

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



Vliv aplikace listových hnojiv na výnos a kvalitu máku

Bakalářská práce

Autor práce: Bc. Daniel Klofáč

Vedoucí práce: Ing. Pavel Cihlář, PhD.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv aplikace listových hnojiv na výnos a kvalitu máku" 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 14.4. 2016

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Pavlu Cihlařovi, PhD. za profesionální vedení a poskytnutí cenných rad a připomínek k této bakalářské práci. Dále bych rád poděkoval rodičům za podporu, kamarádům za pomoc s prokrastinací a výrobcům energetických nápojů za sílu při psaní.

Vliv aplikace listových hnojiv na výnos a kvalitu máku

Souhrn

Cílem této práce bylo zjistit vliv aplikace listových hnojiv na výnos a kvalitu máku. Za tímto účelem byl v Červeném Újezdě proveden maloparcelkový pokus a to v 6 variantách a 4 opakováních. V pokusu byly použity přípravky CARBON S, CARBONBOR 200, CARBON Mo a CARBON Zn. První tři uvedené přípravky byly aplikovány ve fázi 6. listu, poslední přípravek byl použit k moření osiva. Hnojiva CARBON S a CARBONBOR 200 byly aplikovány i jako tank mix.

Sledovanými parametry byly hektarový výnos, hmotnost tisíce semen, počet rostlin na m², počet makovic na m², teoretický počet makovic na rostlině, hmotnost semen v makovici, hmotnost prázdných makovic, klíčivost a energie klíčivosti.

Největší vliv na výnos z hektaru měl právě tank mix hnojiv CARBON S a CARBONBOR 200. Nejvyšší HTS byla navážena u varianty ošetřené přípravkem CARBON Mo, stejně tak počet makovic na m² a hmotnost prázdných makovic. Po aplikaci CARBON S byl napočítán nejvyšší počet rostlin na m². Samostatným hnojením CARBONBOR 200 byla dosažena nejvyšší hmotnost semene v makovici a klíčivost semen merkantilu. Moření osiva přípravkem CARBON Zn mělo nejlepší efekt na energii klíčivosti. Nejvyšší teoretický počet makovic byl spočítán u kontrolní varianty.

Klíčová slova: mák, listová hnojiva, výnos semen

Effect of foliar fertilizers application on the yield and quantity of the poppy

Summary

The aim of this thesis was to find effect of foliar fertilizers application on the yield and quantity of the poppy. For this reason, there was sown a specimen at Research Station Červený Újezd. There were 6 variants with 4 repetitions. For this experiment were used these fertilizers: CARBON S, CARBONBOR 200, CARBON Mo and CARBON Zn. First 3 preparations were applied in phase of 6. leaf. CARBON Zn was used as a seed treatment. Fertilizers CARBON S and CARBONBOR 200 were also used as a tank mix.

Monitored parameters were: hectare yield, weight of 1000 seeds, quantity of plants on 1 m², quantity of poppy heads on 1 m², theoretical quantity of poppy heads on a plant, weight of seeds in poppy head, weight of empty poppy head, germination capacity of harvested seeds and energy of germination.

Tank mix of CARBON S and CARBONBOR 200 had the biggest effect on hectare yield. The biggest weight of 1000 seeds were weigh in variation which was treated with CARBON Mo, as well as quantity of poppy heads on 1 m² and weight of empty poppy head. Application of CARBON S had the highest effect on quantity of plants on 1 m². Single used CARBONBOR 200 resulted in the highest weight of seeds in poppy head and germination capacity of harvested seeds. Harvested seeds treated with CARBON Zn had the highest energy of germination.

Keywords: poppy, foliar fertilizers, yield

1 Úvod	8
2 Literární přehled	9
2.1 Význam pěstování máku	9
2.2 Požadavky na půdu a předplodinu.....	10
2.3 Výživa a hnojení máku	10
2.4 Příjem živin rostlinami	12
2.4.1 Foliární příjem živin	12
2.4.2 Struktura a funkce kutikuly.....	15
2.5 Bor	16
2.5.1 Bor v půdě	16
2.5.2 Bor v rostlině	17
2.5.3 Nedostatek a nadbytek boru v rostlině	18
2.6 Síra	18
2.6.1 Síra v půdě.....	19
2.6.2 Síra v rostlině	20
2.6.3 Nedostatek a nadbytek síry v rostlině	21
2.6.4 Vliv síry na zdravotní stav rostliny	22
2.7 Molybden.....	22
2.7.1 Molybden v půdě.....	22
2.7.2 Molybden v rostlině.....	23
2.7.3 Nedostatek a nadbytek molybdenu v rostlině.....	24
2.8 Zinek	25
2.8.1 Zinek v půdě	25
2.8.2 Zinek v rostlině	26
2.8.3 Nedostatek a nadbytek zinku v rostlině	27
3 Cíl práce	28
4 Materiál a metodika	28
4.1 Charakteristické údaje o pokusné lokalitě	28
4.1.1 Půdní charakteristika	28
4.1.2 Povětrnostní podmínky	29
4.1.3 Průběh počasí v Červením Újezdě v roce 2015	30
4.1.4 Odrůda.....	30
4.1.5 Použitá agrotechnika	31

4.1.6 Použité přípravky.....	31
4.2 Metodika pokusu	32
5 Výsledky a hodnocení produkčních ukazatelů	33
5.1 Výnos semen.....	33
5.2 Hmotnost tisíce semen	34
5.3 Počet rostlin na m ²	35
5.4 Počet makovic na m ²	36
5.5 Teoretický počet makovic na rostlině	37
5.6 Hmotnost semen v makovici a hmotnost makovic	38
5.7 Semenařské parametry merkantilu vzorku získaných z pokusu	38
6 Diskuze	40
7 Závěr.....	42
8 Seznam literatury	43
9 Příloha	48

1 Úvod

Mák je plodinou, jejíž historie sahá až k samým počátkům pěstování rostlin. Je známo využívání máku jak v lékařství, tak na produkci oleje. Na počátku 90. let došlo z důvodu velmi příznivé ekonomiky této plodiny k nárůstu pěstebních ploch v České republice, až jsme se v roce 2006 stali největším producentem a vývozcem potravinového máku na světě. Z tohoto důvodu se i zvyšuje množství pokusů a výzkumů zaměřených na zvýšení kvalitativních a kvantitativních parametrů máku. Mák velmi dobře reaguje na mimokořenovou výživu a je náročný na některé mikroelementy, jako například bor a zinek. Tato práce se zaměřuje právě na příjem prvků nadzemní části rostliny, konkrétně síry, boru, molybdenu a vliv moření osiva zinkem.

V literární rešerši uvedu souhrn dostupných poznatků o příjmu živin rostlinami se zaměřením na mimokořenovou výživu, dále pak informace o obsahu prvků v půdě, jejich příjem do rostliny, funkce v rostlině a projevy nedostatku a nadbytku těchto prvků.

V praktické části popíši metodiku pokusu, charakterizují lokalitu a uvedu použité přípravky. Uvedu výsledky variant s komentářem pro jednotlivé pozorované parametry, konkrétně hektarový výnos, hmotnost tisíce semen, počet rostlin na m², počet makovic na m², teoretický počet makovic na rostlině, hmotnost semen v makovici, hmotnost prázdných makovic, klíčivost a energie klíčivosti.

V diskuzi se pokusím porovnat své závěry s výsledky z pokusů jiných autorů.

