostupnosti živin, v těchto případech je účinnost foliární výživy vyšší oproti půdním aplikacím z důvodu dodávky požadované živiny přímo v místě potřeby v listu a její relativně rychlé vstřebávání (např. 0,5-2 h pro N a 10-24 h pro K) (Hu et al., 2008).

Vyhodnocení pokusů s listovými hnojivy je někdy značně obtížné, protože se neporovnávají srovnatelné přípravky, ale hnojiva s různým složením i obsahem makro i mikroelementů, často jsou ještě doplněny o stimulanty růstu či dokonce fytohormony a látky, které podporují příjem nebo ulpívání na povrchu listu (Čepl et Kasal, 2006).

## **3.2 Živiny a jejich použití v mimokořenové výživě**

### **3.2.1 Dusík**

Jedním z předpokladů efektivního využití dusíku při mimokořenové aplikaci je rychlost jeho příjmu, metabolické zpracování a následná translokace na místo spotřeby – do orgánů nebo do vyvíjejících se zrn. Do nitra listu nejlépe vstupují malé nepolární sloučeniny, poté následují kationty a nakonec anionty, v případě forem dusíku je to močovina, amonné ionty a nitráty (Trčková et al., 2006). Při aplikaci dusíku na list rostliny je důležité zvolit vhodnou koncentraci příslušného hnojiva, protože různé druhy plodin mají různou citlivost listů a nadměrné koncentrace mohou narušit pletiva a silně poškodit listy. Nejméně rostliny poškozuje roztok močoviny (Baier, 1982). Po rozpuštění je močovina hnojivem neutrálním, roztok s vodou lze použít společně s regulátory růstu i s pesticidy (Richter et Hlušek, 1996). Pro obilniny a řepku jsou vhodné koncentrace roztoku močoviny okolo 8 – 16 % (Baier, 1982), k obilninám ji v postřiku můžeme využít v koncentraci 9 – 10 %, což odpovídá 400 l vody + 36 – 40 kg močoviny na hektar. K bramborám v rozmezí 6 – 9 % (Richter et Hlušek, 1996). Pro ovocné plodiny, zeleninu, vinnou révu jsou vhodné koncentrace jen okolo 0,5 – 1 %. Nevhodná je aplikace v obdobích, kdy jsou rostliny citlivé. U obilnin je to například stadium vegetace do 3. listu a pak od metání, u řepky na počátku vegetace a cukrovka je citlivá až do stadia 5. listu (Baier, 1982). Při aplikaci 2% roztoku močoviny se zvýšila fotosyntetická aktivita nejmladších listů jarní pšenice až o 30 % (poslední list na stéble) a 26 % (předposlední list na stéble) oproti kontrole, kde byla použita pouze voda (Škopík et Bezděk, 1961).

### **3.2.2 Draslík**

Draslík plní v rostlinách mnoho důležitých funkcí, mimo jiné výrazným způsobem ovlivňuje osmotický tlak, a tím i turgor buněk, což souvisí s hospodařením s vodou. Při dostatku draslíku je také příznivý poměr mezi asimilací a disimilací ve prospěch asimilace, dále je lepší vyzrávání pletiv a zlepšuje se jejich anatomická stavba (silnější buněčné stěny, zmnožují se sklerenchymatické buňky a snižuje se riziko poléhání obilnin, je nižší napadení škůdci) (Vaněk et al., 2016). Obohacení buněčné šťávy draselnými solemi zvyšuje rychlost pohybu glycidů, což je důležité pro rostliny s vysokými nároky na draslík, jako jsou například brambory a cukrovka, ale i pro obilniny ve fázích intenzivního růstu (Škopík et Bezděk, 1961). Použití listových draselných hnojiv může zlepšit výnos cukrové řepy a v důsledku toho zvýšit výtěžnost cukru ze skladovaných bulev (Wilczewski et al., 2018). U brambor je však efektivnější volit

hnojení draselnými hnojivými před sázením, aplikace na list nepřinesla požadované výsledky s ohledem na lepší zdravotní stav brambor a vyšší výnos (Kowalska et Drożdżyński, 2018). Při aplikaci 2% roztoku síranu draselného se zvýšila fotosyntetická aktivita nejmladších listů jarní pšenice až o 40 - 50 % (poslední list na stéble) a o 10 % (předposlední list na stéble) oproti kontrole, kde byla použita pouze voda (Škopík et Bezděk, 1961).

### **3.2.3 Fosfor**

Mimokořenová výživa fosforem zmírňuje v průběhu vegetace sice schodek v příjmu této živiny, v provozních podmínkách však nemůže zajistit potřebný objem fosforu pro vysoké výnosy. Přesun fosforu z listů do jiných orgánů také probíhá velmi pomalu a v malých množstvích (Baier, 1982). V šedesátých letech minulého století byl k mimokořenové výživě hlavních obilnin, cukrovky a kukuřice použit roztok superfosfátu, který byl rozpuštěn v čerstvé močůvce a následně ještě smíchán s herbicidy (Škopík et Bezděk, 1961). Při aplikaci 2% roztoku superfosfátu se zvýšila fotosyntetická aktivita nejmladších listů pšenice jarní až o 40 % (poslední list na stéble) a 10 % (předposlední list na stéble) oproti kontrole stříkané jen vodou (Škopík et Bezděk, 1961).

### **3.2.4 Hořčík**

Hořčík hraje důležitou roli ve výživě rostlin. Vázán je hlavně ve fytinu a oxalátu, což jsou organické sloučeniny. Velký obsah hořčíku je v mitochondriích a v buněčných stěnách. Při nedostatku hořčíku intenzita fotosyntézy klesá, dochází k omezené tvorbě sacharidů, to má za následek i sníženou tvorbu bílkovin (Richter et Hlušek, 1996), což snižuje výnos a kvalitu plodin (Neuhaus et al., 2014), a hromadění volných aminokyselin a amidického dusíku. Nedostatek se projeví snížením obsahu chlorofylu, tvoří se více pigmentů a objevují se chlorózy na starších listech. Dochází také ke žloutnutí listové čepele mezi žilkami a po okrajích, žlutá barva se postupně mění na barvu oranžovou, červenou, purpurovou až fialovou (Richter et Hlušek, 1996). Zvýšené nároky na odběr hořčíku mají okopaniny, především cukrovka a píce, z nichž nejvíce jetel červený a kukuřice na siláž, dále zelinářské a ovocnářské kultury a chmel. Hnojení hořčíkem na list je vhodné použít u půd písčitých, kde může pod vlivem dešťových srážek dojít k vyplavování přístupného hořčíku z ornice do hlubších vrstev (Baier et al., 1973), na půdách silně kyselých, půdách s vysokým obsahem draslíku (Vaněk et al., 2016), dále se používá hlavně při akutním nedostatku, neboť přímý účinek hnojení na list je nižší než při aplikaci do půdy. Při odstraňování akutních nedostatků se používají vyšší dávky hořčíku,



a to 25 – 35 kg Mg/ha u obilnin a 35 – 75 kg Mg/ha u okopanin (Baier et al., 1973). Foliární aplikace MgSO<sub>4</sub> představuje prostředek na zlepšení výživového stavu pěstovaných plodin v případě k nedostatku (Neuhaus et al., 2014). Běžně lze použít 2-4% roztok hořké soli, postřik je však nutno opakovat, aby se neobjevovaly příznaky na dalších listech, neboť většina symptomů se na výrazně poškozených listech neodstraní (Vaněk et al., 2016).

### **3.2.5 Vápník**

Zjevný nedostatek vápníku během vegetace lze odstranit mimokořenovou výživou, která se často používá jako preventivní opatření před výskytem zjevných příznaků hlavně na stanovištích s opakujícími se poruchami a při podmínkách omezujících příjem vápníku (vlhko, teplo) (Vaněk et al., 2016). Při hnojení vápníkem na list jsou nejvhodnější vodorozpustná hnojiva, jako je chlorid vápenatý obsahující nejméně 15 % Ca nebo ledek vápenatý s obsahem 20 % Ca. Koncentrace roztoků u daných hnojiv by neměla překročit 1 – 2 % (Baier, 1982).

### **3.2.6 Síra**

Síra je významnou živinou, jejíž nedostatek se může projevit nižším výnosem a sníženou nutriční a technologickou kvalitou zrna. Síra je nezbytná pro tvorbu siřných aminokyselin, čímž je limitována kvalita bílkovin (Hřivna et al., 2011). Nedostatku síry je vhodné předcházet již základním hnojením, na lehčích půdách i brzkým jarním přihnojením, v případě zjevných nedostatků síry během vegetace je však nutno přistoupit k mimokořenové výživě, využít lze například roztok SAM (Vaněk et al., 2016). Při aplikaci síry na list je její průnik do rostliny dosti rychlý (Škopík et Bezděk, 1961). Aplikace síry vede ke zvýšení obsahu škrobu v znu ječmene, po aplikaci se zvyšuje obsah síry v sušině, podporuje se příjem dusíku a jeho utilizace, čímž přispívá k vyšší efektivitě hnojení touto živinou. Společná aplikace s dusíkem podporuje tvorbu odnoží a přispívá k tvorbě výnosu a jeho kvality, ovlivňuje i kvalitu piva (Hřivna et al., 2011).

### 3.2.7 Mikroprvky

Ačkoliv stopové živiny neslouží přímo ke stavbě rostlinného těla, je jejich přiměřené množství nezbytné pro jeho růst a vývoj. S výjimkou bóru se jedná o skupinu tzv. přechodných kovů, které jsou v nadměrném množství pro rostlinu toxické. Z tohoto důvodu je vnitřní koncentrace stopových živin pod přísnou metabolickou kontrolou. Hlavním zdrojem stopových živin pro rostlinu je jejich příjem z půdy. Za nepříznivých půdních a klimatických podmínek (nízká zásoba, nevhodné pH, příliš pevná vazba na půdní částice, sucho atd.) může docházet k trvalému nebo dočasnému nedostatku stopových živin. Navíc, na rozdíl od hlavních metabolizovaných živin, jsou některé stopové prvky (Mn, Fe) jen velmi málo pohyblivé ve floému, a proto nemohou být remobilizovány ze stárnoucích listů (Trčková et al., 2009).

Hnojení mikroprvky pomocí mimokořenové výživy je realizováno při zjištění jejich výrazného nedostatku podle zjevných příznaků nedostatku na rostlinách, rozboru rostlin a půd. Hnojení mikroprvky lze rozdělit na akutní, kdy je využíváno postřiku, který se většinou musí několikrát opakovat. Dále je to hnojení preventivní, kterým se předchází možnému nedostatku a při pěstování náročných plodin. Preventivní hnojení může být realizován opět mimokořenovou aplikací nebo hnojením do půdy. Poslední možností je hnojení základní, kdy jsou hnojiva aplikována do půdy a většinou pokrývá potřebu prvku na 3 – 5 let (Vaněk et al., 2016).

#### 3.2.7.1 Železo

Aplikace železa na list je běžným prostředkem pro odstranění nedostatku tohoto prvku, který se vyskytuje hlavně na půdách alkalických a neutrálních a může ovlivňovat kvalitu a výnosy zemědělských plodin (Fernández et Ebert, 2005). Z polních plodin jsou náročnější lupina, rajče a ovocné stromy, zvláště peckoviny (především broskvoň), dále réva vinná a jahodník (Vaněk et al., 2016). Aplikace na list je nejjednodušší a nejlevnější cesta (Balík et al., 2006), která má často účinek ve zvýšení obsahu chlorofylu a železa v rostlinách (Fernández et Ebert, 2005).

### 3.2.7.2 Mangan

Vysoké nároky na mangan mají oves, špenát a rýže (Vaněk et al., 2016), obecně deficitem manganu často rostliny trpí na alkalických a neutrálních půdách. Protože je mangan málo pohyblivý ve floému a je obtížně remobilizován, je potřeba aplikaci manganu během vegetace několikrát opakovat (Balík et al., 2006). V případě akutního nedostatku je možné provést postřik porostu 0,2% roztokem síranu manganatého nebo využít speciální hnojiva určená pro mimokořenovou aplikaci, jako je Vegaflor, Harmavit aj. (Vaněk et al., 2016).

### 3.2.7.3 Bór

V rostlinách se bor účastní procesu růstu a diferenciaci buněk, metabolismu buněčné stěny a syntézy nukleových kyselin. Jeho přítomnost je úzce spojena s přeměnou dusíku, konkrétně s mechanismem jeho poutání (Prošba-Białczyk et al., 2016). Obecně vysoké nároky na bór mají dvouděložné rostliny. Největší potřebu bóru má mák, vysoké požadavky má i celer, řepa, salát (Vaněk et al., 2016) nebo květák, u něhož se nedostatek bóru projeví hnědnutím růžic a následnou hnilobou vnitřních pletiv košťálu (Hlušek et Lokáš, 2006), dostatek bóru je důležitý také pro dobrý růst a kvalitu kořenové zeleniny (Vaněk et al., 2016). Bór také podporuje opylení a plození u ovocných stromů, proto je jeho postřiku užíváno při nízké násadě květů či při poškození květů mrazem (Hlušek et al., 2002).

### 3.2.7.4 Měď

Měď je významná pro metabolismus rostlin, podílí se na fotosyntéze, metabolismu sacharidů, fixaci dusíku, metabolismu bílkovin a dalších pochodech v rostlinách (Demirevska-Kepova et al., 2004). Důležitá je také pro odolnost rostlin proti chorobám (Barbosa et al., 2013). Vysoké nároky na měď mají oves, ječmen, pšenice, středně náročné jsou žito, len, proso a jetel luční (Vaněk et al., 2016). Nedostatkem tohoto mikroelementu trpí více jarní obilniny než ozimé (Škopík et Bezděk, 1961). Pro odstranění nedostatku mědi lze použít roztok síranu měďnatého o koncentraci 0,1 % (Vaněk et al., 2016).

### 3.2.7.5 Zinek

Zinek hraje významnou úlohu při tvorbě a aktivaci enzymů, dále ovlivňuje proteosyntézu, integritu membrán a metabolismus uhlovodíků (Zukalová et al., 2009). Zinek podporuje tvorbu chlorofylu a biologicky aktivních látek, zlepšuje dietetickou hodnotu

rostlinných produktů a zvyšuje výnos a kvalitu produkce. Jeho nedostatek způsobuje odumírání vzrostných vrcholů (Molnárová et Pačuta, 2013). Mezi rostliny často trpící nedostatkem zinku patří kukuřice, chmel, vinná réva, ovocné stromy a fazole, méně choulostivé jsou pak brambory, cukrovka, jeteloviny, rajčata a cibule (Vaněk et al., 2016).

#### 3.2.7.6 Molybden

Vysoké nároky na molybden mají brukvovité rostliny, zejména květák, brokolice a kapusta (Vaněk et al., 2016). Molybden tvoří součást enzymů, které se podílejí na oxidačně – redukčních reakcích v metabolismu rostlin (Zukalová et al., 2009). Dostupnost molybdenu pro příjem rostlinami je silně závislá na pH půdy, koncentraci adsorpčních oxidů (např. oxidů železa), vlhkosti půdy a obsahu organických sloučenin v půdních koloidech. Listová aplikace může účinně doplnit nedostatky molybdenu v rostlinách a podpořit aktivitu molybdo-enzymů (Škarpa et al., 2013) a provádíme ji nejčastěji ve formě molybdenu sodného při zjevných příznacích nedostatku molybdenu na stanovištích, kde je úprava půdních podmínek obtížná a nežádoucí, a to v koncentraci asi 0,1 %. Postřiky je nutné opakovat kvůli nízké pohyblivosti molybdenu v rostlinách. U bobovitých rostlin s nedostatkem molybdenu se po postřiku zvýšila fixace vzdušného dusíku a obsah dusíkatých látek v produkci (Vaněk et al., 2016). Molybden hraje také významnou úlohu u zelenin, kdy nedostatek tohoto mikroprvku může způsobit až úplné vyslepnutí růžice (Hlušek et al., 2002).