2 Literární přehled

2.1 Význam pěstování máku

Pěstování máku v Evropě má dlouhodobou tradici. Od středověku byl pěstován jako zahradní rostlina a od konce 17. století jako polní plodina. Jako olejnina se začal využívat až v 19. století, z tohoto období pochází nejstarší zprávy o větších plochách máku na našem území. První údaje o rozloze a o produkci máku pocházejí ze 70. let 19. století. V roce 1868 byly největší pěstitelské plochy soustředěny v okolí Tábora (1 001 ha), Prahy (385 ha) a Písku (360 ha) (Fábry, 1992).

Pro pěstování máku je rozhodující úroda semene a jeho cena na trhu. Přesto že jde o maloobjemovou plodinu, snaží se pěstitelé dosahovat stabilních výnosů. Kromě semen může pěstitel prodat sklizené tobolky, které obsahují makovinu, pro farmaceutické účely (Popovec, 1998). Pěstování máku je ekonomicky velmi uspokojivé. To dokazuje růst sklizňových ploch, v roce 1990/91 bylo sklizeno okolo 9 000 ha a v roce 2008/09 téměř 70 000 ha (Vašák, 2010). Pěstební plochy s hektarovými a celkovými výnosy v České republice uvádí tabulka 1.

Tabulka 1: Plochy s hektarovými a celkovými výnosy v ČR v letech 2005-2015

Rok	Sklizená plocha [ha]	Produkce [t.ha ⁻¹]	Produkce semen [t]
2005	44 613	0,82	36 418
2006	55 785	0,55	31 591
2007	56 914	0,58	33 101
2008	69 793	0,71	49 428
2009	53 623	0,61	32 692
2010	51 103	0,46	23 690
2011	31 495	0,85	26 918
2012	18 363	0,70	12 814
2013	20 250	0,69	13 911
2014	27 020	0,91	24 665
2015	32 650	0,82	26 743

Zdroj: Český statistický úřad

2.2 Požadavky na půdu a předplodinu

Pro mák je nutné vybírat půdy hlinité, středně těžké, s dobrou strukturou, dostatečně hluboké a vzdušné. Půdní reakce by měla být neutrální. V suchých oblastech je možné mák pěstovat na těžších půdách, jílovitých ale strukturních. Naopak ve vlhčích oblastech mohou být využity lehčí písčitohlinité až hlinitopísčité půdy (Fábry, 1992)

Jako nejvhodnější předplodiny doporučuje Richter (2016) organicky hnojené plodiny nebo vikvovité rostliny. Případné hnojení hnojem doporučuje pouze na méně úrodných půdách a horších předplodinách. Organické hnojení může mít v některých případech záporný efekt, zejména tím, že v při použití ve větším množství vytváří v půdě izolační vrstvu. Ta může na sušších stanovištích narušit kapilaritu a zhoršit tak podmínky pro počáteční vzcházení máku.

Vašák (2010) jako nejvhodnější předplodiny uvádí cukrovku, silážní kukuřici, brambory a luskoviny. Naopak nedoporučuje pěstovat mák po zrnové kukuřici, slunečnici a vojtěšce kvůli vysušení půdy a nedostatku vláhy pro dobré vzejití máku. Z důvodu zaplevelení nemá pěstitel do osevního postupu zařazovat různobarevné máky a řepku.

2.3 Výživa a hnojení máku

Mák se ve svých požadavcích na výživu a díky horším schopnostech příjmu živin řadí mezi náročné plodiny na hnojení. Vyžaduje tedy hnojení v lehce přijatelných formách a dostatečném množství (Havelka, 1984). Dle Gupty (1984) mák příznivě reaguje na hnojení organickými hnojivy. Jen dávka organického hnojiva nesmí přesáhnout míru, aby nedošlo k vytvoření izolační vrstvy po zaorání. Doporučená dávka je 10 – 20 t.ha⁻¹ hnoje.

V množstvím odčerpaných živin 1 t semena se literatura rozchází. Edelbauer a Strangl (1993) a Duchoň (1948) doporučují podobné dávky. Pro 1 tunu semena je potřebné dodat rostlině 70 kg N, 26 kg P (60 kg P₂O₅), 90 kg K (108 kg K₂O) a 15 kg Mg (25 kg MgO). Naproti tomu Richter (2016) uvádí následující množství odčerpaných živin: 40 kg N, 8,8 kg P (20 kg P₂O₅), 41,5 kg K (50 kg K₂O), 4,8 kg Mg (8 kg MgO) a 18 kg síry. V případě mikroelementů doporučují dávky boru v hodnotách okolo 0,1 kg

a zinku 0,2 kg. Pro intenzivní pěstování máku se autoři shodují na dodání živin pro 2 t semen.

Dříve než mák vytvoří kulový kořen, který může dosáhnout hloubky až 75 cm, má malou osvojovací schopnost na živiny. Z tohoto důvodu musíme zajistit jejich obsah v co nepřijatelnější formě v půdě, protože zvláště v období pozvolného růstu je produkce biomasy snižena a koncentrace živin předbíhá jejich odběr (Richter a Lošák, 2004).

Příjem živin je v jednotlivých fázích růstu a etapách vývoje velmi rozdílný. V prvních fázích růstu je nejdůležitější příjem dusíku, pak fosforu a draslíku pro tvorbu sacharidů. Ve fázi stonkování vyžaduje relativně více dusíku než fosforu a draslíku pro dobrý vývin hlavní a postranních lodyh, pro vytvoření dostatečného množství velkých listů a pupat. Od fáze kvetení až do plného vytvoření semen je přijímán relativně vyšší podíl draslíku a fosforu, které zajišťují dobrý průběh kvetení, tvorby tobolek a semen (Fábry, 1992).

Z mikroelementů je pro rostlinu nejdůležitější bor a zinek. Bor zvyšuje transport cukrů a má pozitivní vliv na metabolismus fosforu v listech. Jeho nedostatek, zejména při nízké hmotnosti rostlin, vede ke kumulaci fenolických sloučenin a ke zvyšování hladiny auxinů, což se projeví nekrózami vegetačního vrcholu (Vaněk, 2010). Ve fázi čtvrtého listu doporučuje Bechyně (1993) přihnojovat na list borem v dávce 100 g a molybdenem 30 g na hektar. Fyziologický význam zinku spočívá hlavně ve specifické aktivaci mnoha enzymových reakcí. Významnou roli hraje také při tvorbě růstových hormonů. Ovlivňuje syntézu tryptofanu, z kterého vzniká kyselina β -indolyloctová (IAA) (Vaněk, 2010). Zinek doporučuje Bechyně (1993) rostlině dodat ve fázi pylových tetrad – malých pupat, v nichž nevybarvené květní lístky jsou na úrovni vrcholu tyčinek. Doporučená dávka zinku je 300 g na hektar.

Bor a zejména zinek výrazně ovlivňují jak kvantitativní tak i kvalitativní ukazatele máku jak ukazuje tabulka 2.