### 3.3 Použití mimokořenové výživy u polních plodin

Mimokořenová výživa musí být chápána jako součást celého systému hnojení. Můžeme jí řešit velmi rychle nedostatky ve výživě rostlin, zvláště na chudších stanovištích a za podmínek, kdy je příjem z půdy omezen (sucho, vysoké pH ovlivňující příjem Fe, Mn a dalších mikroelementů) (Vaněk et al., 2006). Listová hnojiva slouží nejen k cílenému řízení růstu a vývoje polních plodin, ale také k vytváření podmínek pro vyšší odolnost rostlin vůči stresovým faktorům (Urban et Pulkrábek, 2018). Větší uplatnění nalézá mimokořenová výživa u trvalých kultur, ve sklenících a foliovnících a při řešení výživy mikroelementy, kdy je postřikem docíleno větší přesnosti aplikace (Vaněk et al., 2006). Vyšší efektivnosti listové výživy je dosahováno u plodin s většími listy, neboť se na nich zachytí více aplikovaného roztoku a jsou lepší předpoklady průniku kutikulou a příjmu do vnitřního prostoru buněk (Urban et Pulkrábek, 2018). Vhodná doba pro aplikaci je vždy před maximem další růstové

a vývojové fáze (odnožování, sloupkování, kvetení) (Škopík et Bezděk, 1961). V raných fázích růstu by mohla foliární aplikace zvýšit zásoby P a K v době, kdy kořenový systém není ještě plně vyvinutý. Příjem živin u mladých listů je intenzivnější než u starších, proto lze mimokořenovou výživu užívat i v raných fázích vývoje (Wittwer et Teubner, 1959). Mimokořenová výživa je vhodným doplňkem výživy i u semenářských porostů, zejména pokud se jedná o komplexy živin s obsahem stopových prvků, případně i morforegulatorů. Při opakování foliární aplikace je dosahováno výborné kvality semen a zásobních orgánů, především při pozdějším přihnojení dusíkem, fosforem či mikroelementy (Houba et al., 2002).

### 3.3.1 Obilniny

Hnojení může výrazným způsobem ovlivnit výnos a kvalitu, především aplikace dusíku rozhoduje i o kvalitě zrna (Hřivna et al., 2014). Aplikace hnojiv s obsahem dusíku může v nevhodném termínu ovlivnit autoregulační schopnost rostlin, což může u obilnin znamenat držení méně produktivních odnoží, které mají nepříznivý vliv na kvalitu zrna (Růžek et al., 2006). Pokud je hnojení N vhodně doplněno i aplikací síry, roste obsah bílkovin v mouce a lepková bílkovina dosahuje vyšší kvality. Důležité je také rozložení dávek, významné může být přihnojení porostu po vymetání, kdy se k N a S hnojivům může přidat i fosfor. Pozdní aplikace přispívají k vyššímu obsahu živin, např. u síry se to může projevit vyšším objemem pečiva (Hřivna et al., 2014). Listová aplikace živin (především N, K) v podmínkách vodního stresu zrychluje růst a zvyšuje výšku rostlin pšenice a kukuřice, nikoliv však v podmínkách, kdy jsou rostliny dobře zásobeny vodou. Cílem mimokořenové aplikace je prodloužit období, po které jsou živiny přijímány kořeny a metabolizovány v rostlinách a také zlepšit využití živin z půdy (Růžek et al., 2006).

Efekt foliární aplikace dusíku a fosforu se může u pšenice projevit hlavně v počtu a produktivitě klasů odnoží. V některých případech může aplikace listových hnojiv dusíku zvýšit obsah dusíkatých látek a obsah lepku, v nárůstu výnosu však nedochází (Růžek et al., 2006). Četné studie ukazují, že aplikace mikroprvků (bor, zinek, železo) na porost pšenice jarní zvyšuje obsah těchto živin v rostlinách, ale hlavně v zrnu (zvýšení obsahu bílkovin, tuku,..) a dochází také ke zvýšení výnosu (Wróbel, 2009, Ali et al., 2013, Gomaa et al., 2015, Zeidan et al., 2010). Mimokořenová výživa ječmene jarního NPK v suchém roce musí být provedena včas, neboť jak se ukázalo v suchých pokusných letech 1953 a 1957, pokud je zásah proveden

ve fázi kvetení, může sice dojít ke zvýšení podílu větších zrn, ale výnos zrna se podstatně nezvyšuje (Škopík et Bezděk, 1961).

### **3.3.2 Olejníny**

#### **3.3.2.1 Řepka**

Řepka je plodina s vysokými nároky na živiny. Pokud je hnojena, reaguje výrazným zvýšením výnosu jak při hnojení půdy, tak při aplikacích na list, což platí nejen pro dusík, draslík a hořčík, ale i pro další živiny, jako je síra a bór. Největší potřeba živin je v období intenzivního růstu 3 - 4 týdny před květem a následně v období tvorby semen. Vyvážená výživa ovlivňuje také zimovzdornost řepky, především dodávkou hořčíku. Listová hnojiva (močovina, monohydrát síranu hořečnatého, chelát niklu) přispěly k mrazuvzdornosti řepky, ale na chemické složení semen byl jejich vliv nepatrný. Komplexní hnojení může v nadbytečné míře vést až k přerůstání rostlin (Kwiatkowski, 2012). Řepka se vyznačuje zvýšenými nároky na bór, při jehož nedostatečném množství v půdě je vhodné provést listovou aplikaci. Část orných půd je charakteristická malou zásobou přijatelného hořčíku, proto je vhodné u řepky použít i mimokořenovou výživu hořčíkem. Jedná se pouze o náhradní řešení, nejjednodušší způsob je kombinace hořké soli s močovinou nebo DAM. Mimokořenová výživa se používá i u makroprvků, pokud není možné dostatečné vyhnojení půd pro potřeby řepky (Vaněk et al., 2016).

#### **3.3.2.2 Mák**

Mák má vysokou potřebu bóru související s tvorbou velkého množství meristematických pletiv (buněk mléčných žláz pro tvorbu mléčných šťáv – latexu), pro které je bór nezbytný. Bór aplikujeme před setím, jako preventivní opatření je však možné aplikovat okolo 100 g bóru na hektar ve formě boraxu či jiných sloučenin postřikem v kombinaci s jinými zásahy, a to ve fázi na počátku generativního vývinu (6. pravý list) na půdách s nižším obsahem bóru při nižším pH a sušším průběhu počasí (Vaněk et al., 2016).

### 3.3.2.3 Slunečnice

Při výživě slunečnice hrají významnou roli mikroelementy. Slunečnice je náročná zejména na bór, zinek a molybden, v případě konkrétních půdních podmínek i na další stopové prvky (Zukalová et al., 2009), železo a měď (Vaněk et al., 2016). Hnojení mikroprvky B, Zn, Mo významně zasahuje do fyziologie celé rostliny, což může mít pozitivní vliv nejen na výnos (nárůst 12-18 %), ale i na olejnatost (nárůst 6-7 %). Zvýšení obsahu mikroprvků v rostlině se kladně projeví i na příjmu makroelementů (hlavně N a P). V pokusech byla provedena aplikace mikroelementů (bór ve formě boretanolaminu, zinek ve formě oxidu a síranu zinečnatého a molybden ve formě molybdenu sodného) ve fázi BBCH 19 a BBCH 30, kdy jako ekonomicky lepší varianta se ukázala aplikace ve fázi BBCH 19, neboť se účinek mikroprvků projevil neefektivněji, bór v dávce 300 g B/ha na výnosu a olejnatosti. Aplikace molybdenu ovlivnila příznivě výnos, zinek naopak olejnatost (Zukalová et al., 2009).

### 3.3.3 Luskoviny

Luskoviny jsou citlivé na nedostatek mikroelementů (Hlušek et Lokáš, 2006), trpět mohou především nedostatkem mědi, jsou citlivé na nedostatek zinku (u fazolu může docházet k opadávání květů a lusky zůstávají drobné), nesmí se zapomínat na bór a především na molybden, který ovlivňuje fixaci vzdušného dusíku (Hlušek et al., 2002). Foliární aplikace molybdenu u fazolí zvýšila aktivitu enzymu nitrogenázy, který hraje významnou roli při fixaci vzdušného dusíku, a prodloužila období aktivity enzymu nitroreduktázy, což vede ke zvýšení celkového obsahu dusíku v rostlinách (Hlušek et Lokáš, 2006). Případné vážnější nedostatky lze odstranit listovou výživou, otázkou však je ekonomika aplikace (Hlušek et al., 2002). Mímokořenová aplikace močoviny zvyšuje aplikaci vzdušného N<sub>2</sub>, což lze vysvětlit zvýšením transportu asimilátů do kořenů a lepším přísunem energeticky bohatých látek i do hlízek, který je později omezen. Toto omezení aplikace močoviny zmírní a fixace je tak prodloužena (Vaněk et al., 2006). Listové hnojení sóji dusíkem, fosforem, draslíkem a sírou během tvorby semen pozitivně ovlivňuje výnos. Aplikace na list mohou být využity pro zabránění vyčerpání těchto živin v listech, což vede ke snížení fotosyntetické aktivity během období dozrávání kvůli špatnému příjmu živin z půdy a transportu těchto prvků z listů do vyvíjejících se semen. Při experimentech s roztoky N, P, K, S došlo ke zvýšení výnosu díky nárůstu počtu sklizených semen, nikoliv velikostí. Jako optimální se jevil poměr N : P : K : S v roztoku 10 : 1 : 3 : 0,5 při dávce 80 + 8 + 2 4 + 4 kg / ha (Garcia et Hanway, 1976). Aplikace Mo zvýšil výnos semen

a obsah bílkovin a metioninu, stejně jako obsah a příjem P, Mg a Ca. Aplikace síry měla pozitivní vliv na výnos a obsah bílkovin, síra zlepšila biologickou hodnotu bílkovin zvýšením obsahu methioninu, cysteinu a některých makroelementů. Nejvíce příznivé účinky byly získány při použití molybdenu a síry při hnojení (Głowacka et al., 2019). Foliární aplikace 200 mM MgSO<sub>4</sub> významně zvyšuje výnos fazole pěstované v podmínkách s menší zásobou hořčíku v půdě, účinek je možné přisoudit zvýšení koncentrace chlorofylu v listech. Nejvíce hnojení ovlivňuje počet lusků na rostlinu, pravděpodobně kvůli vyšší koncentraci chlorofylu, která umožňuje vyšší rychlost fotosyntézy a tím i větší intenzitu asimilace (Neuhaus et al., 2014).

### 3.3.4 Okopaniny

#### 3.3.4.1 Cukrová řepa

Cukrová řepa jako rostlina s mohutným listovým aparátem je předurčena jako velmi vhodná k listové výživě. S využitím listových hnojiv lze začít od 4. pravého listu, do této fáze je půda nedostatečně zakrytá listovým aparátem. Časné aplikace ve fázi 4 – 6 pravých listů pozitivně přispívají k optimálnímu řízení růstu a vývoje rostlin řepy a napomáhají také k vyšší odolnosti vůči stresovým faktorům, jako je například sucho a herbicidy či při urychlení regenerace. Hnojiva jsou u cukrovky aplikována především při prokázání nedostatku konkrétní živiny. Při aplikacích po 15. červnu je vhodné vybírat hnojiva s menším obsahem dusíku s ohledem na možné snížení cukernatosti (pokud není patrný nedostatek dusíku). Většinu hnojiv lze bez problému kombinovat s pesticidy a regulátory růstu (Urban et Pulkrábek, 2018). Ve výživě cukrové řepy je velmi důležitým prvkem bor, četné studie ukazují pozitivní vliv hnojení tímto prvkem na výnos bulev i výnos cukru (Armin et Asgharipour, 2012, Artyszak, 2014, Kristek et al., 2006). Vyšší zvýšení výnosu bulev i bílého cukru bývá na půdách s nižším obsahem boru. Bor ovlivňuje i technologickou jakost bulev. Dávka 2 kg B na hektar ovlivňuje cukernatost a výtěžnost cukru nezávisle na půdních podmínkách a obsahu boru v půdě (Prošba-Białczyk et al., 2016). Již v roce 1957 Baier uvádí, že je vhodné pro zvýšení cukernatosti o 1,2 – 2 % u cukrovky provést postřik pětiprocentním výluhem superfosfátu, ke kterému je vhodné přidat ještě draselnou sůl v koncentraci 0,6 %. Za optimální dobu pro aplikaci uvádí termín asi 14 – 21 dní před sklizní. U cukrové řepy se často používá foliární aplikace bóru (Kristek et al., 2006). V posledních letech se také ke zvýšení výnosu využívají i jiné prvky, jako je křemík a vápník. Křemík příznivě působí na absorpci fosforu, odolnost proti chorobám a škůdcům (Artyszak et al., 2015), zejména vůči houbovým onemocněním, čímž přispívá



ke zlepšení zdraví rostlin (Bowen et al., 1992, Raven, 2003, Henriot et al., 2006), dále ovlivňuje hospodaření s vodou, syntézu ligninu, pružnost buněčných stěn a listů, zvýšení obsahu chlorofylu a jiné (Artyszak et al., 2015). Postřik cukrovky draselnými hnojivy zvyšuje obsah disacharidů a prodlužuje životnost listů, což má za následek nahromadění většího množství organických látek v rostlině. Pokud je aplikován fosfor, dochází k posílení dýchacích pochodů a zvyšuje se obsah škrobu v řapících (Škopík et Bezděk, 1961). U cukrovky se mohou společně s listovou výživou aplikovat biologicky aktivní látky sloužící k regulaci růstu a podporu vývoje během vegetace, což vede ke zvýšení výnosu bulev za současného zvýšení cukernatosti. Doporučuje se také aplikace společně s herbicidním ošetřením, která má omezit nebo zabránit vzniku herbicidního stresu, další možností je letní aplikace společně s aplikací fungicidu (Urban et Pulkrábek, 2018). Aplikace síranu hořečnatého zvýšila u cukrovky koncentraci sacharózy, hlavně v půdách vykazujících mírnou zásobu hořčíku a také kvalitu bulev snížením obsahu aminodusíku (Kristek et al., 2000).

#### 3.3.4.2 Brambory

U brambor je optimální doba pro listovou aplikaci v období od tvorby pupat do kvetení, hnojiva se aplikují podle doporučení na začátku tvorby pupat, na začátku květu a v plném kvetení porostu. Intenzivní příjem živin u brambor totiž nastává v období po vytvoření asi 7 listů a intenzivní tvorby kořenového systému a trvá až do fáze květu, hlízy se na odběru začínají podílet na začátku květu a intenzita je nejvyšší po ukončení kvetení, pak dochází k poklesu příjmu (Čepl et Kasal, 2006). Přihnojení brambor dusíkem realizujeme, pokud obsah tohoto prvku v listech klesne pod 4,5 %, klesá-li podíl fosforu a dusíku (hodnota N/P  $\geq$  1,0), používáme i fosforečné hnojivo. U hořčíku se mezní hodnota pro hnojení porostu pohybuje okolo 0,3 %. Použit lze roztok granulované močoviny (až 9% roztok, lze kombinovat i s postřikem proti plísni bramborové) a hořké soli (až 5% roztok), nebo jiná hnojiva obsahující tyto prvky (Vokál et al., 2013). V pokusech však použití samotné močoviny či v kombinaci s hořkou solí přineslo jen nepatrné zvýšení výnosu (max. 2 %) oproti neošetřené kontrole (Čepl et Kasal, 2006). U brambor často při přehnojení dusíkem dochází k přerůstání asimilačních orgánů a prodlužuje se vegetační doba. Takové porosty trpí nedostatkem hořčíku, který je důležitý pro tvorbu glycidů. Při postřiku 1% roztoku síranu hořečnatého lze dosáhnout snížení váhy natě a zvýšení výnosu hlíz. Postřik je vhodné provést při intenzivním růstu vegetativních orgánů, aby se zabránilo využití asimilátů na růst natě a docílilo se jejich ukládání do hlíz (Škopík et Bezděk, 1961). Mikroelementy běžně aplikujeme v období od tvorby pupat až do květu, s úspěchem

lze použít hnojiva řady Campofort s podílem konkrétní živiny, která je v deficitu (Vokál et al., 2013). Hnojiva Campofort v pokusech dosahovala velmi dobrých výsledků, a to zvýšení výnosu až o 11 % oproti neošetřené kontrole (Čepl et Kasal, 2006). Foliární aplikace je také jednou z možností, jak zvýšit obsah selenu v hlízách (deficit selenu může zvyšovat riziko kardiovaskulárních chorob, dále ovlivňuje činnost jater, imunitu atd.) a tím zvýšit spotřebitelskou jakost (Hlušek et Lokáš, 2006).