Tabulka 2: Vliv ošetření citrátem Zn na výnosové a jakostní ukazatele máku

Varianta	Tobolek	Průměrná		Tobolky		
	ve	hmotnost semene		s velkou		
	vzorku	na 1 tobolku		HTS		redukcí semen
	ks	g	%	g	%	%
300 g Zn (fáze pylových tetrad)	398	2,01	120,8	0,43	113	11,3
Kontrola	380	1,66	100	0,38	100	25,8

Zdroj: Bechyně a kol. (2001)

2.4 Příjem živin rostlinami

Pod tímto pojmem rozumíme proces postupu živin z vnějšího prostředí do rostliny. Příjem živin je jedním ze základních projevů života rostliny a zahrnuje v sobě kvantitativní změnu, kdy z abiotického materiálu se stává složka buňky schopná dalších asimilačních procesů, jejichž výsledkem je produkce nové hmoty (Richter a Hlušek, 1994). Rostliny mohou přijímat živiny všemi orgány: kořeny, listy, stonky, květy a u stromů i větvemi a kmenem. (Vaněk, 2010). Příjem rostlin jinými orgány než kořeny se nazývá foliární (listová) výživa (Richter a Hlušek, 1994).

2.4.1 Foliární příjem živin

V literatuře se používá termín foliární výživa, protože nejvíce aplikovaných roztoků ulpí na listech, kde je také největší množství živin přijímáno. Mechanismus příjmu živin listy se vyznačuje tím, že povrch listu na kterých ulpí postřik je chráněn před vypařováním kutikulou. Ta se při ovhčení listu rozestoupí a umožní kontakt roztoku s buňkami epidermální části listu. Po překonání kutikuly vstupují živiny do tzv. volného prostoru, který zahrnuje intermicelární prostor buněčných a mezibuněčné prostory. Tímto volným prostorem mohou živiny difundovat do hlubších vrstev mezofylu a dále do vodivých pletiv a celé rostliny (Richter a Hlušek, 1994).

Listová aplikace minerálních látek ve formě postřiku poskytuje rostlinám rychlejší dodávku živin, než příjem živin kořeny. Avšak tento způsob dodávky živin sebou nese celou řadu problémů:

- Nízká prostupnost u rostlin se silnou kutikulou (citrusy, kávovník)
- Stékání z hydrofobních povrchů
- Smytí deštěm
- Rychle vysychání roztoku postřiku
- Nízké schopnosti transportu určitých prvků z místa vstupu do dalších částí rostlin (např. vápník)
- Limitní množství makroprvků, které mohou být dodány jednou dávkou postřiku
- Poškození listu (popálení, nekrózy) (Marschner, 1995)

Pro foliární aplikaci je důležitá rychlost absorpce živin do rostliny, která je pro každý prvek jiná jak ukazuje tabulka 4. Kationty pronikají přes membrány rychleji než anionty. Nejrychleji je přijímán dusík (močovina) za ½ až 2 hodiny, dále pak draslík 10 až 24 hodin. Pro vápník, mangan a zinek je doba potřebná pro absorpci v průměru 1 až 2 dny, pro fosfor 5 až 10 dnů. Mezi nejpomalejší prvky patří železo a molybden s 10 až 20 dny (Richter a Hlušek, 1994).

Tabulka 3: Rychlost absorpce jednotlivých prvků listy

Rychlá absorpce	Střední absorpce	Pomalá absorpce
Dusík (močovina)	Vápník	Hořčík
Sodík	Síra	Měď
Draslík	Fosfor	Železo
Chlor	Mangan	Molybden
Zinek	Brom	Stroncium
Rubidium	Baryum	

Zdroj: Richter, 1994

Další faktor důležitý pro listovou výživu je mobilita jednotlivých prvků v rostlině. Z důvodů vodního gradientu v xylému je transport zajištěn floémem. Pro stanovení

rychlosti transportu jednotlivých prvků byly aplikovány izotopy (radioaktivní nebo stálé) na špičku listu a v čase sledován jejich pohyb v rostlině. Na základě těchto pokusů byly jednotlivé prvky rozděleny do skupin dle své mobility ve floému (Marschner, 1995).

Tabulka 4: Mobilita jednotlivých prvků ve floému

Vysoce mobilní	Středně mobilní	Málo mobilní
Draslík	Železo	Vápník
Hořčík	Zinek	Mangan
Fosfor	Měď	
Síra	Bor	
Dusík (amonný)	Molybden	
Chlor		
Sodík		

Zdroj: Marschner, 1995

Z dvou výše uvedených tabulek vyplývá, že řada živin, které jsou pomalu přijímány (ionty železa, molybdenu a manganu) mohou ve formě listové výživy preventivně zajistit, případně odstranit jejich nedostatky.

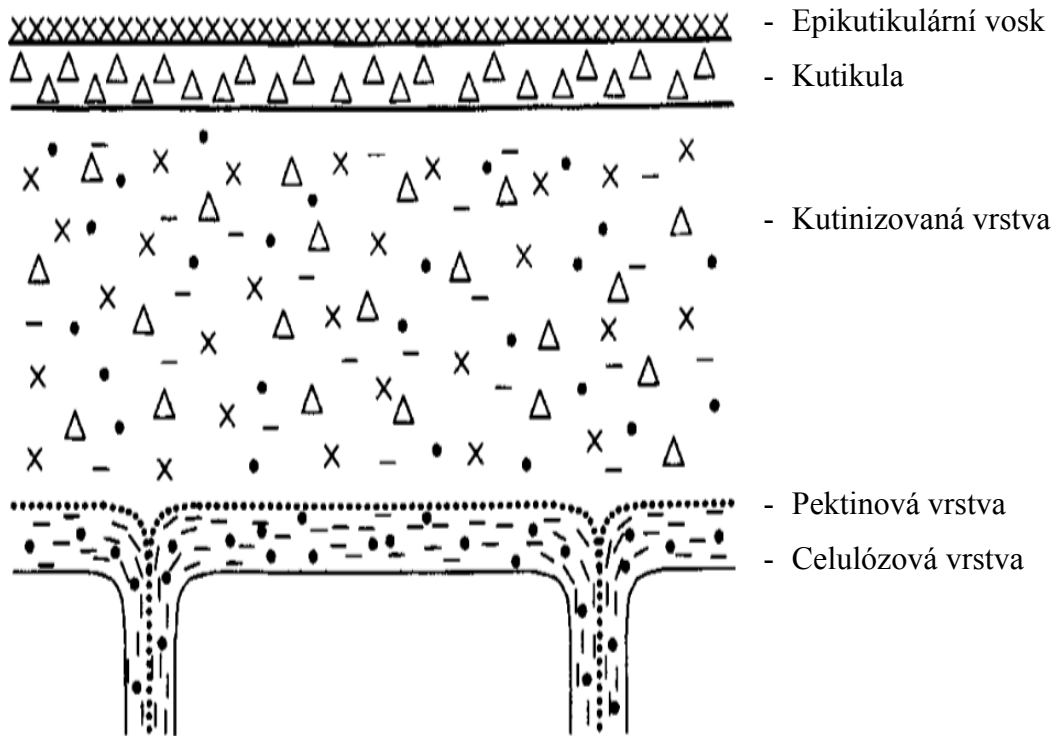
Účinnost listové výživy je ovlivněna celou řadou faktorů. Mezi ty které nemůžeme ovlivnit patří anatomicko-morfologická stavba listů, tloušťka kutikuly, stáří listů a rostliny. Ovlivnit ale můžeme koncentraci a dávku roztoku, ta by se u makrobiogenních prvků měla pohybovat okolo 2 % a mikrobiogenních do 0,2 %, aby nedocházelo k popálení listové plochy. Značný vliv mají i faktory vnějšího prostředí: vlhkost, teplota a světlo. Čím je relativní vlhkost vzduchu vyšší, tím déle zůstane roztok na povrchu listů a zvýší se vstup iontů do listu. Po odpaření vody, při vyšší teplotě, je příjem iontů omezen a může docházet i k popálení listů (Richter a Hlušek, 1994).