### **3.3.5 Pícniny**

#### **3.3.5.1 Kukuřice**

Kukuřice je charakteristická výrazným nárůstem příjmu živin v období 6 až 8 pravých listů, velmi intenzivní odběr probíhá v krátkém období po odkvětu, kdy rostlina přijme až 75 % živin. V tomto období je tedy nutno dodat kukuřici chybějící živiny, často může však dojít k nepříznivým podmínkám příjmu z půdy. V tomto případě je vhodné použít foliární aplikaci (Štípek et al., 2006). Při aplikaci hnojivých roztoků na list kukuřice musí být dosaženo co nejjemnějšího rozptýlení, jinak při vytvoření kapek dochází k popálení listů. Z dusíkatých hnojiv listy nejméně poškozuje močovina, menší popáleniny způsobuje roztok dusičnanu amonného oproti síranu amonnému. Aplikace dusíku na list podporuje syntézu bílkovin v listech (Škopík et Bezděk, 1961). Listová výživa makrobiogenními prvky je pouze doplňkovým opatřením a používá se, pokud není obsah dusíku a fosforu v hlubokém nedostatku (Zimolka et al., 2008). Aplikace N, P, K a S na listy ve stádiích čtyř a pěti listů významně zvýšila obsah N a P v rostlinách kukuřice a vedla ke zvýšení výnosu zrna (Giskin et Efron, 1986). Kukuřice se vyznačuje vysokým odběrem hlavních živin, je však náročná i na řadu mikroprvků, mimo jiné na zinek (Štípek et al., 2006), který je kromě možného dodání do půdy vhodné vzhledem k možným interakcím v půdě dodávat mimokořenovou aplikací, a to při výšce porostu 40 – 60 cm. Optimální hodnoty zinku v rostlinách by se měly pohybovat mezi 30 – 70 mg/kg sušiny. Bór (jehož nedostatek redukuje růst kořenů) je vhodné aplikovat v dávce 280 g/ha ve fázi, kdy se objevují palice, při velmi nízkém obsahu lze volit dávku až 420 g/ha. Mimokořenová výživa v kukuřici se dále používá při deficitu manganu, mědi a železa, u kterého je potřeba ošetření 2 – 3 x opakovat (zvláště za suchého počasí) (Zimolka et al., 2008). Aplikace křemíku přináší plodinám řadu výhod, mimo jiné zvýšenou fotosyntetickou účinnost a křemík také vytváří mechanickou bariéru proti napadení rostliny bakteriemi, houbami a také škůdci (Freitas et al., 2011).

### 3.3.5.2 Jeteloviny

Jeteloviny potřebují pro zajištění dostatečné fixace větší množství mikroelementů, zvláště molybden a bór. Zvýšený požadavek na bór mají semenné porosty, podle potřeby je vhodné je přihnojit zvláště na lehčích půdách boraxem ve formě postřiku v dávce 5 kg/ha (Vaněk et al., 2016). Mimokořenová aplikace bóru do jetele červeného ve fázi kvetení zvyšuje obsah cukrů v rostlinách, zvyšuje fotosyntetickou aktivitu, odtok cukrů z listů a jejich transport do generativních orgánů. Dochází také ke zvýšení výnosů, v pokusech až o 60 %. Při aplikaci draselných a fosforečných hnojiv se zvyšuje odolnost k nízkým teplotám. Postřik boraxem se dobře uplatnil i u postřiku semenných porostů vojtěšky (Škopík et Bezděk, 1961).

### 3.3.5.3 Trávy

Přihnojení trav je nejlepší provádět v období před metáním. Při aplikaci dusíku je oddáleno stárnutí porostu a zlepšuje bilanci dusíkatých látek v rostlinách. Vyrovnaný je vývoj generativních i vegetativních orgánů. Při hnojení pastevních porostů roztokem močoviny nebyly zaznamenány větší rozdíly od použití krystalické močoviny na list (Škopík et Bezděk, 1961).

## 3.4 Míchání hnojiv

Pro překonání kutikuly je nutné k hnojivým přípravkům přidávat smáčedlo, po jehož kontaktu s listem se kutikula rozestoupí, živiny vstupují do tzv. volného prostoru buněčné stěny a mezibuněčných prostor. Další výhodou je lepší ulpívání roztoku na listu, neboť kapka se dotýká větší plochou (Hlušek et al., 2002, Schönherr, 2000). Při míchání NP roztoků s hnojivem DAM 390 je nutné dodržovat zásadu přidávání DAM do roztoku NP a nikdy ne obráceně, protože by došlo ke srážení. Ke vzniku sráženiny by došlo rovněž při smíchání NP roztoků s MgN solí. Naopak zvýšení účinnosti se dosáhne při míchání hořečnatých hnojiv s hnojivem DAM 390. Míchání by se mělo provádět bezprostředně před aplikací a je třeba se řídit pokyny výrobce (Richter et Hlušek, 1996). Při použití lihovarských výpalků místo vody v roztoku močoviny dochází k delšímu ulpívání kapaliny na listech, nedochází ke smyvu hnojiva po mírných srážkách ani ke krystalizaci močoviny. Nevýhoda spočívá v menší pokryvnosti listů, příjem živin je pozvolnější a může docházet k nekrotám listů (Růžek et al., 2006). Při použití tank-mix přípravků na ochranu rostlin je nutné volit trysky určené na tyto látky.

Určující je v tomto případě aplikace pesticidu, nikoliv hnojiva (Trčková et al., 2009). Mimokořenovou výživu lze také kombinovat s přípravky na ochranu proti mandelince bramborové a plísní bramboru (Škopík et Bezděk, 1961), kdy se do prvních postřiků proti plísní přidává močovina až do 10% koncentrace (Vaněk et al., 2016). V kukuřici lze kombinovat aplikaci bóru s insekticidním ošetřením či s kapalným dusíkatým hnojivem (Zimolka et al., 2008). U řepky lze ve fázi prodlužování spojit aplikaci DAM společně s listovými hnojivy obsahující hořčík či bór (Vaněk et al., 2016).

### **3.5 Kombinace listových hnojiv s biologicky aktivními látkami**

Jednou z výhod listové aplikace hnojiv je možnost kombinace s ostatními přípravky na ochranu rostlin, případně s různými stimulatory růstu a bioaktivatory, které zajišťují zvýšení efektivity foliární výživy a pomáhají rostlinám překonávat období stresu. Jedná se především o látky inhibující biosyntézu giberelinů, které způsobují redukci prodlužovacího růstu (Štípek et al., 2006). Biologicky aktivní látky mohou obsahovat malé množství živin, ale především látky ovlivňující růst a vývoj nadzemních a podzemních částí rostlin. Úkolem látek či mikroorganismů obsažených v těchto přípravcích je stimulovat přirozené procesy rostliny s cílem zvýšit příjem a účinnost živin, toleranci vůči abiotickému stresu a ovlivnit příznivě kvalitu produkce. Tyto látky kontrolují dělení buněk, ovlivňují základní životní procesy (dýchání, fotosyntézu, kořenovou výživu, růst,...) a regulují fyziologickou a morfológickou korelaci orgánů a tkání rostlin (Urban et Pulkrábek, 2018). Hlavním cílem těchto přípravků je podpora metabolických funkcí, podpora adaptace na abiotické a biotické stresy, zvýšení regeneračních schopností po následném působení stresových faktorů a podpora příjmu živin z půdy (Procházka et al., 2017). Některé listové přípravky obsahující biostimulatory ve formě aminokyselin či výtažků z mořských řas jsou schopny eliminovat vliv některých faktorů, jako je sucho, teplo a další možné povětrnostní vlivy vedoucí ke snížení výnosu. Biologicky aktivní látky můžeme rozdělit na látky nefytohormonální povahy (např. sodné soli nitrofenolů, deriváty kyseliny benzoové, huminové látky, hydrolyzáty bílkovin – aminokyseliny, extrakty z mořských řas aj.) a fytohormonální povahy (k základním rostlinným hormonům se řadí auxiny, gibereliny, cytokininy, kyselina abscisová, etylen, brassinosteroidy a jasmonáty). V praxi jsou velice často tyto látky aplikovány společně s listovou výživou, kdy se jejich stimulační efekt ještě zvyšuje (Urban et Pulkrábek, 2018).

Kromě listové výživy hrají významnou roli i stimulatory růstu, které mají zabezpečit vyrovnání odnoží, odstranění neproduktivních odnoží, zvýšení odolnosti proti poléhání,

zvýšení výnosu a kvality produkce (Molnárová et Pačuta, 2013). Podporují také tvorbu kořenové soustavy, urychlují příjem a rozvod živin a také tvorbu a ukládání asimilátů (Štípek et al., 2006). Přípravky obsahující biologicky aktivní látky se používají na stimulaci metabolických funkcí rostlin, zlepšení adaptace rostlin na sucho, biotický a abiotický stres, zlepšuje se regenerace rostlin po působení stresových faktorů a potenciálně podporují příjem živin rostlinou z půdy. Mohou také obsahovat makro a i mikroelementy. Za biologicky aktivní látky můžeme považovat mnoho látek přírodního nebo syntetického původu, např. rostlinné hormony, aromatické nitrosloučeniny, močovinu, kyselinu salycilovou, huminové látky apod. (Pačuta et al., 2013).

Z dvouletých pokusů hodnocení listové výživy a stimulatorů růstu na výnos a kvalitu zrna sladovnického ječmene vyplývá, že jejich účinek je do značné míry ovlivněn ročníkem a odrůdou. Ošetření porostu mělo vliv i na sladovnickou kvalitu v závislosti na odrůdě. Příznivých výsledků (zvýšení výnosu a optimální hodnoty hrubého proteinu) bylo dosaženo při hnojení dusíkem v dávce 80 kg/ha v kombinaci s listovým hnojivem Zincuran SC, obsahující zinek, který je v našich půdách často v deficitu a stimulatorem růstu Sunagreen (Molnárová et Pačuta, 2013).

Kyselina abscisová (ABA) se uplatňuje v regulaci růstu a vývoje rostlin - funguje jako hlavní „stresový“ hormon při obraně rostliny na působení abiotického stresu. Při nedostatku vody v buňkách stoupá biosyntéza ABA v kořenech, zvyšuje se její transport xylémem do celé rostliny, což má vliv na regulaci vodního režimu změnou vodivosti průduchů. Uzavřením průduchů dochází ke snížení transpirace, které vede ke snížení výdeje vody (Melišová et al., 2010).

Cytokininy ovlivňují růst a vývoj rostlin, celkový habitus rostliny, stimulují vývoj axilárních pupenů a také působí proti apikální dominanci, dále prodlužují období fotosyntetické produktivity rostlin, čímž zvyšují produkci biomasy. Aplikací cytokininů v raných fázích růstu u obilnin lze dosáhnout vyšší intenzity odnožování a aplikací v době kvetení zvýšit počet zrn v klase. Aplikovat lze pomocí foliární zálivky v kombinaci s listovými hnojivy (Koprna et al., 2012).

V letech 2011 a 2012 byl testován účinek cytokininových derivátů na bázi 6-aminopurinu pro použití v jarním ječmeni v různých kombinacích (samotný derivát, kombinace s listovým hnojivem) a termínech ošetření, sledován byl výnos zrna, počet jednotlivých typů odnoží a další parametry. V pokusech byl prokázán (navzdory některým

nejednoznačným výsledkům sklizně ovlivněnými nedostatkem srážek v roce 2012) vliv cytokininových derivátů na habitus rostlin (zejména odnože) a potvrzena možnost zvýšení výnosu po aplikaci těchto derivátů samostatně, nebo s listovými hnojivy. Příkladem je pozitivní vliv cytokininů a listového hnojiva (speciálně vyvinutého s obsahem N, P, K, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mg a S) aplikovaného v termínu DC 13-21 na výnos ve všech letech testování (Koprna et al., 2012).

### 3.6 Přednosti mimokořenové výživy

V současné době lze listovou výživu považovat za běžnou součást používaných technologií pěstování polních plodin. Listová výživa může překrýt krátkodobý nedostatek živin způsobený hlavně nepříznivými podmínkami pro příjem z půdy. Na počátku vegetace to bývá období s příliš nízkou teplotou půdy, kdy efektivnost případného použití listové výživy je limitována stupněm vývoje listové plochy. Později se často jedná o přechodná období s nedostatkem srážek, která bývají provázena relativně vysokými teplotami. Za normálních povětrnostních podmínek bývají do značné míry již vyčerpány dostupné zásoby vody a živin v půdě. V pozdních fázích vegetace současně se snížením příjmu minerálního N klesá i schopnost listů redukovat nitráty. V této době listové aplikace živin a prostředků na ochranu rostlin představují jediný, ale dostatečně účinný nástroj k ovlivnění výše výnosu a jeho kvality. Prodloužením životnosti listové plochy a fotosyntetické aktivity použitím vhodných fungicidů se zvýší HTS, ale může dojít ke snížení obsahu dusíkatých látek v zrně. Pro jeho udržení nebo zvýšení je nezbytná současná listová aplikace močoviny (Trčková et al., 2009).

Jak uvádí Vaněk a kol. (2016), mimokořenová výživa nemůže plně nahradit výživu kořenovou, je nutné ji chápat jako speciální opatření:

- při nepříznivých podmínkách pro kořenový příjem živin při nepříznivých půdních podmínkách jako je nedostatek vláhy, nevhodné pH, silná sorpce apod.;
- při poškození kořenů a pro překonání kritických období růstu, regenerace porostů poškozených abiotickým nebo biotickým stresem;
- doplněk výživy hlavně u širokolistých rostlin a u speciálních kultur, především při řešení výživy mikroelementy, kdy je při aplikaci postřikem zajištěno přesnější dávkování a rovnoměrnější aplikace;

- opatření pro zlepšení obsahu žádoucích prvků a látek v rostlinách, např. k dodání dusíku v pozdních fázích vegetace ke zvýšení kvality sklizené produkce (např. pekařské jakosti zrna potravinářské pšenice);
- odstranění deficitu některé živiny při projevech nedostatku;
- větší využití výnosového potenciálu a omezení negativního vlivu stresových faktorů.

Bizík a kol. (1998) uvádí ještě další případy použití:

- při regeneraci rostlin jednostranně přehnojených některým z makroprvků či po silném vápnění;
- při nedostatečném provzdušnění půdy, kdy je inhibována činnost mikroorganismů a živiny se neuvolňují z půdní zásoby;
- při podpoře regenerace rostlin po jarních mrazech;
- při podpoře regenerace ovocných stromů, vinné révy a bobulovin po zimních mrazech.

Předností listové výživy je možnost dodat potřebné živiny ve vhodné formě a v optimální fázi vývoje přímo na místo spotřeby (Trčková et al., 2009), možné je sloučení operací, kdy při jednom přejezdu provedeme aplikaci hnojiv (Škopík et Bezděk, 1961), zvláště dusíkatých (Čermák, 2006) společně s aplikací pesticidů, především herbicidů a fungicidů (Škopík et Bezděk, 1961), a regulátorů růstu. Další výhodou je vyloučení nežádoucích chemických vazeb v roztoku, které by při aplikaci živin do půdy mohly ovlivnit jejich přijatelnost, a tím i účinnost dodaných živin (Čermák, 2006).

Hnojiva používaná v dnešní době obsahují speciální aditiva zlepšující výrazně přilnavost postřikové jichy k povrchu listů. Současně je tím dosaženo i větší rovnoměrnosti pokrytí listové plochy. Postřiková vrstvička je chráněna proti nadměrně rychlému odpaření a také proti smyvu deštěm. Po zaschnutí postřiku jsou živiny díky účinku aditiv čerpány z tenké vrstvičky filmu, čímž je prodloužena doba, po kterou jsou živiny pro rostliny přístupné, což vede k vyšší efektivitě využití mimokořenových hnojiv (Čermák, 2006).

Mimokořenová výživa je vhodný prostředek v případě, že potřebujeme upravit výživný stav rostlin bez nutnosti dodávat živiny do půdy. Je potřeba ji chápat jako doplňkovou, umožňující operativní korekci výživného stavu na základě vizuálních příznaků a zvláště na základě chemických rozborů rostlin. Výhodné je její použití u mikroprvků z důvodu malého množství dodaných živin. Účinnost je závislá na dávce a koncentraci roztoku, která se u makroprvků doporučuje okolo 2 %, u mikroprvků v rozmezí od 0,1 do 0,5 %. Při vyšších koncentracích by mohlo dojít k popálení listů (Hlušek et Lokáš, 2006).

### 3.7 Nedostatky

Často jsou uváděny přednosti mimokořenové výživy, aniž by se braly v potaz podmínky, za kterých jsou předpoklady dobré účinnosti a kdy je mimokořenová výživa účelná, protože v mnoha případech je používána jako „pojistka“ případného nedostatku, aniž jsou k dispozici rozbory rostlin. Aplikace hnojiv by neměla probíhat paušálně (Vaněk et al., 2006).

Poškození rostlin při foliární aplikaci je vážným problémem, z větší části je způsobeno nevyváženým poměrem živin v místě vstupu do listu (Balík et al., 2006) a při použití nepřiměřené koncentrace aplikovaných hnojiv (Vaněk et al., 2006). Nekrózy na špičkách listů po aplikaci roztoku močoviny jsou způsobeny přímo močovinou. Rostliny s vyšším obsahem niklu v pletivech mají větší aktivitu enzymu ureázy a vykazují tedy menší sklony v tvorbě nekrotických po aplikaci močoviny. Větší ztráty amoniaku z roztoku močoviny aplikovaného na list jsou většinou po aplikaci na vlhký list a pak následuje suchá perioda. Obecně platí, že náchylnost k poškození je menší, je-li pH roztoku nižší (Balík et al., 2006).

Významnou nevýhodou mimokořenové výživy je dodávka pouze omezeného množství živin (Trčková et al., 2009). Při aplikaci dusíku na list se udává jeho využití okolo 70 – 80 %, tedy zhruba dvojnásobek oproti aplikaci do půdy. Je však nutné si uvědomit, že jen část aplikovaného roztoku ulpí na povrchu rostlin, závisí to na celkové ploše povrchu rostlin. Z toho plyne fakt, že u mladších rostlin, zvláště s úzkými listy, je množství zachycené látky na povrchu rostlin nízké, pohybuje se jen v hodnotách několika desítek procent. Jestliže se využití dusíku pohybuje kolem 80 %, ale na povrchu rostlin ulpělo pouze 50 %, tak je skutečné množství využitého dusíku jen 40 % aplikované dávky. Pokud uvážíme, že při mimokořenové výživě se používají nízké koncentrace roztoků, při jedné aplikaci je dodáno poměrně malé množství živin. Většinou se aplikace musí opakovat, zvláště pokud aplikujeme mikroprvky, které jsou málo pohyblivé v rostlinách (Vaněk et al., 2006). Aplikace hnojiv s obsahem dusíku může v nevhodném termínu ovlivnit autoregulační schopnost rostlin, což může mít u obilnin za následek držení méně produktivních odnoží, které se nepříznivě podepíší na kvalitě zrna (Růžek et al., 2006).

Účinnost je také závislá na počasí během aplikace, a hlavně po aplikaci. Déšť následující po postřiku živiny rychle smyje, za slunečného počasí naopak dochází ke zkoncentrování roztoku a důsledkem může být i popálení listů. V pokusech byl roztok močoviny, superfosfátu a draselné soli aplikován na porost ječmene. Povrchem listů bylo z množství živin přijato



průměrně 14 % živin s kolísáním hodnot od 2 % do 35 % v závislosti na době postřiku, koncentraci apod. (Procházka et al., 1998).

### 3.8 Technické požadavky na aplikaci listových hnojiv

Ve velkovýrobních podmínkách by mělo být při aplikaci hnojiv dosaženo co nejjemnějšího rozptýlení roztoku, pokrytí co největší plochy rostlin, a aby se hnojivo na povrchu rostliny udrželo co nejdéle v kapalném stavu (Vaněk et al., 2006). Pro listovou výživu se používají shodné mechanizační prostředky jako pro aplikaci přípravků na ochranu rostlin (Trčková et al., 2009).



*Obrázek č 1: Postřikovač jako běžný prostředek využívaný k mimokořenové aplikaci živin*

Účinnost mimokořenové výživy je do značné míry ovlivněna koncentrací a dávkou roztoku. Dávka nesmí být příliš vysoká, aby nedocházelo k popálení listů. U hlavních biogenních prvků se obvykle doporučují 2 - 5% roztoky, u stopových prvků je optimální koncentrace od 0,1 do 0,5 %. Roztok by se měl v ideálním případě blížit neutrálnímu pH. Významný vliv mají i faktory vnějšího prostředí, jako je vzdušná vlhkost, teplota a intenzita slunečního záření. Po odpaření vody z aplikovaného roztoku při vyšší teplotě je příjem iontů omezen a může dojít i k popálení listů (Trčková et al., 2009).

Pro optimální aplikaci je důležitý výběr trysek. Trysky se podle energetického způsobu rozptylu dělí na trysky hydraulické, rotační a pneumatické, z čehož posledně dvě jmenované se v praxi příliš nevyužívají. Trysky hydraulické se dále dělí na trysky štěrbinové, kuželové, vířivé, nárazové a víceotvorové. Pro aplikaci listových hnojiv se používají trysky nárazové a hlavně víceotvorové (Kovaříček, 1997). Víceotvorové trysky obsahují komůrku, kde se snižuje tlak kapaliny a dochází ke kroupení ošetřované plochy. Trysky se vyrábějí s 3 až 8 otvory a mohou vytvářet kapky o velikosti 1-3 mm (Trčková et al., 2009). Vytvořené kapky ulpívají na listech a nestékají na půdu. U štěrbinových trysek hrozí nebezpečí popálení. (Kovaříček, 1997).

### **3.9 Moderní metody diagnostiky výživného stavu**

Jedním z hlavních cílů přesného zemědělství je aplikace hnojiva specifická pro každé místo. Dodání optimálního množství hnojiva pro každou část daného pole má za následek zvýšení potenciálu dané plodiny v rámci celého pole, zvýšení účinnosti hnojiva, snížení posklizňového zbytkového dusíku, vyšší homogenita kvality (Anonym 8, 2019). Nutriční stav dané rostliny je rozhodující pro načasování aplikace a množství hnojiva. Požadavky na dusík nejsou nikdy stálé a mohou se z roku na rok a pro určité pole výrazně lišit. Rozdělením hnojení dusíkem do více aplikací je možné optimalizovat množství dusíkatých hnojiv podle skutečných potřeb rostlin v daném roce a na daném poli (Anonym 7, 2019).

Použití mimokořenové výživy by mělo vycházet ze stanovištních podmínek, analýzy výživného stavu rostlin a být cíleno jako konkrétní opatření (Vaněk et al., 2006). Aplikace živin přes list se provádí většinou na základě vizuálních příznaků nedostatku nebo testů rostlinných tkání. Správná diagnóza je zásadní pro úspěšné použití listových hnojiv (Frageria et al., 2009).

Listová analýza je v podstatě vyvození závěrů na základě obsahu živin v listech různě hnojených rostlin, případně v celé nadzemní části rostliny. Nejvýnosnější varianta pak poskytuje příslušnou normu pro obsah živin. Je třeba brát v potaz prostorovou a chemickou heterogenitu v obsahu živin a také to, že variabilita tvorby výnosu silně omezuje vztah mezi obsahem živin a výnosem. Dalšími metodami je měření rychlosti fotosyntézy, růstu nebo transpirace či měření aktivity některých enzymů. Moderní přístroje jsou schopné na základě měření spektrální charakteristiky listů odvodit obsah chlorofylu, případně dusíku. Z toho lze i pak následně odvodit potřebu hnojení (Procházka et al., 1998). Korekce výživného stavu lze provádět na základě metod založených na obsahu chlorofylu v listech. Využívá se odrazu elektromagnetického záření dopadajícího na porost, které je měřeno snímacími senzory.

Vychází se ze vztahu mezi obsahem chlorofylu a celkového dusíku. Princip měření spočívá v rozdílné transmitaci paprsku záření dvou vlnových délek (650 nm, 950 nm) měřeným listem. Přístroj na základě zjištěných hodnot vypočte SPAD hodnotu, která je v úzké korelaci se skutečným obsahem chlorofylu a celkovým obsahem dusíku. Je nutné však vzít v úvahu, že obsah chlorofylu je podmíněn nejen obsahem dusíku, ale i obsahem fosforu, hořčíku a síry. Doporučuje se tedy toto měření provádět až po předešlých chemických rozborech rostlin (Zimolka et al., 2008). Bezkontaktní metody pro variabilní hnojení dusíkem využívají N – senzory. N – senzory pomocí optických senzorů umístěných na střeše kabiny traktoru zjišťují odraz porostu současně na čtyřech místech v rozsahu záběru stroje. Pátý senzor je orientovaný svisle vzhůru a měří intenzitu slunečního záření. Údaje jsou přeneseny do počítače, kde jsou pro konkrétní plodinu a odrůdu uloženy kalibrované hodnoty. Podle zjištěných údajů je aplikovaná optimální dávka na ošetřovaný porost (Zimolka et al., 2005).

### **3.9.1 YARA N-Tester**

N-Tester je ruční přístroj umožňující provádět rychlá, snadná a přesná měření v průběhu celého vegetačního období, na jejichž základě lze určovat přesnou potřebu dusíku. Umožňuje zohlednit změny v potřebě dusíku, k nimž u plodin dochází v důsledku mineralizace organického dusíku a hnojení průmyslovými hnojivy. Výsledkem jsou přesnější doporučení aplikace dusíku, což zvyšuje zisk a minimalizuje dopady na prostředí. N-Tester funguje na principu měření obsahu chlorofylu v listech, který významně závisí na stavu dusíkaté výživy rostliny. Měření se u obilovin provádějí sevřením nejmladšího plně vyvinutého listu do měřicích čelistí přístroje. Z třiceti náhodných měření v různých místech pozemku přístroj určí průměrnou hodnotu obsahu chlorofylu a následně zobrazí doporučenou dávku dusíku pro příslušnou plodinu, odrůdu a růstovou fázi na základě interní databáze, kterou lze každoročně aktualizovat. Měření prováděná N-Testerem jsou výrazně ovlivněna odrůdami plodin a jejich růstovým stádiem. Proto je nutné pro správné doporučení používat odrůdové korekční tabulky, které se každoročně doplňují o nové odrůdy (Anonym 3, 2019). Odvození doporučení pro hnojiva je možné pouze za předpokladu, že růst rostlin není omezen nedostatkem žádných dalších živin. V případě obilnin lze vypočítat optimální množství dusíkatého hnojiva na začátku metání, aplikace má pozitivní vliv na výnos a kvalitu zrna (Anonym 7, 2019).

### 3.9.2 YARA N-SENSOR WIN

Zařízení upevněné na traktor umožňující variabilní aplikaci dusíku na základě měření optických vlastností porostu za jízdy, kdy optická čidla systému N-Sensor měří za pohybu stroje každou sekundu intenzitu a spektrální složení světla odraženého od porostu (Anonym 5, 2019) souvisejí s obsahem chlorofylu v rostlinách a biomase (Anonym 8, 2019) na ploše přibližně 50 m<sup>2</sup> a na základě těchto údajů je palubním počítačem podle dávkovací funkce stanovena optimální aplikační dávka dusíku pro příslušnou část pozemku. Tato dávka je „on-line“ přenesena do řídicího počítače rozmetadla či postřikovače a umožňuje tak variabilní aplikaci dusíku. Výhodou je lepší využití aplikovaného dusíku, omezení ztrát nadbytečného dusíku z půdy, zvýšení vyrovnanosti porostů, přesná evidence hnojení dusíkem, zvýšení výnosů, snížení polehání porostů, zlepšení kvality produkce, možnost tvorby map (Anonym 5, 2019). Systémy jsou napojeny k terminálu vozidla, kde se ukládají informace o rostlinách a GPS souřadnice pro jejich další zpracování (Anonym 8, 2019) (potřeba N, hustota porostu, skutečně aplikované dávky N včetně dráhy pojezdu), úspora morforegulátorů, zisk informací o variabilitě pozemku či zisk informací o vlivu předchozích agrotechnických zásahů (Anonym 5, 2019).

### 3.9.3 YARA N-SENSOR ALS

N-Sensor ALS od firmy Yara využívá vlastní zdroj světla. Systém umí detekovat stav dusíkaté výživy a hustotu biomasy porostu měřením reflektance světla. Technologie umožňuje variabilní dávkování dusíku podle zbarvení porostu za pojezdu aplikátoru bez ohledu na intenzitu slunečního světla. Senzor provádí měření na poměrně velkou vzdálenost a pokrývá podstatnou část porostu v záběru postřikovače nebo rozmetadla, což umožňuje umístit systém na kabinu traktoru či aplikačního prostředku. Světelným zdrojem je xenonová blesková lampa poskytující multispektrální světlo vysoké intenzity. Část světla odrážená od porostu je analyzována detektorem používajícím čtyři spektrální kanály, které jsou nejvhodnější pro odvození informace o stavu výživy dusíkem a hustotě biomasy. Software systému stanoví optimální specifické dávky dusíku pro různé plodiny. Výhodou je prodloužení doby možného použití, neboť zařízení je možné používat i v noci (Anonym 4, 2019).

### **3.10 Mobilní aplikace pro zemědělství od firmy YARA**

Yara ImageIT je aplikace pro měření příjmu dusíku rostlinami, zároveň vytváří doporučení týkající se dávky dusíku, která je určována na základě fotografií daných rostlin. Aplikace vypočítává množství přijatého dusíku podle listové plochy, listové zeleně a odhadnutého podílu hnědých listů. Využívá komplexní analýzu obrazu, která klasifikuje pixely spojené s listy, odfiltruje šum a tyto pixely spočítá. Aplikace ImageIT není příliš náročná na typ fotoaparátu a dokáže zpracovat i obrázky s nízkým rozlišením a velikostí od 50–200 KB. Pokud se pozemek nachází v oblastech s velmi špatným pokrytím signálem, obrázky jsou uloženy do telefonu, takže zemědělec může pokračovat s dalším focením a všechny snímky pak poslat ke zpracování až ve chvíli, kdy je signál opět k dispozici (Anonym 2, 2018).

Yara CheckIT je zemědělská aplikace poskytující knihovnu fotografií pro snadnou a rychlou identifikaci možných nedostatků živin. Uživatelé mohou procházet fotografie rostlin trpících těmito nedostatky ve vysokém rozlišení, filtrovat je podle symptomů, umístění symptomů na rostlině nebo podle možných příčin symptomů. Poté, co je příčina problémů stanovena, nabízí aplikace další informace o tom, jaký má tento nedostatek živiny vliv na danou plodinu, které typy půd jsou k němu náchylné a které faktory mohou tento nedostatek dále zhoršit. Aplikace následně doporučí hnojiva pro řešení nalezeného nedostatku živin a také nabízí alternativy pro preventivní ošetření v dalším vegetačním období. Zemědělci mohou provádět analýzu požadavků přímo na poli, a to i na pozemcích se slabým pokrytím signálem, a tak rovnou získat doporučení v případě nedostatku živin (Anonym 1, 2018).