Listovou výživou můžeme zabránit přehnojování půd a snížit tak riziko ohrožení životního prostředí, avšak dojde ke zvýšení nákladů na hnojení. Při mimokořenové výživě lze dosáhnout až 85% účinnosti živin, kdežto při aplikaci hnojiv přes půdu pouze 30 - 60 % účinnosti podle druhu živiny (Richter a Hlušek, 1994).

2.4.2 Struktura a funkce kutikuly

U vodních rostlin jsou listy hlavním zdrojem živin místo kořenů, kdežto u rostlin kořenících v půdě je příjem živin přes listy a dalšími nadzemní orgány omezen epidermálními buňkami. Struktura těchto buněk je znázorněna na obrázku 1. Vnější strana je kryta vrstvou kutikuly a epikutikulárními vosky, které mají typickou strukturu. Tyto vosky jsou vyměšovány epidermálními buňkami a skládají se z alkoholů, ketonů a esterů vyšších mastných kyselin. Kutikula obsahuje kutin (Marschner, 1995). Ten je tvořen omega hydroxylovými kyselinami. Převážně 16-hydroxy palmitovou kyselinou, 18-hydroxy olejovou kyselinou a 18-hydroxy stearovou kyselinou (Holloway, 1992). Z důvodu přítomnosti vyšších mastných kyselin je vnější strana kutikuly hydrofobní a vnitřní strana hydrofilní. Kutinizovaná vrstva obsahuje vosk, kutin, pektin a celulózu. Kutikula má mnoho funkcí. Mezi hlavní patří ochrana rostliny před nadměrnou ztrátou vody transpirací. Další funkcí je zamezení jak organickým, tak anorganickým sloučeninám ve volném vstupu do rostliny a ochrana před škůdci a chorobami. Tyto funkce jsou silně ovlivněny teplotou, klimatickými a světelnými podmínkami (Marschner, 1995). Prostupnost molekul s nízkou hmotností (cukr, minerální prvky) a evaporace vody přes kutikulu probíhá přes hydrofilní póry v kutikule. Drtivá většina těchto pórů má rozměry menší než 1 nm a hustotu větší než 10^{10} .cm⁻² plochy listu (Schönherr, 1976). Tyto póry jsou nabitý záporným nábojem (pravděpodobně díky přítomnosti pektidové kyseliny) a výrazně tak zvyšují příjem kationtů, avšak anionty jsou odpuzovány (Tyree, 1990). Kationty jsou tedy přijímány lépe než anionty (např. NH⁴⁺ je lépe přijímán než NO₃⁻), ale v případě listového postřiku, kde je vysoká koncentrace, je vliv náboje zanedbatelný (Bowman a Paul, 1992).

Obrázek 1: Schématický náčrt struktury typických epidermálních buněk listu



X - vosk, Δ - kutin, • - pektin, — - celulóza

Zdroj: Marschner, 1995

2.5 Bor

V roce 1857 dokázali Wittstein A. a Apoiger F. jako první stanovit obsah kyseliny borité v semenech rostlin a objevili tak bor v rostlinách. Ve 20. století Agulhon, Brenchley a Warington v dalších studiích s různými rostlinami potvrzují význam boru v rostlině (Veliký, 1968).

2.5.1 Bor v půdě

Celkový obsah boru ve většiny zemědělských půd je v rozmezí $1 - 467 \text{ mg.kg}^{-1}$ a v průměru $9 - 85 \text{ mg.kg}^{-1}$. Nejvyšší hodnoty boru byly naměřeny v půdách vzniklých z mořských sedimentů. Vysoké rozmezí v obsazích boru je přičítáno různým matečným horninám a typům půd v různých geografických a klimatických oblastech (Barker a Pilbeam 2006). Minerály s vysokým obsahem boru jsou například křemičitany:

turmalín (3 - 4 % B), muskovit (1,7 % B), biotit (1,5 % B) a v malých koncentracích některé vápence a dolomity (Ryant, 2003).

Evans a Sparks (1983) rozdělili bor v půdě do 3 skupin:

- nerozpustný – vázaný na povrch jílových minerálů a hydroxidů Al a Fe
- vázaný v organické půdní hmotě
- rozpustný v půdním roztoku (volný)

Pro rostlinu je však důležitý obsah rozpuštěného boru v půdním roztoku. Nejčastěji se vyskytuje ve formě nedisociované kyseliny borité. V této formě se obsah boru pohybuje v rozmezí 0,5 – 5 mg.kg⁻¹ (Barker a Pilbeam 2006). Příjem boru je výrazně ovlivněn vnějšími podmínkami, především vlhkostí. Za sucha se zvyšuje jeho vazba v půdě – zřejmě fixací, takže je omezena jeho rozpustnost a tím i přijatelnost rostlinami. Dalším faktorem ovlivňujícím přijatelnost je půdní reakce. V kyselém prostředí je lépe přijímán než v zásaditém. Při vyšším pH se zřejmě vytvoří vápenitohlinitokřemičitanové sraženiny bory, které jsou málo rozpustné a pro rostlinu nepřijatelné (Vaněk, 2010).

2.5.2 Bor v rostlině

Bor má v rostlině nezastupitelnou funkci v celé řadě biochemických procesů. Parr a Loughman (1983) uvádí význam boru hlavně pro:

- transport cukrů
- syntézu buněčných stěn
- lignifikaci
- metabolismus karbohydrátů
- metabolismus RNA
- dýchání
- metabolismus kyseliny indolyloctové (IAA)
- metabolismus fenolů
- membrány

V rostlině je bor relativně málo pohyblivý a jeho obsah stoupá od nižších částí do vyšších. Koncentrace v rostlinách je různá, běžně se pohybuje u jednoděložných

v hodnotách mezi 2 - 5 mg.kg⁻¹ a u dvouděložných 22 - 77 mg.kg⁻¹ (Brown a kol., 1999). Podle Vaňka (2010) je ze všech zemědělských plodin obsah boru nejvyšší u rostlin produkující latex. Mezi tyto rostliny patří mák, pryšec a smetánka, obsah boru se zde pohybuje okolo 90 mg.kg⁻¹. Takto vysoká hodnota je vysvětlována vysokým množstvím meristemických pletiv, které obsahují bor, potřebných pro tvorbu latexu.

2.5.3 Nedostatek a nadbytek boru v rostlině

Kritická hodnota pro obsah boru v sušině je různá pro každou rostlinu. U obilnin se pohybuje okolo 5 mg.kg⁻¹, kdežto u dvouděložných v rozmezí 22 - 77 mg.kg⁻¹ (Richter a Hlušek, 1994).

Nedostatek boru se v rostlině projevuje nejrůznějšími příznaky. V latentní formě se projeví sníženou tvorbou zásobních látek a tím i kvality produkce. Až při výraznějším nedostatku je snížen výnos rostlin. Běžné symptomy se projevují zpomalením růstu vegetačního vrcholu. Mladé listy jsou zakrnělé, tlusté se svinutými okraji. Růstový vrchol s vrcholnými listy odumírají a rostlina krní (Vaněk, 2010).

Vysoká koncentrace boru je pro rostliny toxická. Opět je pro každou rostlinu jiná mez toxicity. Platí, že rostliny s vyššími nároky na bor snesou větší koncentrace a naopak. Příznaky se projevují na vrcholových listech, na kterých vzniká žluté zbarvení, okraje nekrotizují a celý list následně zasychá (Richter, 2003).