V oblasti používání listových hnojiv nabízí firma Yara aplikaci Tankmix, což je volně přístupná databáze mísitelnosti listových hnojiv. Aplikace umožňuje ověřit fyzikální mísitelnost v nádrži pro jakýkoliv kapalný produkt společnosti Yara s dalšími hnojivy a prostředky na ochranu rostlin. Pro výběr produktu společnosti Yara a postřikového materiálu vytvoří aplikace seznam všech laboratorních testů a jejich výsledků, které se týkají vybrané dvojice produktů. Není-li vybraná kombinace nalezena, je možné požádat o test mísitelnosti v nádrži. Pokud je zvolený postřikový materiál v laboratořích firmy dostupný, požadovaný test je obvykle proveden během několika hodin (Anonym 6, 2018).

## 4 Metodika

Listová aplikace živin a dalších podpůrných látek se v poslední době stala běžným agrotechnickým opatřením při pěstování polních plodin. Na trhu působí celá řada tuzemských i zahraničních výrobců a distributorů nabízejících listová hnojiva. Konkrétní informace o využívání těchto hnojiv v zemědělských podnicích v České republice však chybí. Na základě této absence jsem se rozhodl připravit jednoduchý dotazník. Analýzou odpovědí od různorodých zemědělských subjektů jsem získal zjednodušený přehled o využívání listových hnojiv v provozu.

Dotazník se skládal z celkem 22 otázek, které by se daly rozdělit do několika okruhů. První skupina otázek se týkala hlavně struktury dotazovaných podniků ohledně výměry a pěstovaných plodin. Druhá skupina se týkala základních otázek, zda podnik používá či nepoužívá mimokořenovou výživu, případně jaké jsou důvody k záporné odpovědi. Další okruh dotazů se týkal aplikace hnojiv, patří sem i poslední otázka dotazníku, kde každý podnik uvedl běžně používaná hnojiva pro danou plodinu během celého roku. Čtvrtý okruh otázek pokrýval dotazy ohledně nákupu a distribuce hnojiv. Poslední skupina otázek se týkala mobilních aplikací, které by mohly mít využití v rostlinné produkci v oblasti výživy a hnojení polních plodin.



Obrázek č. 2: Jedna z otázek dotazníku se týkala i preferencí ohledně balení nakupovaných hnojiv, na obrázku Magnitra napuštěná v jumbu při aplikaci do ječmene ozimého ve ŠS Lužany

Dotazník měl následující podobu:

## **DOTAZNÍK MIMOKOŘENOVÁ VÝŽIVA**

### **1. Podle plochy, kterou obhospodařujete, byste zařadil/la Váš podnik:**

do 500ha       500,1-1000ha       1000,1-2000ha       2000,1-3000ha   
3000,1-4000ha       4000,1-5000ha       nad 5000,1ha

### **2. Kolik hektarů z celkové výměry zemědělské půdy zaujímá orná půda?**

.....

### **3. Jaké plodiny pěstujete?**

pšenice ozimá       ječmen jarní       řepka       kukuřice       cukrová řepa   
slunečnice       mák       brambory       jiné.....

### **4. Necháváte si dělat listové rozbory rostlin?**

ano       ne

### **5. Používáte listová hnojiva?**

ano (pokračujte otázkou č. 7)       ne (odpovězte pouze na otázku č. 6)

### **6. Pokud ne, z jakého důvodu?**

neosvědčila se mi       o jejich účincích nejsem přesvědčen       nikdo mi je nenabídnul   
jiné.....

### **7. Aplikujete je:**

plošně do všech porostů       pouze do vybraných porostů

### **8. Pokud ano, kolikrát do porostů vstupujete s listovou výživou?**

pšenice ozimá .....      ječmen jarní .....      řepka.....      cukrová řepa.....  
kukuřice.....      brambory.....

### **9. Při koupi listových hnojiv Vás nejvíce zajímá:**

cena produktu       cena aplikační dávky na hektar       účinné látky v produktu   
koncentrace účinných látek v produktu       reference od jiných uživatelů   
reference od prodejce       jiné.....

**10. Nakupujete listová hnojiva přes:**

distributora  poradce v zemědělství  přímo od výrobce

jiné.....

**11. Jakou velikost balení preferujete/kupujete?**

kanystry (10l, 20l)  jumbo (600l,800l, 1000l)  pytle (25kg)

**12. Používáte listová hnojiva od:**

jednoho výrobce  dvou výrobců  více výrobců

**13. Při používání listových hnojiv aplikujete:**

dávku doporučenou výrobcem  dávku stanovuji dle svých zkušeností

**14. Aplikujete listová hnojiva na bázi:**

jednosložkové přípravky  komplex hlavních živin obohacených o biologicky aktivní látky

komplex mikroprvků  jiné.....

**15. Zaznamenal/a jste někdy problémy při aplikaci listových hnojiv?**

ano  ne

**16. Pokud ano, co bylo jejich příčinou?**

hnojiva se špatně rozpouštěla  docházelo k ucpávání trysek  hnojivo se sráželo

jiné.....

**17. Cenová relace Vámi používaných listových hnojiv na sezónu a 1 hektar se pohybuje:**

	do 250,- Kč	200-500,-Kč	500-750,-Kč	nad 750,-Kč
pšenice ozimá				
ječmen jarní				
Řepka				
Kukuřice				
brambory/cukrovka				

**18. Na trhu je řada výrobců nabízejících listová hnojiva. Od kterých výrobců hnojiva používáte?**

Agra Group  Agrobiosfer  GM Chemie  MJM Litovel

Lovochemie  Timac  Yara  jiné.....



V posledních letech dochází k rychlému rozvoji mobilních telefonů a jejich aplikací. Některé z těchto aplikací se dají použít také v zemědělství.

**19. Znáte mobilní aplikaci TankmixIT, která Vám umožní zjistit fyzickou mísitelnost listových hnojiv s chemickými přípravky na ochranu rostlin?**

ano a používám ji       ano, ale nevyužívám ji       nikdy jsem o ní neslyšel

**20. Znáte mobilní aplikaci CheckIT, která Vám umožní diagnostikovat deficienci živin u zemědělských plodin?**

ano a používám ji       ano, ale nevyužívám ji       nikdy jsem o ní neslyšel

**21. Znáte mobilní aplikaci ImageIT, která Vám umožní stanovit potřebu hnojení dusíkem u pšenice a řepky?**

ano a používám ji       ano, ale nevyužívám ji       nikdy jsem o ní neslyšel

**22. Uveďte hnojiva (přípravky, látky) a jejich dávky a termín aplikace, která běžně používáte k mimokořenové aplikaci u vámi pěstovaných hlavních plodin**

Plodina	Hnojivo (přípravek, látka)	Dávka na ha	Termín aplikace (vývojová fáze)
Pšenice ozimá			
Ječmen jarní			
Řepka ozimá			
Kukuřice setá			
Brambory/cukrovka			

Ze všech otázek jsem se rozhodl v rámci mé bakalářské práce vybrat odpovědi k sedmi otázkám. První tři vybrané otázky se týkaly výměry orné půdy, skladby pěstovaných plodin a také zásadní otázka celého dotazníku, zda subjekt využívá listová hnojiva (otázky č. 2, 3, 5). Další otázky jsou již zpracované v samostatných tabulkách.

Jedná se o následující otázky:

- Kolikrát vstupujete do porostu s listovou výživou? (otázka č. 8)
- Co Vás nejvíce zajímá při koupi hnojiv? (otázka č. 9)
- Jaká je cenová relace Vámi používaných listových hnojiv za sezonu na 1 ha? (otázka č. 17)
- Uveďte hnojiva (přípravky, látky) a jejich dávky a termín aplikace, která běžně používáte k mimokořenové aplikaci u Vámi pěstovaných plodin. (otázka č. 22)

Dotazníky jsem rozvezl do několika podniků v okolí mého bydliště, několik jsem jich rozdál studentům mého ročníku oboru Rostlinná produkce, kteří pracují přímo na rodinné farmě. S další distribucí mi pomohl obchodní zástupce firmy OSEVA PRO s. r. o. Ing. Tomáš Pelíšek, s jehož pomocí jsem získal odpovědi i od subjektů hospodařících v severní oblasti Čech. Celkem jsem rozdál či poslal 17 dotazníků, odpovědi jsem zpět dostal od 13 firem. Seznam podniků, které poskytly informace, společně s čísly, pod kterými daný podnik lze identifikovat v následujících tabulkách, ukazuje tabulka č. 1.

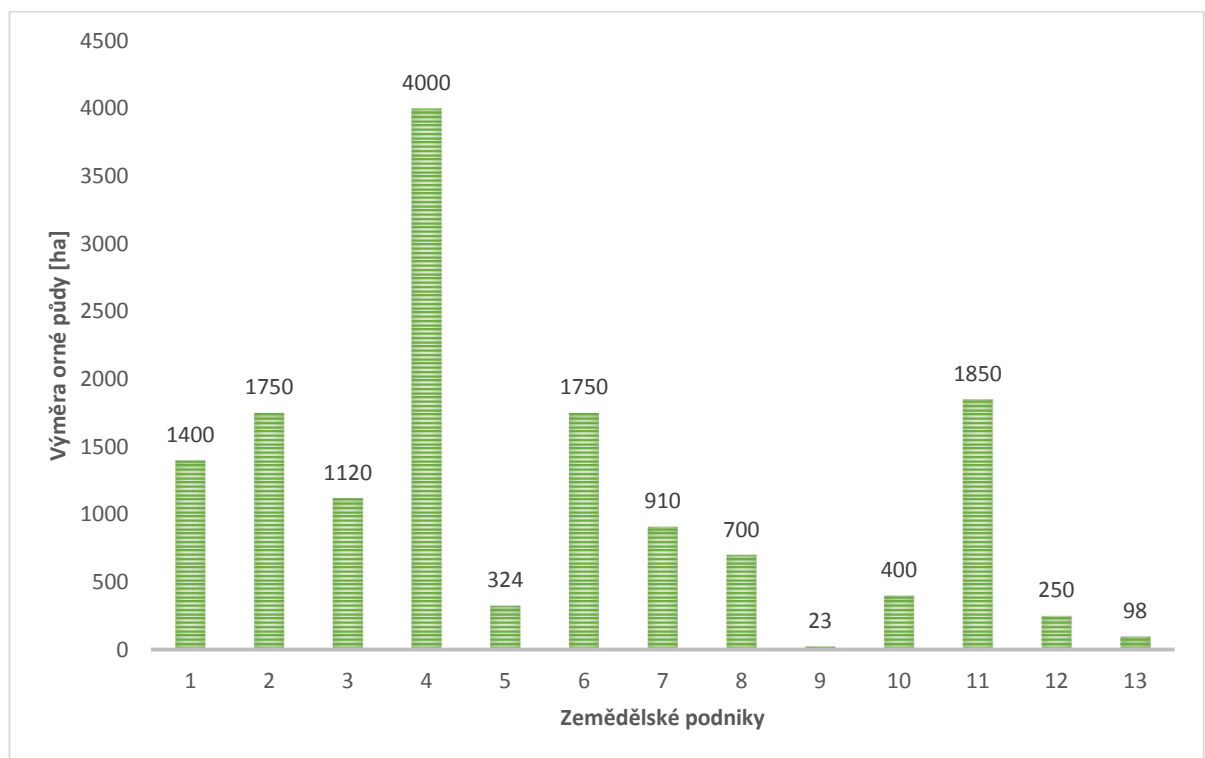
*Tabulka č. 1: Seznam podniků*

<b>Podnik</b>	<b>číslo podniku</b>
ZD Bělčice	1
Proklas Přeštice	2
ZD Červený Hrádek	3
Kladrubská a. s.	4
Oseva SEEDS Horažďovice	5
Agrospol Bubovice	6
ZD Hřivice	7
Rekustra s. r. o.	8
SHR p. Holejšovský, Chmelná	9
SHR p. Hlavatý, Hradec Králové	10
Měcholupská zemědělská a. s.	11
Selgen, ŠS Lužany	12
SHR p. Hodan, Dlouhá Louka	13

Z dotazovaných podniků nepoužívá listová hnojiva pouze soukromý zemědělec p. Hodan z Dlouhé Louky, ve struktuře podniků ho tedy lze najít, v ostatních tabulkách jsem se rozhodl ho dále neuvádět a soustředit se pouze na podniky tato hnojiva využívající.

## 5 Výsledky

Struktura podniků v rámci dotazníkového šetření byla velmi rozmanitá, od malých soukromě hospodařících rolníků (23 ha) až po velké zemědělské společnosti, které v České republice obhospodařují většinu zemědělské půdy, polovina ze zkoumaných podniků má výměru orné půdy nad 1000 ha. Výměry jednotlivých podniků ukazuje graf č. 1. Co se týče skladby plodin, (tabulka č. 2), výsledky ukázaly známý fakt, že v rámci podniků v ČR jsou nejpěstovanějšími plodinami pšenice (pěstují všechny subjekty), řepka (pěstována v 90 % podniků), ječmen jarní (pěstuje 70 % firem) a kukuřice (46 % podniků). Cukrovka se v osevních postupech vybraných firem příliš nevyskytuje z důvodu lokalizace firem do oblastí západních, jižních a severních Čech, kde není tato plodina pěstována, roli okopaniny zde hrají brambory. Mezi dalšími uváděnými plodinami se objevil mák, ozimý ječmen, hrách, jetel, svazenka, chmel, oves a další. Podniky o menší výměře se často vyznačují větší rozmanitostí osevních postupů.

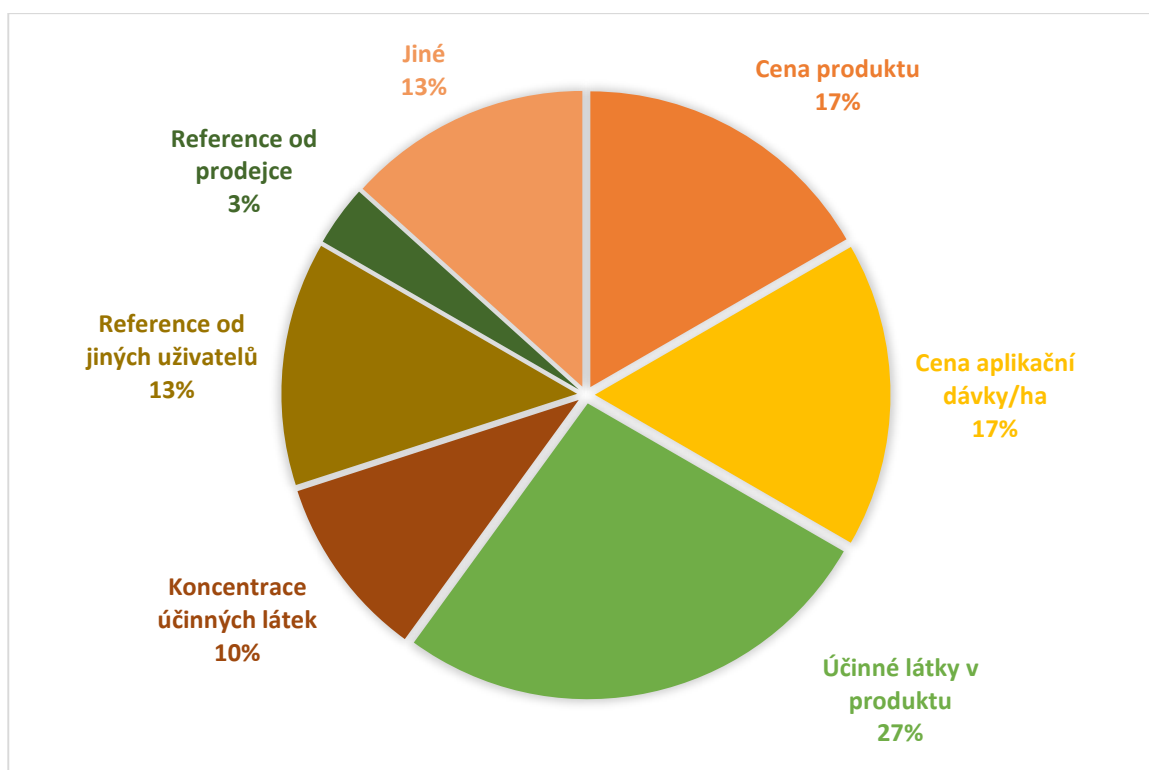


Graf č. 1: Výměry dotazovaných subjektů

Tabulka č. 2: Struktura plodin v analyzovaných podnicích

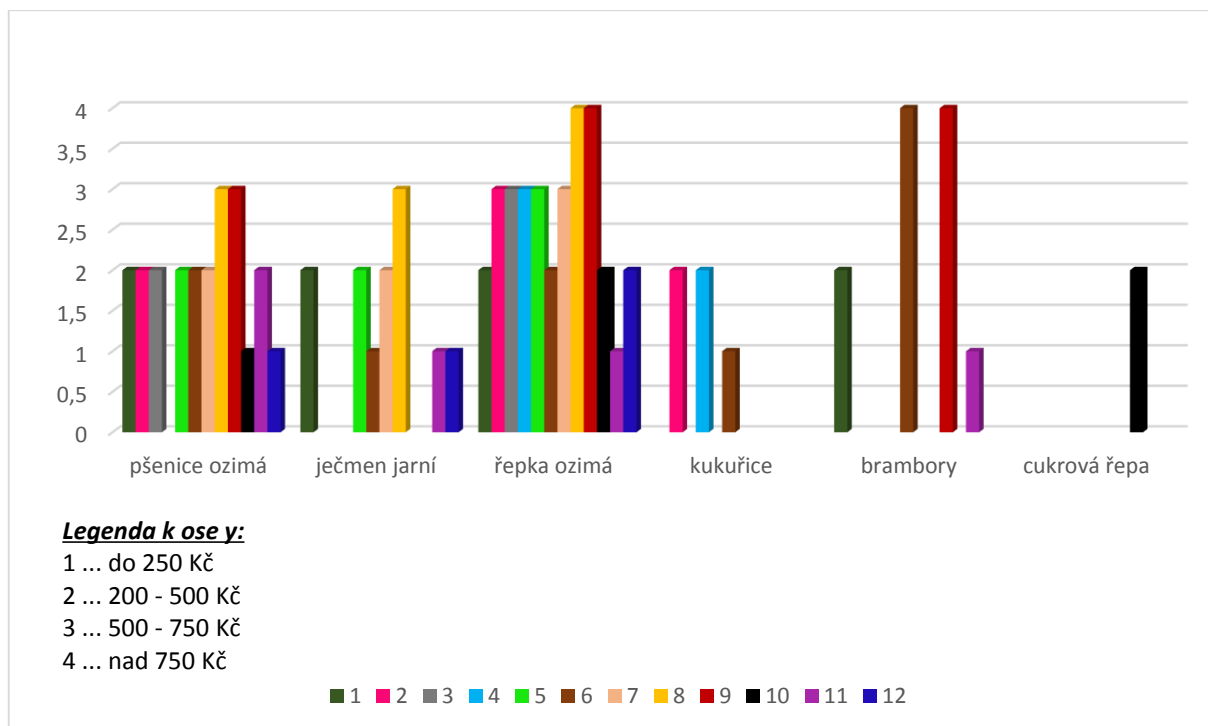
Podnik	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Pšenice ozimá</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Ječmen jarní</b>	x		x	x	x	x	x	x			x	x	
<b>Řepka ozimá</b>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<b>Kukuřice</b>	x	x	x	x		x					x		
<b>Cukrová řepa</b>								x		x			
<b>Slunečnice</b>		x											
<b>Mák</b>								x		x			
<b>Brambory</b>	x				x	x			x		x		x
<b>Další plodiny:</b>													
<i>Oves</i>	x								x			x	
<i>Jetel luční</i>	x		x		x								x
<i>Len</i>		x											
<i>Ječmen ozimý</i>		x	x									x	x
<i>Hrách</i>				x		x						x	
<i>Chmel</i>							x						
<i>Cibule</i>									x				
<i>Hořčice</i>									x				
<i>Mrkev</i>									x				
<i>Sója</i>										x			x
<i>Svazenka</i>												x	
<i>Tritikale</i>													x

V tabulce č. 3 (viz přílohy) jsou uvedeny varianty rozhodující v podniku o koupi listových hnojiv. Až na dva podniky hraje při výběru přípravků roli vždy více možností. Nejvíce uživatele zajímají účinné látky v produktu, na druhém místě pak se shodným počtem preferencí cena aplikační dávky na hektar a cena produktu. Svou roli hrají i reference od jiných uživatelů, naproti tomu reference od prodejce téměř nikdo v potaz nebere. Z dalších možností podniky uvedly vlastní zkušenosti na základě vlastních pokusů, výrobce produktů a jejich distribuci a také mísitelnost s ostatními přípravky. V grafu č. 2 jsou procenticky vyjádřené preference pěstitelů při nákupu hnojiv.



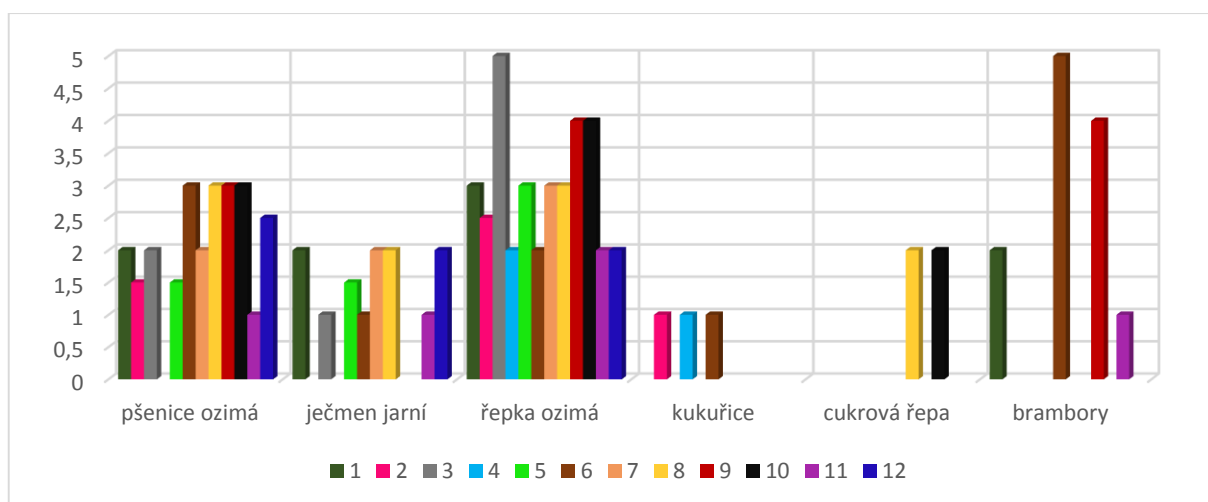
Graf č. 2: Preference uživatelů při koupi listových hnojiv

Graf č. 3 (vycházející z tabulky č. 4 - viz přílohy) zobrazuje cenové relace listových hnojiv aplikovaných v jednotlivých podnicích. Z tabulky je dobře patrné, že pro pšenici ozimou jsou nejčastěji používána hnojiva v cenovém rozpětí 200 – 500 Kč, přičemž Rekustra a soukromý zemědělec p. Holejšovský aplikují do pšenice hnojiva v cenové relaci 500 – 750 Kč. Do porostů ječmene jarního jsou podniky ochotny investovat v rámci použití listových hnojiv do 500 Kč, výjimkou je opět Rekustra s. r. o., která nakupuje hnojiva v rozmezí 500 – 750 Kč. U řepky lze sledovat trend vyšší intenzity hnojení, kdy pod 250 Kč aplikuje hnojiva pouze Měcholupská zemědělská, převládá cenová kategorie v rozmezí 500 – 750 Kč. I tady však vyčnívá Rekustra a p. Holejšovský, neboť tyto dva subjekty aplikují v cenových relacích nad 750 Kč. U kukuřice a cukrovky podniky aplikují v podstatě na shodných cenových úrovních, a to 200 – 500 Kč, pouze Agrospol Bubovice do kukuřice aplikuje hnojiva do 250 Kč. U brambor jsou hodnoty dosti rozkolísané, kdy Měcholupská zemědělská aplikuje hnojiva do 250 Kč, naproti tomu však Agrospol Bubovice a p. Holejšovský aplikují hnojiva za nákupní cenu větší než 750 Kč, což hovoří o různé intenzitě využití listových hnojiv u brambor v rámci jednotlivých podniků. Z dotazovaných podniků nejméně do listových hnojiv investovali Měcholupská zemědělská a Selgen, ŠS Lužany, naopak nejintenzivněji používají listová hnojiva Rekustra s. r. o. a SHR p. Holejšovský.



Graf č. 3: Cenové relace nakupovaných hnojiv u jednotlivých plodin

Počty vstupů do jednotlivých plodin udává tabulka č. 5 (viz přílohy), graficky znázorněné jsou v grafu č. 4. Do pšenice a cukrovky se v rámci dotazovaných podniků vstupuje s listovou výživou průměrně 2x, do kukuřice 1x, do ječmene jarního 1,5x a do řepky a brambor 3x. Pokud sečteme vstupy v rámci jednoho podniku do všech porostů za celý rok, nejvíce používá listová hnojiva Agrospol Bubovice, soukromý zemědělec p. Holejšovský a Rekustra s. r. o. Naopak nejméně vstupů do porostů polních plodin je v rámci podniku Kladrubska a. s.



Graf č. 4: Počty vstupů do jednotlivých plodin

V rámci zpracování otázky č. 22 jsem sice zpracovával všechna data týkající se používání hnojiv v rámci každého podniku do všech plodin (pšenice, ječmen, kukuřice, řepka, cukrovka, brambory), ale z důvodu velkého množství dat jsem se rozhodl ze všech plodin vybrat do této práce pouze řepku ozimou, neboť jde o plodinu, u které jsou listová hnojiva v systému hnojení využívána nejintenzivněji, což dokládá nejen počet vstupů, ale i cenové relace nakupovaných hnojiv pro tuto plodinu. Velmi často jsou aplikována hnojiva obsahující bór a další mikroprvky - mangan a zinek.



*Obrázek č. 3: Deficit manganu u řepky, v praxi často řešen listovou aplikací tohoto prvku*

Z hlavních prvků se v rámci listové výživy využívá hnojení sírou a hořčíkem, listová hnojiva uvedená podniky však ve většině případů neobsahují jen jednu živinu, ale komplex mikroprvků, často doplněný ještě určitým procentem dusíku v hnojivu. Řada podniků vstupuje s listovou výživou do porostů řepky již na podzim a všechny podniky vstupují do porostů minimálně dvakrát. Listová hnojiva jsou v drtivé většině případů aplikována v tankmixech společně s dalšími přípravky, především na ochranu rostlin. V tabulce č. 6 je uveden rozpis aplikací listových hnojiv do řepky v rámci jednotlivých podniků. Uveden je přípravek společně s dávkováním a fází porostu či období, kdy je aplikace prováděna. Sloupec počet vstupů vyjadřuje, kolikrát je do porostů vstupováno s aplikační technikou, neboť v některých fázích růstu je sloučena aplikace dvou nebo více hnojivých roztoků při současné aplikaci dalších přípravků na ochranu rostlin či stimulačních látek.

Tabulka č. 6: Konkrétní aplikace listových hnojiv do porostů řepky ozimé v jednotlivých podnicích

Podnik	Hnojivo (přípravek, látka)	Dávka na ha	Počet vstupů	Termín aplikace, vývojová fáze
1	bor	3 l	2	2 l podzim, 1 l jaro
	Molytrac	0,3 l		0,1 l podzim, 0,2 l jaro
	hořká sůl	5 kg		Podzim
2	Agrosorb folium	2 - 3 l	3	3x během jarní vegetace
	Quantum boron active	2 - 3 l		
3	Bor fluid	2 l	2	BBCH 30 – 50
	Amalgerol	2 l		
	síran hořečnatý, močovina	8 kg + 8 kg		
4	Bor	Neuvedeno		
	Borosan			
	Retafos			
	Fortesim			
5	Terra sorb	2 - 3 l	2	podzim, jaro
	Folit bor	0,5 l		Podzim
	Thio sulf	0,2 l		Jaro
6	CF Fortesim Beta	7 l	3	BBCH 31
	Bor 150	2 l		BBCH 15, 51
7	Forte gama	3 l	2	prodlužovací růst
	Forte alfa	3 l		
	Retaphos	5 l		podzim - listová růžice
	Borosan	3 l		
8	Fortesim Beta	2 l	2	jaro – regenerace
	Borosan	2 l		listová růžice – podzim
	Retafos	10 l		Podzim
9	Bortrac	2 l	4	BBCH 18
	Bortrac	2 l		BBCH 32
	Galleko kořen/Route	0,8 l		BBCH 18
	Galleko květ a plod	1 l		BBCH 58
	Sulfika SB	5 kg		BBCH 52
	K-gel	3 l		BBCH 52
10	močovina	15 kg	3	BBCH 20-60
	SK sol	3 l		BBCH 60-70
	Hořká sůl	5 kg		BBCH 30-57
	Krista MKP	3 kg		BBCH 20-60
11	Borosan Forte /BoroStim /Yara BorTac	1 l / 1,3 kg	2	BBCH 20 – 35
	Galleko Kořen	0,75 l		BBCH 20-30
12	Bór 150	2 l	2	BBCH 19
	Bór 150	2 l		BBCH 30



## 6 Diskuze

Z analýzy dotazníku vyplynulo, že listová hnojiva jsou v zemědělské prvovýrobě hojně rozšířena. Až na jednoho soukromého zemědělce odpověděli respondenti na otázku, zda listová hnojiva využívají, kladně. V řadě případů jsou hnojiva kombinována s biologicky aktivními látkami, což podle Růžka a kol. (2006) může zlepšit využití živin z půdy a prodloužit období příjmu živin kořeny, které jsou následně metabolizovány v rostlinách. Vaněk a kol. (2006) také připomíná, že mimokořenová aplikace může působit na rostliny nejen vlastním příjmem, ale také ovlivněním metabolismu, aktivity kořene a stárnutí pletiv, což vede k prodloužení vegetace.

Naše šetření ukázalo, že ve většině případů pěstitelé využívají mimokořenovou výživu při aplikaci mikroprvků. Procházka a kol. (1998) to potvrzuje, neboť uvádí, že mimokořenová výživa se v praxi uplatňuje hlavně u mikroprvků a aplikace makroprvků řeší především případné korekce okamžitého stavu zásobení rostlin živinami či při zhoršených podmínkách příjmu. Aplikace mikroprvků v podobě hnojivých roztoků je výhodná, neboť jak uvádí Vaněk a kol. (2016), zajišťuje přesnější dávkování a rovnoměrnější rozmetání hnojiva.

Domníváme se, že do budoucna bude mimokořenová výživa nabývat na stále větším významu i s ohledem na stále častější suché roky, Waraich a kol. (2011) uvádí, že voda je jedním z limitujících faktorů rostlinné výroby na celém světě, neboť sucho negativně ovlivňuje nejen fyziologii rostliny a její růst, ale také příjem živin z půdy kořeny rostlin. Hu a kol. (2008) dodává, že v suchých obdobích je účinnost mimokořenové výživy oproti aplikacím na půdu vyšší z důvodu dodávky požadované živiny přímo na místo potřeby a její poměrně rychlé vstřebání.