2.6 Síra

Pohled na síru se za poslední dekády značně změnil. Ze znečišťujícího a škodlivého prvku ve formě oxidu siřičitého na jeden z hlavních prvků ovlivňující výnos plodin v západní a východní Evropě. Zavedením legislativy ve světě za účelem snížení emisí síry dochází k nedostatku tohoto prvku a nutnosti jím hnojit. Bylo odhadnuto, že za rok 2012 bude potřeba dodat ve formě hnojiv 11 milionů tun síry, aby došlo k pokrytí původního množství síry před odsiřováním (Barker a Pilbeam 2006). V tabulce 3 můžeme sledovat dramatický pokles emisí síry v ČR v 90. letech minulého století.

Tabulka 5: Měrné emise síry v ČR ze stacionárních zdrojů v kg.ha⁻¹

Region	1990	1995	1999
Hl. m. Praha	424,0	249,5	36,0
Středočeský	89,2	61,1	13,0
Jihočeský	27,5	12,0	7,0
Západočeský	83,6	31,0	16,0
Severočeský	550,1	359,2	58,6
Východočeský	99,7	54,1	14,0
Jihomoravský	41,6	16,0	5,0
Severomoravský	84,6	46,1	19,0

Zdroj: Richter, 2003

2.6.1 Síra v půdě

Celkový obsah síry v půdě může být od velmi malých hodnot až do 2 %. Pro dobrou zásobenost rostliny je vhodný obsah vodorozpustné síry v půdě okolo 20 mg.kg⁻¹. Síra se v půdě vyskytuje jak v minerálních tak organických formách. Z minerálních sloučenin jsou přirozeným zdrojem síry siřník (pyrit, markasit a chalkopyrit) a sírany (sádrovec, anhydrit, baryt). V provzdušněných půdách (aerobních) převládají sírany a v hůře provzdušněných (anaerobních) siřníky. Síra je v půdě nejvíce rozšířená ve formě sádry (hydrát síranu vápenatého), která může rostlinám zajišťovat potřebné množství síry během vegetace. Půdní reakce nemá větší vliv na příjem síry rostlinou. (Richter, 2003).

Pro rostlinu má hlavní význam šestivazná síra ve formě síranů (SO₄²⁻), která je po přijetí rostlinou redukována a poté zabudována do organických látek (Richter a Hlušek, 1994).

Mikkelsen a Camberato (1995) rozdělili síru v půdě do 3 skupin:

- vázaná na organické sloučeniny
- nerozpustné sírany
- rozpustné sírany

Dále uvádí, že největší podíl má síra v organicky vázaných sloučeninách (až 95 % z celkové síry v půdě).

V půdě síra podléhá přeměnám v závislosti na obsahu vzduchu. Mikroorganismy rozkládají organický materiál obsahující síru a vzniká sirovodík (H_2S) a menší množství merkaptanů (SH). Pokud jsou v půdě aerobní podmínky, je sirovodík rychle oxidován sirnými bakteriemi na elementární síru a dále až na slabou kyselinu sírovou (H_2SO_4). Tento proces přeměny redukované síry se nazývá sulfurikace a je při něm uvolněno značné množství energie (Richter, 2003).

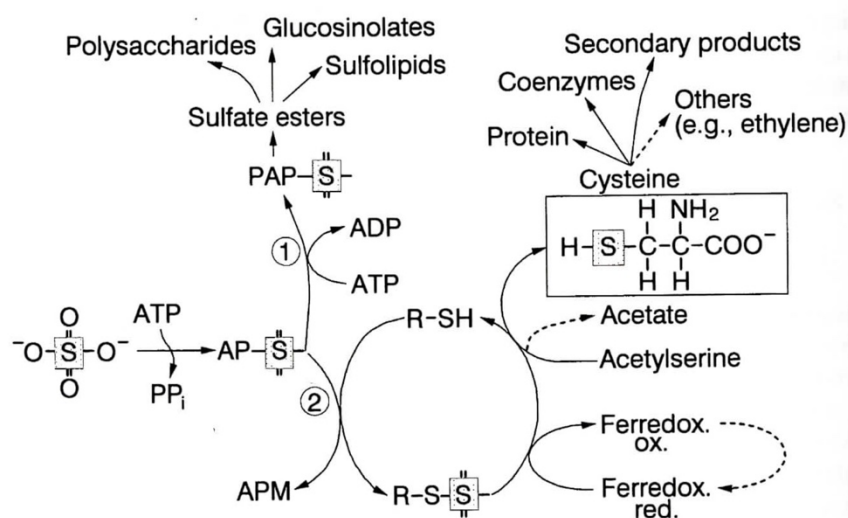
2.6.2 Síra v rostlině

Celkový obsah síry v rostlině se pohybuje mezi 0,2 – 0,5 %, u olejnin je to 1 – 1,7 % (Richter a Hlušek, 1994). Všechny rostliny obsahují síru ve formě aminokyselin cysteinu a methioninu, které jsou použity ke stavbě proteinů. Zvířata a lidé nedokáží syntetizovat aminokyseliny obsahující síru a přímo ze síranů a proto je pro nás nezbytné přijímat je z rostlin. Síra je také komponentem vitamínů (vitamín B_1 a B_7) koenzymů (acetylkoenzym A) a organických kyselin (lipoová kyselina) (Barker a Pilbeam 2006). Také obsah oleje v olejnatých rostlinách je velmi silně ovlivněn sírou (Richter a Hlušek, 1994).

Síra je v rostlině dobře pohyblivá a je transportována především do mladých listů a do meristematických pletiv. Pokud není využita přímo do organické sloučeniny, je síra v rostlině ukládána ve formě síranů jako zásobní látka. Pomocí obsahu síranu v rostlinách lze stanovovat zásobenost síry. Obsah síry pod $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ v sušině značí nedostatek síry pro rostlinu (Vaněk, 2010).

Prvním stupněm pro využití síry v rostlině je reakce kyseliny sírové s ATP. Sulfurylová skupina H_2SO_4 nahrazuje pyrosulfurylovou skupinu, za vzniku adenosinfosulfát a pyrofosfát. Reakce je katalyzována enzymem ATP-sulfuryláza. Sulfurylová skupina adenosinfosulfátu je přenášena na komplex SH nosiče, dále na acetylserin a přitom je původní SH komplex nosiče regenerován. Acetylserin je štěpen na cystein a acetát. Pro zabudování síranu do organické sloučeniny je zapotřebí energie z ATP. Místem reakce je s největší pravděpodobností mitochondrie (Richter a Hlušek, 1994).

Obrázek 2: Asimilace síranu v rostlinách



Zdroj: Marschner, 1995

Obrázek 1 znázorňuje celý postup redukce síranu až na první stabilní produkt asimilace cystein. Ten dále funguje jako prekurzor pro všechny ostatní organické sloučeniny, které obsahují síru (Marschner, 1995).