V rámci zpracování dotazníků, konkrétně otázky č. 22 týkající se aplikace živin v jednotlivých podnicích do hlavních polních plodin, jsem si vybral naši nejpěstovanější olejninu, řepku ozimou. Naše šetření ukázalo, že u této plodiny je mimokořenová výživa využívána velmi intenzivně. Jak uvádí Kwiatkowski (2012), řepka reaguje na hnojení (hnojení půdy i aplikace na list) výrazným zvýšením výnosu, což platí nejen pro dusík, draslík a hořčík, ale i pro další živiny. Jak jsem již uvedl, do budoucna bude potřeba počítat s obdobími sucha během intenzivního růstu řepky, což může vést ke zkrácení období determinace, omezení fotosyntézy, urychlení senescence a omezení výnosů. Jednou z možností je listová aplikace bóru, která procesy stárnutí výrazně zpomaluje (Röhl et Makowski, 2009). Citlivost řepky na nedostatek bóru zdůrazňuje Baranyk a kol. (2007), většinu porostů ozimé řepky je nutné tímto prvkem přihnojit. Nedostatek bóru může způsobit fyziologický opad květů, po jeho

aplikaci se navýší počet šešulí na rostlině, dostatek bóru také zvyšuje intenzitu kvetení, oddaluje opad listů a zvyšuje odolnost proti houbovým chorobám (*Verticilium*, *Phoma*) (Röhl et Makowski, 2009). To koresponduje s výsledky z praxe, kdy drtivá většina podniků bór při pěstování řepky používá, a to ve formě mimokořenné výživy. Za vhodnou dobu považuje Baranyk období dlouhivého růstu až počátku kvetení, při hlubokém deficitu bóru jej lze aplikovat již na podzim, což opět potvrzují výsledky z praxe, kdy řada podniků aplikuje bór do řepky již na podzim. Podzimní nedostatek bóru u řepky vysetých později může vést v kombinaci s expozicí svahu až k vyzimování porostů, řepka je také náchylnější k mrazům. Hnojení bórem ovlivňuje stabilitu rostlinných buněk, odumírání a trhání kořenového systému (vlivem mrazu), odumírání buněk vlivem tvorby krystalků ledu ve vakuolách (Röhl et Makowski, 2009). U později setých řepky však často nedosahuje listový aparát na podzim takové velikosti, aby byl pokryt co největší povrch půdy, což může mít za následek snížení efektivity aplikace. Zimovzdornost řepky podporuje také dodávka hořčíku na podzim (Kwiatkowski, 2012). Hořčík je na některých půdách s malým obsahem přijatelného hořčíku vhodné aplikovat na list ve formě hořké soli společně například s močovinou či DAMem (Vaněk et al., 2016), což potvrzují výsledky z praxe, kdy například první z možností využívají v ZD Červený Hrádek při hnojení řepky.



Obrázek č. 4: Aplikace bóru do řepky společně s DAMem a stimulatory růstu v jarním období

V rámci dotazovaných podniků jsou z velké části využívána univerzální hnojiva obsahující větší počet živin. Je to logické, při jednom přejezdu po pozemku lze řešit doplnění výživného stavu rostlin hned několika prvky. Dále jsou často listová hnojiva aplikována v tankmixech jak s přípravky na ochranu rostlin a různými regulátory růstu, tak s jinými hnojivy, například právě u řepky lze ve fázi prodlužování spojit aplikaci DAM společně s listovými hnojivy obsahujícími hořčík či bór (Vaněk et al., 2016).

Z jednoduchého šetření je zároveň také vidět, jak široké spektrum hnojiv je v rámci rostlinné výroby využíváno. Na trhu je nepřehledné množství výrobců nabízející vždy několik přípravků. Z výsledků vyplývá, že při nákupu hnojiv nejvíce firmy hledí na účinné látky v produktu. Při výběru hnojiva by mohly být pro některé ukazatele rozhodující výsledky z polních pokusů s listovými hnojivy, což je však problematické, neboť jak uvádí Čepl a Kasal (2006), často se porovnávají hnojiva s různým složením i obsahem prvků, která mohou být doplněna o stimulanty růstu či fytohormony a různé látky podporující příjem nebo ulpívání hnojiv na povrchu listu. Zajímavou variantou rozhodující při nákupu je vlastní zkušební plocha, kterou využívají v ZD Červený Hrádek, čímž si podnik vyzkouší přípravek či kombinaci přípravků do konkrétních podmínek.

V případě dalšího dotazníkového průzkumu bych se v budoucnu možná vyhnul okruhu otázek týkajících se mobilních aplikací. Zemědělské aplikace jsou sice zajímavý prostředek, který s dalším rozšiřováním technologií a digitalizací bude jistě nabývat na významu, v současné době je to však věc využívaná velmi málo. Řada agronomů o nich nikdy neslyšela, a pokud ano, většinou je stejně nevyužívají. Do otázek týkajících se plodin bych také přidal kolonky na další plodiny, neboť řada pěstitelů aplikuje hnojiva i do plodin, které nejsou v rámci České republiky pěstovány na tak rozsáhlých plochách. Jedná se například o slunečnici, u které hraje mimokořenové výživa mikroprvky významnou roli, nebo například chmel. První otázka týkající se velikostní kategorie by se dala vynechat, postačující by byla otázka č. 2, kde podniky udávaly výměru orné půdy. Jiné změny bych v dotazníku asi nedělal, neboť pro účely mé práce byl dostačující a přinesl zajímavé informace.

## 7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat literární přehled o listových hnojivech, jejich formách a možnostech využívání u polních plodin. Posoudit využívání listových hnojiv v zemědělských podnicích na základě výstupní analýzy z jednoduchého dotazníku.

V rámci šetření zaměřeného na využívání listových hnojiv v zemědělských podnicích jsem rozdál celkem sedmnáct dotazníků, z nichž se mi vrátily odpovědi od třinácti firem hospodařících v různorodých podmínkách České republiky. Z dotazníků jsem vybral pět otázek, po jejichž zpracování jsem na základě získaných dat dospěl k následujícímu závěru:

- využití listových hnojiv je běžnou agrotechnickou operací moderních pěstitelských technologií u hlavních polních plodin, z třinácti dotazovaných podniků využívá listová hnojiva dvanáct subjektů bez ohledu na velikost výměry obhospodařované orné půdy;
- při nákupu hnojiv jsou pro uživatele klíčové hlavně účinné látky v produktu, dalšími významnými kritérii jsou pak cena aplikační dávky na hektar a cena produktu;
- cenová relace listových hnojiv aplikovaných do porostů pšenice ozimé se pohybuje mezi 200 – 500 Kč na hektar, do ječmene jarního do 500 Kč, u cukrové řepy a kukuřice v rozmezí 200 – 500 Kč, u brambor v širokém rozpětí 250 – 750 Kč a u řepky jako u plodiny s největší intenzitou použití listových hnojiv mezi 500 – 750 Kč na hektar;
- do pšenice a cukrovky se v rámci dotazovaných podniků vstupuje s listovou výživou průměrně 2x, do kukuřice 1x, do ječmene jarního 1,5x a do řepky a brambor 3x;
- ozimá řepka je často hnojena listovými hnojivy obsahující bor a další mikroprvky, mangan a zinek, z hlavních prvků se využívá hnojení sírou a hořčíkem;
- řada podniků vstupuje s listovou výživou do porostů řepky již na podzim a všechny podniky vstupují do porostů řepky minimálně dvakrát.

## 8 Seznam literatury

Ali, M. A., Tariq, N. H., Ahmed, N., Abid, M., Rahim, A. 2013. Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) to soil applied boron and zinc fertilizers under irrigated conditions. *Pakistan Journal of Agriculture. Agricultural Engineering and Veterinary Sciences* [online]. 29 (2). 114 - 125. [cit. 2019-03-12]. ISSN: 1023-1072. Dostupné z: <[http://www.sau.edu.pk/sau\\_journal/2014/vol2014/Research%20paper%203%20Vol.pdf](http://www.sau.edu.pk/sau_journal/2014/vol2014/Research%20paper%203%20Vol.pdf)>

Armin, M., Asgharipour, M. R. 2012. Effect of Time and Concentration of Boron Foliar Application on Yield and Quality of Sugar Beet. *Asian Journal of Plant Sciences* [online]. 12 (4). 444 - 448. [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <[https://www.researchgate.net/publication/265075018\\_Effect\\_of\\_Time\\_and\\_Concentration\\_of\\_Boron\\_Foliar\\_Application\\_on\\_Yield\\_and\\_Quality\\_of\\_Sugar\\_Beet](https://www.researchgate.net/publication/265075018_Effect_of_Time_and_Concentration_of_Boron_Foliar_Application_on_Yield_and_Quality_of_Sugar_Beet)>

Artyszak, A. 2014. The efficiency of foliar boron fertilization of two sugar beet varieties. Part I.: The yielding and technological quality of roots. *Fragmenta Agronomica*. 31 (3). 7 - 18.

Artyszak, A., Gozdowski, D., Kucińska, K. 2015. The Effect of Calcium and Silicon Foliar Fertilization in Sugar Beet. *Sugar Tech* [online]. 18 (1). 109 - 114. [cit. 2019-02-25]. ISSN: 0972-1525. Dostupné z: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12355-015-0371-4>>

Baier, J. 1957. *Malá abeceda výživy rostlin*. SZN. Praha. Knihovnička zemědělce.

Baier, J. 1982. *Výživa rostlin v soustavě hnojení*. Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR. Praha.

Baier, J., Popovič, V., Smetánková, M., Prokop, J., Křišťan, F., Neuberg, J., Průša, V. 1973. *Hnojení hořčíkem*. Ústav vědeckotechnických informací. Praha. Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do praxe.

Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2006. Principy mimokořenové výživy rostlin. In: Racionální použití hnojiv. Sborník z konference konané na ČZU v Praze dne 30. 11. 2006. Power Print. Praha. 16 - 21. ISBN: 80 - 213 - 1558 - X.

Baranyk, P., Fábry, A., Balík, J., Dostálová, J., Humpál, J., Kazda, J., Koprna, R., Kuchtová, P., Markytán, P., Nerad, D., Soukup, J., Šaroun, J., Škeřík, J., Volf, M. 2007. Řepka: pěstování - využití - ekonomika. Profi Press. Praha. ISBN: 978-80-86726-26-7.

Barbosa, R. H., Tabaldi, L. A., Miyazaki, F. R., Pilecco, M., Kassab, S. O., Bigaton, D. 2013. Absorbção foliar de cobre por plantas de milho: efeitos no crescimento e rendimento. Ciencia Rural [online]. 43 (9). 1561 - 1568. [cit. 2019-02-26]. ISSN: 0103-8478. Dostupné z: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782013000900005&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782013000900005&script=sci_arttext&tlng=pt)>

Bizík, J., Fecenko, J., Kotvas, F., Ložek, O. 1998. Metodika hnojenia a výživy rastlín. AT Publishing. Bratislava. ISBN: 80-967812-1-9.

Bowen, P., Menzies, J., Ehret, D. 1992. Soluble Silicon Sprays Inhibit Powdery Mildew Development on Grape Leaves. Journal of the American Society for Horticultural Science [online]. 117 (6). 906 - 912. [cit. 2019-03-05]. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.117.6.906>. ISSN: 2327-9788. Dostupné z: <<https://journals.ashs.org/jashs/view/journals/jashs/117/6/article-p906.xml>>

Čepl, J., Kasal, P. 2006. Výsledky pokusů s mimokořenovou aplikací hnojiv u brambor. In: Racionální použití hnojiv. Sborník z konference konané na ČZU v Praze dne 30. 11. 2006. Power Print. Praha. 46 - 51. ISBN: 80 - 213 - 1558 - X.

Čermák, P. 2006. Hnojiva registrovaná pro mimokořenovou výživu. In: Racionální použití hnojiv. Sborník z konference konané na ČZU v Praze dne 30. 11. 2006. Power Print. Praha. 30 - 35. ISBN: 80 - 213 - 1558 - X.

Demirevska-Kepova, K., Simova-Stoilova, L., Stoyanova, Z., Hölzerb, R., Fellerb, U. 2004. Biochemical changes in barley plants after excessive supply of copper and manganese. *Environmental and Experimental Botany* [online]. 52 (3). 253 - 266. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847204000292>>

Fernández, V., Ebert, G. 2005. Foliar Iron Fertilization: A Critical Review. *Journal of Plant Nutrition* [online]. 28 (12). 2113-2124. [cit. 2019-02-25]. DOI: 10.1080/01904160500320954. ISSN: 0190-4167. Dostupné z: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904160500320954>>

Frageria, N. K., Barbosa Filho, M. P., Moreira, A., Guimarães, C. M. 2009. Foliar Fertilization of Crop Plants. *Journal of Plant Nutrition*. 32 (6). 1044 - 1064. DOI: 10.1080/01904160902872826.

Freitas, L. B. de, Coelho, E. M., Maia, S. C. M., Silva, T. R. B. 2011. Adubação foliar com silício na cultura do milho. *Revista Ceres* [online]. 58 (2). 262 - 267. [cit. 2019-03-10]. ISSN: 0034-737X. Dostupné z: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-737X2011000200020&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2011000200020&lng=pt&tlng=pt)>

Garcia, L. R., Hanway, J. J. 1976. Foliar Fertilization of Soybeans During the Seed-filling Period. *Agronomy journal*. 68 (4). 653 - 657.

Giskin, M., Efron, Y. 1986. Planting Date and Foliar Fertilization of Corn Grown for Silage and Grain under Limited Moisture. *Agronomy journal* [online]. 78 (3). 426 - 429. [cit. 2019-02-26]. DOI: 10.2134/agronj1986.00021962007800030005x. Dostupné z: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/78/3/AJ0780030426#>>

Głowacka, A., Gruszecki, T., Szostak, B., Michałek, S. 2019. The Response of Common Bean to Sulphur and Molybdenum Fertilization. *International Journal of Agronomy* [online]. 2019. 1- 8. [cit. 2019-03-05]. DOI: 10.1155/2019/3830712. ISSN: 1687-8159. Dostupné z: <<https://www.hindawi.com/journals/ija/2019/3830712/>>

Gomaa, M. A., Radwan, F. I., Kandil, E. E., El-Zweek, S. M. A. 2015. Effect of some macro and micronutrients application methods on productivity and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). Middle East Journal of Agriculture Research [online]. 4 (1). 1 - 11. [cit. 2019-03-12]. ISSN: 2077-4605. Dostupné z: <<http://www.curreweb.com/mejar/mejar/2015/1-11.pdf>>

Henriet, C., Draye, X., Oppitz, I., Swennen, R., Delvaux, B. 2006. Effects, distribution and uptake of silicon in banana (*Musa* spp.) under controlled conditions. Plant and Soil [online]. 287 (1-2). 359 - 374. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-006-9085-4>>

Hlušek, J., Lokáš, T. 2006. Vliv mimokořenové aplikace na výnos a kvalitu zelenin. In: Racionální použití hnojiv. Sborník z konference konané na ČZU v Praze dne 30. 11. 2006. Power Print. Praha. 52 - 57. ISBN: 80 - 213 - 1558 - X.

Hlušek, J., Richter, R., Ryant, P. 2002. Výživa a hnojení zahradních plodin. Zemědělec. Praha. ISBN: 80-902-4135-2.

Houba, M., Hosnedl, V., Prokinová, E., Pazdera, J. 2002. Osivo a sadba: Praktické semenářství. Martin Sedláček. Praha. ISBN: 80-902-4136-0.

Hřivna, L., Burešová, I., Šottníková, V., Gregor, T., Radoch, T. 2011. Vliv výživy dusíkem a sírou na kvalitu zrna ječmene. In: Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. Úroda 12/2011, vědecká příloha časopisu. 483 - 486. ISSN: 0139-6013.

Hřivna, L., Janečková, M., Dostálová, Y., Vyhnánek, T., Mrkvicová, E., Trojan, V. 2014. Vliv mimokořenové výživy na kvalitu pšenic s barevným perikarpem. In: Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. Úroda 12/2014, vědecká příloha časopisu. 525 - 528. ISSN: 0139-6013.

Hu, Y., Burucs, Z., Schmidhalter, U. 2008. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. Soil Science and Plant Nutrition [online]. 54 (1). 133 - 141. [cit. 2019-02-25]. DOI: 10.1111 / j .1747-



0765.2007.00224.x. Dostupné z: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1111/j.1747-0765.2007.00224.x?src=recsys>>

Chwil, S. 2014. Effects of foliar feeding under different soil fertilization conditions on the yield structure and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agrobotanica* [online]. 67 (4). 135 - 144. [cit. 2019-03-12]. DOI: 10.5586/aa.2014.059. ISSN: 2300-357X. Dostupné z: <<https://pbsociety.org.pl/journals/index.php/aa/article/view/aa.2014.059/4023>>

Kannan, S. 2010. Foliar Fertilization for Sustainable Crop Production. In: Lichtfouse, E. Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming: Sustainable Agriculture Reviews [online]. Springer. 371 - 402. [cit. 2019-02-26]. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-90-481-8741-6\\_13](https://doi.org/10.1007/978-90-481-8741-6_13). ISBN: 978-90-481-8741-6. Dostupné z: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-90-481-8741-6\\_13](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-90-481-8741-6_13)>

Karim, M. R., Zhang, Y. -Q., Zhao, R. -R., Chen, X. -P., Zhang, F. -S., Zou, C. -Q. 2012. Alleviation of drought stress in winter wheat by late foliar application of zinc, boron, and manganese. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* [online]. 175 (1). 142 - 151. [cit. 2019-03-04]. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.201100141>. Dostupné z: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jpln.201100141>>

Koprna, R., Dundálková, L., Spíchal, L., Strnad, M., Svobodová, I., Spáčilová, V., Valenta, R. 2012. Aktuální výsledky aplikace cytokininových derivátů v jarním ječmeni. In: Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. *Úroda* 12/2012, vědecká příloha časopisu. 303 - 306. ISSN: 0139-6013.