2.6.3 Nedostatek a nadbytek síry v rostlině

Nedostatek síry se v rostlině nejdříve projeví omezením syntézy bílkovin, včetně enzymů. Výrazně je snížena aktivita například nitrátoreduktázy. Přijaté nitráty nejsou v dostatečné míře převáděny na amoniak, takže v rostlinách je omezena tvorba prvotních zdrojů organických látek obsahujících dusík a nitrátový dusík se hromadí nevyužit v pletivech rostlin (Vaněk, 2010). Jelikož je síra v rostlině málo mobilní, projeví se znaky jejího nedostatku nejdříve na mladých listech, pokud nedostatek přetrvává, objeví se postupně symptomy na všech. Deficit se projevuje typickým mramorováním listů a chlorózou. Ta začíná na okrajích listů a postupně se rozšiřuje ke

středu. Jediná část listu, která si zachová zelené zbarvení je žilnatina. Možný důvod zachování zeleného zbarvení je redukce mezibuněčného prostoru v okolí žilnatiny, což vede ke snížení transportních vzdáleností a zvýšení efektivity transportu sulfátů (Barker a Pilbeam, 2006).

Vysoký obsah síranů v půdě většinou nepůsobí negativně na rostliny. Vyšší obsah snášejí rostliny poměrně dobře, protože mohou nadbytečné množství síranů ukládat

v pletivech bez poškození. Teprve velmi vysoké koncentrace nad 4 000 mg v 1l půdního roztoku působí depresivně na rostliny (Vaněk, 2010). Tudiž poškození rostlin vlivem nadbytku síry v našich podmínkách nebylo pozorováno. Častější mohou být otravy oxidem siřičitým. Poškození vlivem zvýšené koncentrace oxidu siřičitého se u rostlin projeví od lehkých skvrn na špičkách listů až po úplné vyblednutí listů (Richter a Hlušek, 1994).

2.6.4 Vliv síry na zdravotní stav rostliny

Po odsíření elektráren bylo pozorováno zvýšení výskytu houbových onemocnění, převážně v oblasti, kde dříve nebyly pozorovány. Hnojení sírou, aplikovaná ve formě síranů do půdy, mělo signifikantní vliv na snížení napadení rostlin houbovými chorobami. Možným vysvětlením pro pokles napadení je uvolňování plynů obsahujících síru, například sirovodíku (H_2S), rostlinou, který je pro houby toxický. Pomocí enzymu L-cystein desulfohydrogenázy je cystein rozložen na pyruvát, amoniak a sirovodík, který se pak následně uvolňuje z rostliny a působí fyto-sanitárně (Barker a Pilbeam, 2006).

2.7 Molybden

Molybden byl objeven roku 1778 Švédským chemikem Carlem Wilhelmem Scheelem. Avšak jeho důležitost pro rostliny byla poprvé pozorována až v roce 1939 Arnonem a Soutem v pokusech na salátu a chřestu (Barker a Pilbeam 2006).

2.7.1 Molybden v půdě

V půdě je obsažen v minerálech (molybdenit, olivín), oxidech a ve vazbě na organickou hmotu (Richter, 2003). Celkový obsah molybdenu v půdě závisí na typu půdy a zeměpisné oblasti. Půda nejčastěji obsahuje 0,013 až 17 $mg \cdot kg^{-1}$ celkového molybdenu. Avšak na půdách vzniklých z organicky bohatých jílovitých břidlic může být koncentrace až 300 $mg \cdot kg^{-1}$ (Barker a Pilbeam, 2006).

Nejběžnější forma molybdenu v půdě je MoO_4^{2-} , ale na půdách s pH nižším než 5 se může vyskytovat v nedisociovaných formách $HMoO_4^-$ a H_2MoO_4 (Kabata a Pendias,

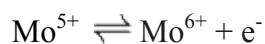
2001). Rozhodující je tedy pro příjem molybdenu pH. S každým zvýšením o 1 bod se zvýší koncentrace rozpuštěného molybdenu stonásobně (Barker a Pilbeam, 2006).

2.7.2 Molybden v rostlině

Molybden potřebují rostliny v malém množství. Běžně je v sušině rostlin obsaženo okolo $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$, což většině rostlin plně stačí ke krytí fyziologických požadavků. Rostlina přijímá molybden rozpuštěný v roztoku ve formě MoO_4^{2-} a hlavními faktory ovlivňující příjem je alkalické pH půdy a přítomnost fosforu (Vaněk, 2010). Hnojení fosforem často uvolňuje vázaný molybden z půdy do půdního roztoku a ten se pak stává přijatelný pro rostliny (Xie a Mackenzie, 1991). Fosfor také vytváří s molybdenem fosfomolybdenový komplex, který rostliny velmi ochotně absorbují (Barshad, 1951). Richter a Hlušek (1994) jako další faktor uvádí přítomnost síranových iontů v půdním roztoku, které inhibují příjem molybdenu rostlinou.

Molybden vstupuje do rostliny jak kořeny, tak nadzemní částí v případě foliární výživy. Na delší vzdálenosti je snadno transportován floémem i xylémem (Kannan, 1978). V jaké formě je přenášen v rostlině není známo, ale z chemického hlediska je jeho pravděpodobnější transport ve formě MoO_4^{2-} než v komplexních sloučeninách (Marschner, 1995). Na rozdíl od ostatních mikroživin může být molybden přijímán ve vysokém množství, aniž by měl toxický vliv na vývoj a růst rostlin. Při vyšší koncentraci je molybden ukládán do vakuol (Richter a Hlušek, 1994). Obsah molybdenu v jednotlivých částech rostliny je u každé plodiny jiný, ale obecně bývá koncentrace nejvyšší v semenech (Marschner, 1995).

Molybden je nepostradatelný pro většinu organismů a vyskytuje se ve více než 60 enzymech katalyzující oxidačně-reduční reakce (Mendel, 1999). Mezi hlavní enzymy, které by se bez molybdenu neobešly, patří nitrogenáza, nitrátoreduktáza, xantindehydrogenáza, aldehydoxidáza nebo sulfidoxidáza. Díky svému zapojení do procesu fixace vzdušného dusíku a redukce nitrátu na amoniak má molybden nepostradatelnou roli v metabolismu dusíku v rostlinách (Srivastava, 1997). Jeho hlavní význam je ve schopnosti měnit oxidační číslo, neboli schopnost přijímat a vzdávat se elektronů (Marschner, 1995).



Příjem molybdenem je také ovlivněn formou výživy dusíku. Při nitrátové výživě rostlina přijímá více molybdenu než při amoniakální (Agarwala a Hewit 1954). Zajímavé jsou i účinky molybdenu v interakci s těžkými kovy. Molybden snížil toxicitu manganu, zinku, kobaltu, mědi, niklu a hliníku. Není jisté, zda dochází k přímé iontové výměně, nebo o detoxikaci nadbytečných kovových iontů tvorbou komplexních vazeb s oxidy molybdenu (Richter a Hlušek, 1994).

2.7.3 Nedostatek a nadbytek molybdenu v rostlině

V závislosti na druhu rostliny a formě hnojení dusíkem je kritické množství nedostatku molybdenu různé, obvykle je toto množství okolo $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny. Symptomy nedostatku molybdenu jsou velmi časté u rostlin pěstované na kyselých půdách, z důvodů nízké koncentrace rozpuštěného molybdenu v půdním roztoku, a enormně hnojených nitrátovou formou dusíku (Barker a Pilbeam, 2006).

Jelikož je molybden vysoce pohyblivý v rostlině, je jeho deficit viditelný v celé nadzemní části. Tyto symptomy jsou téměř totožné jako nedostatek dusíku, z důvodu nutné přítomnosti molybdenových enzymů v nitrátreduktáze a nitrogenáze. Typický je zakrnělý růst a chlorózy na mladých listech. U dvouděložných rostlin je dalším znakem drastické snížení plochy listu, způsobené nekrotizací pletiva a nedostatečným vyvinutím cévních svazků v počátečních fázích vývoje listu (Barker a Pilbeam 2006). Vysoké nároky na molybden mají brukvovité rostliny, zejména květák a kapusta. Typickým symptomem je stáčení listů do lžičkovitého tvaru a u kvěťáku vyslepnutí srdéčka, načež rostlina nevytváří zdužnatělé květenství (Vaněk, 2010).

Rostliny díky své schopnosti ukládat nadbytečný molybden do vakuol nejsou citlivé na zvýšený obsah tohoto prvku. Toxicitní hodnota je u každého druhu jiná, například u ječmene se pohybuje okolo 135 mg.kg^{-1} sušiny, kdežto květák ani při obsahu 600 mg.kg^{-1} molybdenu v sušině nevykazuje známky toxicity (Barker a Pilbeam, 2006). Ta se projevuje deformací listů, žlutavým zbarvením a inhibicí růstu kořenů a rostlinného vrcholu (Kevresan a kol., 2001). Vysoký obsah molybdenu v rostlinách ale může způsobovat problémy ve výživě zvířat. Už koncentrace vyšší jak 10 mg.kg^{-1} v sušině způsobuje molybdenovou podagru u přežvýkavců (Marschner, 1995). Molybden v batoru skotu se sírou za vzniku thiomolybdenového komplexu, který inhibuje metabolismus mědi v těle zvířete (Stark a Redente, 1990).

2.8 Zinek

V roce 1869 Raulin prokázal důležitost zinku pro některé druhy hub a předpokládal zásadní význam tohoto prvku i pro vyšší rostliny. Jeho domněnku potvrdili Sommer a Lipman během pokusů na ječmeni a slunečnici (Barker a Pilbeam, 2006).

2.8.1 Zinek v půdě

Jeho koncentrace v půdě je 10 – 300 mg.kg⁻¹, je obsažen v křemičitanech, uhličitaněch, hydroxidech a silně kumuluje se v organické hmotě (Richter, 2003).

Dle Shumana (1991) se zinek v půdě vyskytuje v 5 formách:

- v půdním roztoku
- sorbovaný a výměnný
- zabudovaný v organických sloučeninách
- ve sloučeninách oxidů a uhličitánů
- v primárních minerálech a sekundárních hlinito-křemičitých minerálech

Na množství přijatelného zinku pro rostliny mají hlavní vliv pH a fosfor. Tabulka 4 zobrazuje vliv těchto faktorů na příjem zinku kukuřicí.

Tabulka 6: Vliv zvýšené nabídky fosforu na příjem zinku kukuřicí

pH	Obsah P v živném roztoku (ppm)	Přijato Zn (mg)
5,2	80	98,9
	160	90
6,4	80	56,6
	160	16,5

Zdroj: Vaněk (2010)

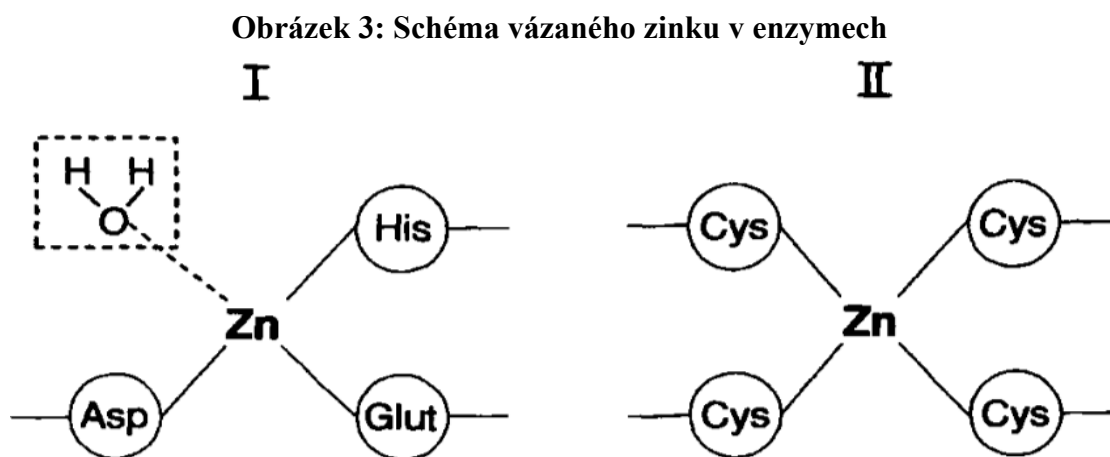
Z tabulky je patrný negativní vliv rostoucího pH a zvýšená koncentrace fosforu na příjem zinku. Zvýšené množství fosforu v půdním roztoku reaguje s přijatelným zinkem za vzniku nerozpustného fosforečnanu zinečnatého a zabrání tak sorpci zinku do rostliny (Marschner, 1995).

2.8.2 Zinek v rostlině

Zinek je přijímán rozpuštěný, převážně ve formě Zn^{2+} . Za vyššího pH může být přijat i jako kationt $ZnOH^+$ (Barker a Pilbeam, 2006). Forma, ve které je zinek translokován z kořenů do nadzemní části rostliny, není známá. Zinek byl stanoven v xylémovém exudátu dekapitovaných rostlin rajčat a v sóji. Pohyb zinku je však velmi pomalý. Ve starých listech je zinek imobilní, to je vysvětlováno jeho reakcí s fosforem za vzniku sraženiny tetrahydrátu fosforečnanu zinečnatého ($Zn_3(PO_4)_2$) (Richter a Hlušek, 1994). Vyšší obsah fosforu v rostlině má tedy vliv na transport zinku. Proto je důležitý poměr fosforu a zinku v rostlině, za normální je například u kukuřice považován poměr P/Zn (obsah obou prvků v $mg.kg^{-1}$) 50 - 200 (Vaněk, 2010). Optimální obsah zinku je 20 – 100 $mg.kg^{-1}$ v sušině (Richter a Hlušek, 1994).

Vliv na metabolismus je dán silnou tendencí formovat čtyřvazné komplexy s dusíkem, kyslíkem, příležitostně také s ligandy síry a hraje tak významnou roli v enzymatických reakcích (Vallee a Auld, 1990).

Je celá řada enzymů, ve kterých je zinek nedílnou součástí. V těchto enzymech má zinek tři funkce: katalytickou, kokatalytickou nebo strukturální (Valee, Auld, 1990). V enzymech s katalytickou funkcí (anhydráza oxidu uhličitého) je zinek vázán na 4 ligandy (model I). Tři jsou aminokyseliny, nejčastěji histidin, následován glutaminem a asparaginem. Čtvrtým ligandem je molekula vody. Pokud plní zinek strukturální funkci (alkohol dehydrogenáza), tak je koordinován do velmi stabilní S-skupiny se čtyřmi cysteiny (model II) (Coleman, 1992).