Kovaříček, P. 1997. Plošné postřikovače pro ochranu rostlin a hnojení kapalnými hnojivy. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. Praha. Mechanizace (modrá ř.). ISBN: 80-710-5159-4.

Kowalska, J., Drożdżyński, D. 2018. Effects of Potassium Fertilisation on Potato Late Blight and Yield – Short Communication. *Plant Protect. Sci.* [online]. 54 (2). 87 - 91. [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <<https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/241803.pdf>>

Kristek, A., Kovačević, V., Antunović, M. 2000. Response of sugar beet to foliar magnesium fertilization with epsom salt. *Rostlinná výroba*. 46 (4). 147 - 152.

Kristek, A., Stojić, B., Kristek, S. 2006. Effect of the foliar boron fertilization on sugar beet root yield and quality. *Poljoprivreda* [online]. 12 (1). 22 - 26. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: <[https://hrcak.srce.hr/index.php?id\\_clanak\\_jezik=9165&show=clanak](https://hrcak.srce.hr/index.php?id_clanak_jezik=9165&show=clanak)>

Kurešová, G., Neumannová, A., Svoboda, P., Haberle, J. 2017. Efektivita aplikace stopových živin na list pšenice (*Triticum aestivum* L.). In: Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. *Úroda* 12, roč. LXV, vědecká příloha. 429 - 432. ISSN: 0139-6013.

Kwiatkowski, C. 2012. Response of winter rape (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* Metzg., Sinsk) to foliar fertilization and different seeding rates. *Acta Agrobotanica* [online]. 65 (2). 161- 170. [cit. 2019-03-05]. ISSN: 2300-357X. Dostupné z: <<https://pbsociety.org.pl/journals/index.php/aa/article/view/aa.2012.070/1033>>

Ložek, O., Slamka, P., Varga, L., Hanáčková, E., Fecenko, J. 2006. Uplatnenie mimokoreňovej výživy rastlín na Slovensku. In: Racionální použití hnojiv. Sborník z konference konané na ČZU v Praze dne 30. 11. 2006. Power Print. Praha. 62 - 67. ISBN: 80 - 213 - 1558 - X.

Melišová, L., Holková, L., Hrstková, P., Hronková, M., Klemš, M. 2010. Sledování vlivu exogenní kyseliny abscisové u odrůd ječmene s různou odolností k abiotickému stresu. In: Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. *Úroda* 12/2010, vědecká příloha časopisu. 793 - 796. ISSN: 0139-6013.

Molnářová, J., Pačuta, V. 2013. Vplyv listovej výživy a stimulátora rastu na výšku a kvalitu úrody zrna jačmeňa siateho. In: Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. *Úroda* 12/2013, vědecká příloha časopisu. 80 - 85. ISSN: 0139-6013.

Neuhaus, C., Geilfus, C. -M., Mühlhng, K. -H. 2014. Increasing root and leaf growth and yield in Mg-deficient faba beans (*Vicia faba*) by MgSO<sub>4</sub> foliar fertilization. *Journal of Plant Nutrition*

and Soil Science [online]. 177 (5). 741 - 747. [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jpln.201300127>>

Pačuta, V., Molnárová, J., Černý, I., Kašičková, I. 2013. Vplyv ročníka, odrody a listových biopřípravkov na úrodu a kvalitu řepy cukrovej. In: Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů. Úroda 12/2013, vědecká příloha časopisu. 76 - 79. ISSN: 0139-6013.

Procházka, P., Štranc, P., Pazderů, K., Štranc, J., Vostřel, J. 2017. Effects of biologically active substances used in soybean seed treatment on oil, protein and fibre content of harvested seeds. Journal of advances in agriculture [online]. 7 (4). 1178-1184. [cit. 2019-02-25]. DOI: 10.24297/jaa.v7i4.6410. ISSN: 2349-0837. Dostupné z: <<https://cirworld.com/index.php/jaa/article/view/6410>>

Procházka, S., Macháčková, I., Krekule, J., Šebánek, J., Gloser, J., Havel, L., Nátr, L., Prášil, I., Sladký, Z., Šantrůček, J., Tesařová, M., Vyskot, B. 1998. Fyziologie rostlin. Academia. Praha. ISBN: 80-200-0586-2.

Prošba-Białczyk, U., Sacała, E., Wilkosz, M. 2016. Vliv listové výživy borem na výnos a technologickou jakost cukrové řepy. Listy cukrovarnické a řepařské. 132 (7 - 8). 224 - 227.

Raven, J. A. 2003. Cycling silicon – the role of accumulation in plants. New Phytologist [online]. 158 (3). 419 - 421. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <<https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1469-8137.2003.00778.x>>

Richter, R., Hlušek, J. 1996. Průmyslová hnojiva, jejich vlastnosti a použití. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. Praha. Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN: 80-710-5121-7.

Röhl, W., Makowski, N. 2009. Listová aplikace bóru k ozimé řepce: Současný problém?!. In: Sborník z konference „Prosperující olejniný“, 10.-11.12. 2009 [online]. 59 - 62. [cit. 2019-03-26].

Růžek, P., Pišánová, J., Trčková, M. 2006. Vliv mimokořenové aplikace hnojiv na výnos a kvalitu zrna obilovin. In: Racionální použití hnojiv. Sborník z konference konané na ČZU v Praze dne 30. 11. 2006. Power Print. Praha. 41 - 45. ISBN: 80-213-1558-X.

Schönherr, J. 2000. Calcium chloride penetrates plant cuticles via aqueous pores. *Planta: An International Journal of Plant Biology* [online]. 212 (1). 112 - 118. [cit. 2019-03-05]. ISSN: 1432-2048. Dostupné z: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs004250000373>>

Škarpa, P., Kunzová, E., Zukalová, H. 2013. Foliar fertilization with molybdenum in sunflower (*Helianthus annuus L.*). *Plant Soil Environment* [online]. 59 (4). 156 - 161. [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <<https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/87628.pdf>>

Škopík, P., Bezděk, V. 1961. *Mimokořenová výživa rostlin*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. Zemědělská výroba.

Štípek, K., Černý, J., Vaněk, V., Shejbal, P. 2006. Vliv aplikace listových hnojiv a stimulátorů růstu na výnos zrna kukuřice. In: Racionální použití hnojiv. Sborník z konference konané na ČZU v Praze dne 30. 11. 2006. Power Print. Praha. 151 - 154. ISBN: 80 - 213 - 1558 - X.

Trčková, M., Raimanová, I., Růžek, P. 2006. Využití různých forem dusíku u obilnin při mimokořenové aplikaci. In: Racionální použití hnojiv. Sborník z konference konané na ČZU v Praze dne 30. 11. 2006. Power Print. Praha. 36 - 40. ISBN: 80-213-1558-X.

Trčková, M., Raimanová, I., Svoboda, P. 2009. *Listová výživa obilnin: uplatněná certifikovaná metodika*. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. ISBN: 978-80-7427-030-7.

Urban, J., Pulkrábek, J. 2018. Navýšení výnosu a jakosti cukrové řepy pomocí listové výživy a biologicky aktivních látek. *Listy cukrovarnické a řepařské*. 134 (5 - 6). 188 - 194.

Vaněk, V., Balík, J., Pavlík, M., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2016. *Výživa a hnojení polních plodin*. Profi Press. Praha. ISBN: 978-80-86726-79-3.

Vaněk, V., Tlustoš, P., Pavlíková, D., Kolář, L. 2006. Podmínky ovlivňující účinnost mimokořenové aplikace hnojiv. In: Racionální použití hnojiv. Sborník z konference konané na ČZU v Praze dne 30. 11. 2006. Power Print. Praha. 22 - 29. ISBN: 80-213-1558-X.

Vokál, B., Bárta, J., Bártová, V., Čepl, J., Čížek, M., Doležal, P., Domkářová, J., Dohanyos, M., Hausvater, Homolka, P., Horáčková, V., Hůla, J., Kasal, P., Kopačka, V., Koukalová, V., Mayer, V., Melzoch, K., Opatrný, Z., Patáková, P., Paulová, L., Polzerová, H., Rajchl, A., Rychtera, M., Šantrůček, L., Šárka, E., Ševčík, R., Tajovský, M., Vejchar, D., Zámečník, J. 2013. Brambory: šlechtění, pěstování, užití, ekonomika. Profí Press. Praha. ISBN: 978-80-86726-54-0.

Waraich, E. A., Ahmad, R., Ashraf, M. Y., Ehsanullah. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. Australian Journal of Crop Science [online]. 5 (6). 764 - 777. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-79960085498&origin=inward&txGid=38cebc2149a222158e524e0536e5a1a6>>

Wilczewski, E., Szczepanek, M., Wenda-Piesik, A. 2018. Response of sugar beet to humic substances and foliar fertilization with potassium. Journal of Central European Agriculture. 19 (1). 153 - 165. DOI: 10.5513/JCEA01/19.1.2033.

Wittwer, S. H., Teubner, F. G. 1959. Foliar Absorption of Mineral Nutrients. Annual Review of Plant Physiology [online]. 10 (1). 13 - 30. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: <<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.pp.10.060159.000305?journalCode=arplant.1>>

Wróbel, S. 2009. Response of spring wheat to foliar fertilization with boron under reduced boron availability. Journal Elementology [online]. 14 (2). 395 - 404. [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <<http://www.uwm.edu.pl/jold/poj1422009/jurnal-20.pdf>>

Anonym 1: Yara CheckIT. 2018. Yara Česká republika [online]. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: <<https://www.yaraagri.cz/vyziva-rostlin/nastroje-sluzby/yara-checkit/>>

Anonym 2: Yara ImageIT. 2018. Yara Česká republika [online]. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: <https://www.yaraagri.cz/vyziva-rostlin/nastroje-sluzby/yara-imageit/>

Anonym 8: Yara N-Sensor. 2019. Yara Česká republika [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://www.yaraagri.cz/vyziva-rostlin/nastroje-sluzby/n-sensor/>

Anonym 4: YARA N-SENSOR ALS. 2019. Leading Farmers [online]. Praha. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <https://www.leadingfarmers.cz/shop/detail/yara-n-sensor-als/12>

Anonym 5: YARA N-SENSOR WIN. 2019. Leading Farmers [online]. Praha. [cit. 2019-03-05]. Dostupné z: <https://www.leadingfarmers.cz/shop/detail/yara-n-sensor-win/12>

Anonym 7: Yara N-Tester. 2019. Yara Česká republika [online]. [cit. 2019-03-14]. Dostupné z: <https://www.yaraagri.cz/vyziva-rostlin/nastroje-sluzby/n-tester/>

Anonym 3: YARA N-TESTER NOVÝ. 2019. Leading Farmers [online]. Praha. [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.leadingfarmers.cz/shop/detail/yara-n-tester-novy-cz/13>

Anonym 6: Yara Tankmix. 2018. Yara Česká republika [online]. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: <https://www.yaraagri.cz/vyziva-rostlin/nastroje-sluzby/yara-tankmix/>

Zeidan, M. S., Mohamed, M. F., Hamouda, H. A. 2010. Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on wheat yield and quality in low sandy soils fertility. *World Journal of Agricultural Sciences* [online]. 6 (6). 696 - 699. [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: [https://www.idosi.org/wjas/wjas6\(6\)/11.pdf](https://www.idosi.org/wjas/wjas6(6)/11.pdf)

Zimolka, J., Balounová, M., Cerkal, R., Červinka, J., Doležal, P., Dvořák, J., Fajman, M., Hrstková, P., Jánský, J., Křen, J., Palík, S., Poláčková, J., Polišínská, I., Povolný, M., Procházková, B., Prokop, M., Richter, R., Ryant, P., Říha, K., Smutný, V., Tichý, F., Vaculová, K., Winkler, J., Zeman, L. 2008. *Kukuřice - hlavní a alternativní užitkové směry*. Profí Press. Praha. ISBN: 978-80-86726-31-1.

Zimolka, J., Edler, S., Hřivna, L., Jánský, J., Kraus, P., Mareček, J., Novotný, F., Richter, R., Říha, K., Tichý, F. 2005. Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press. Praha. ISBN: 80-867-2609-6.

Zukalová, H., Škarpa, P., Kunzová, E. 2009. Slunečnice - druhá nejvýznamnější olejnina v ČR. In: Prosperující olejniny 2009 - sborník referátů z konference katedry rostlinné výroby ČZU v Praze : Praha, 10.12.2009, Větrný Jeníkov, 11.12.2009. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 104 - 107. ISBN: 978-80-213-2012-3.

## 9 Přílohy

Tabulka č. 3: Faktory ovlivňující výběr listových hnojiv

Podnik	cena produktu	cena aplikační dávky na hektar	účinné látky v produktu	koncentrace účinných látek v produktu	reference od jiných uživatelů	reference od prodejce	jiné
1			x		x		
2	x	x					
3	x		x				vlastní zkušenost - vlastní pokusná plocha
4		x		x			
5			x		x		
6		x					
7	x		x				
8	x		x				
9		x		x	x	x	
10			x	x			míra rentability
11		x	x		x		mísitelnost s ostatními přípravky
12	x		x				výrobce a distribuce produktu

Tabulka č. 4: Cenové relace nakupovaných listových hnojiv do jednotlivých plodin

Podnik	pšenice ozimá	ječmen jarní	řepka ozimá	kukuřice	brambory	cukrová řepa
1	200 - 500 Kč	200 - 500 Kč	200 - 500 Kč		200 - 500 Kč	
2	200 - 500 Kč		500 - 750 Kč	200 - 500 Kč		
3	200 - 500 Kč		500 - 750 Kč			
4			500 - 750 Kč	200 - 500 Kč		
5	200 - 500 Kč	200 - 500 Kč	500 - 750 Kč			
6	200 - 500 Kč	do 250 Kč	200 - 500 Kč	do 250 Kč	nad 750 Kč	
7	200 - 500 Kč	200 - 500 Kč	500 - 750 Kč			
8	500 - 750 Kč	500 - 750 Kč	nad 750 Kč			
9	500 - 750 Kč		nad 750 Kč		nad 750 Kč	
10	do 250 Kč		200 - 500 Kč			200 - 500 Kč
11	do 250 Kč, 250 - 500 Kč	do 250 Kč	do 250 Kč		do 250 Kč	
12	do 250 Kč	do 250 Kč	200 - 500 Kč			



Tabulka č. 5: Počty vstupů s listovou výživou do jednotlivých plodin

<b>Podnik</b>	<b>pšenice ozimá</b>	<b>ječmen jarní</b>	<b>řepka ozimá</b>	<b>kukuřice</b>	<b>cukrová řepa</b>	<b>brambory</b>
1	2	2	3			2
2	1 - 2		2 - 3	1		
3	2	1	5			
4			2	1		
5	1 - 2	1 - 2	3			
6	3	1	2	1		5
7	2	2	3			
8	3	2	3		2	
9	3		4			4
10	3		4		2	
11	1	1	2			1
12	2 - 3	2	2			

## **10 Seznam příloh**

Tabulka č. 3: Faktory ovlivňující výběr listových hnojiv

Tabulka č. 4: Cenové relace nakupovaných listových hnojiv do jednotlivých plodin

Tabulka č. 5: Počty vstupů s listovou výživou do jednotlivých plodin