Zdroj: Marschner, 1995

2.8.3 Nedostatek a nadbytek zinku v rostlině

Nedostatek zinku je častější na zvětralých, kyselých půdách a půdách obsahujících uhličitany (Trehan a Sekhon, 1977). Prvotními znaky nedostatku zinku v rostlině je snížená biosyntéza chlorofylu a auxinu. Při deficitu může obsah auxinu klesnout až na 50 % normální hodnoty (Velický, 1964). Typický je zakrslý růst z důvodu zkrácení internod a drastické zmenšení velikostí nových listů. Dalším znakem je odumírání vegetačního vrcholu (Boardman a McGuire, 1990). Dále se na listech mezi žilnatinami vytvářejí světlé až bílé skvrny. V chlorotických pásech se objevují červenohnědé nekrotické skvrny, které se zvětšují a listy následně odumírají (Vaněk, 2010). Deficitní hodnota je pro každý druh rozdílná, obvykle se pohybuje pod 15 mg.kg^{-1} (Richter a Hlušek, 1994).

Toxické působení zinku není v přirozených podmínkách běžné. Taková situace může nastat v průmyslových oblastech s nadměrným hnojením odpady obsahujících zinek (Boardman a McGuire, 1990). Častým projevem toxicity je chloróza u mladých listů, jelikož nadbytek zinku působí negativně na příjem železa a hořčíku. Toxicita opět závisí na rostlinném druhu, tato hodnota se pohybuje od 100 mg.kg^{-1} výše (Marschner, 1995). U tolerantních druhů je zinek přesunut z cytoplasmy do vakuoly, kdežto u netolerantních druhů zůstává v cytoplasmě, kde působí toxicky. Pozorována byla pozitivní korelace mezi obsahem organických kyselin (kys. jablečná, kys. citronová) a tolerancí na vyšší obsahy zinku v rostlině (Barker a Pilbeam, 2006).

3 Cíl práce

Bakalářská práce je příspěvkem ke studiu vlivu vybraných prvků na kvantitativní a kvalitativní parametry máku setého. Řešení této studie vychází z jednoletého maloparcelkového pokusu založeného ve Výzkumné stanici Červený Újezd.

Konkrétní řešené parametry jsou:

- Výnos semen
- Hmotnost tisíce semen
- Počet rostlin na m²
- Počet makovic m²
- Teoretický počet makovic na rostlině
- Hmotnost semen v makovici a hmotnost makovic
- Klíčivost a energie klíčivosti

4 Materiál a metodika

Přesný maloparcelkový pokus byl založen ve výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Červeném Újezdě, nacházející se v okrese Praha-západ, přibližně 25 km od Prahy. Zeměpisné údaje: 50°04' zeměpisné šířky, 14°10' zeměpisné délky a nadmořská výška 398 m n. m.

4.1 Charakteristické údaje o pokusné lokalitě

4.1.1 Půdní charakteristika

Rovinatý charakter terénu s mělkými mikrodepresemi podmiňuje dobrý zásak srážkových vod a tím i uplatnění illimerizačního procesu. Jeho vlivem se na území obvodu vytvořily půdy hnědozemního typu, u kterých dochází k vyluhování svrchních půdních horizontů a posunu koloidních částic do spodiny.

Půdotvorným substrátem (80 - 120 cm) je spraš a sprašový pokryv s velmi dobrou vododržností, dobrou vnitřní drenáží. Na opukách v důsledku větší šterkovitosti a tím rychlého zásaku se projevuje vyšší vysýchavost v půdním profilu.

Zájmové území je tvořeno opukami křídového stáří, překryto sprašemi a sprašovitými pokryvy pleistocenními. Opuky jsou vápnité se šterkovitým rozpadem. Spraše a nevápnité sprašové pokryvy jsou převažujícím půdním substrátem tvořícím hnědozem, méně hnědozem luvickou, černozem hnědozemní (při slabší illimerizaci) popř. černozem luvickou (při silnější illimerizaci) a hnědozemě pseudoglejové.

Ornice je šedohnědá, hlinitá, s drobtovitou strukturou. Její hloubka je od 28 do 35 cm a má střední až silné prokořenění a biologickou činnost. Podorniční horizont (50 – 70 cm) je hnědý až rezavý, hlinitý s příměsí opuky. Prokořenění a biologická aktivita je střední.

Na pokusných plochách převažuje BPEJ 4.10.00.

Po stránce zrnitostního složení se jedná o půdy středně těžké. Objemová hmotnost činí přibližně $1,4 \text{ t.m}^{-3}$, 7% skeletu.

Půda má střední až vysokou sorpční kapacitu, sorpční komplex je plně nasycen. Půdní reakce je neutrální, obsah humusu střední. Obsah P a K je střední až dobrý. Průměrné obsahy N_{min} v předjaří činí 15,7-29,1 ppm.

4.1.2 Povětrnostní podmínky

Klimaticky pokusné stanoviště spadá do oblasti mírně teplé, klimatického okrsku mírně suchého, převážně s mírnou zimou. Průměrná roční teplota vzduchu činí 6,9 °C (za roky 1901-1950 po zohlednění interpolace stanice Lány a Karlov - 7,7 °C). Průměrný roční úhrn srážek činí 549 mm (za roky 1901-1950 činí 493 mm). Průměrná teplota ve vegetačním období (1.4. - 30.9.) je 12,9 °C (resp. 13,8 °C), průměrný vegetační úhrn srážek činí 361 mm (resp. 333 mm). Průměrná teplota ve vegetačním klidu (1.12. - 28.2.) činí -2,2 °C a úhrn srážek za toto období 53,0 mm. Sluneční svit v období 1926-1950 (Praha-Karlov) je 1902 hodin. Délka vegetačního období činí 150 - 160 dní. První mrazivý den se dostavuje v průměru 11. října. Na jaře se vyskytují mrazíky ojediněle koncem dubna.

4.1.3 Průběh počasí v Červeném Újezdě v roce 2015

Leden byl téměř bez mrazů, ve středních polohách bylo sněhu kolem 5 cm. Tzv. řepková zima (promrzlá půda) byla velmi krátká (27.12. až 10.1.15 a 7.2.-9.2.), nejvýše 16 dnů. V r. 2013/14 panovala mezi 24.1.-9.2.14, tedy 15 dnů. Jarní práce na Slánsku začaly 26.2.2015. Brzy se i selo a hnojilo prvním dusíkem (někdy i před 15.2.15), nejčastěji od přelomu února a března a poloviny března. Zima byla v oblastech se zemědělstvím obecně bez sněhu, nebo ho bylo jen 5-15 cm.

Od 16.3. 15 přišlo velké ochlazení (noc -3 °C, den +12 až +15 °C), které se jen málo zmírnilo do konce března, kdy na konci měsíce a počátkem dubna (i na Velikonoce 5. - 6.4.) až do 9.4. 15 bylo i ve středních polohách až 20 cm sněhu (v průměru jen 5-10 cm). Po zbývající část dubna byly časté noční mrazíky a už nastávalo sucho . Teprve po 26.4. 15 se oteplilo a mírně (v sumě cca 25 mm) napršelo. Od 3.5. 15 začalo teplo a bylo velké sucho. Květen byl vegetačně teplejší (den i nad 20 °C, noc pod 10 °C) s chladnými nocemi, s málo dešti. Červen již byl teplý nad 25 °C, mimo 3. dekádu bez významnějších dešťů.

Celý červenec, srpen a září 2015 se dají charakterizovat jako extrémně suché, mezi 27.7. až 16.8. i jako mimořádně horké (+32 až +39 °C). Je sice skutečností, že mezi 16.8. až 25.8. 15 přišly dost vydatné deště (v sumě i 70 mm), ale protože zem byla vyprahlá a tepla pokračovala, velké sucho zůstalo.

Dlouhodobé klimatické průměry a průběh počasí v roce 2015 v Červeném Újezdě zobrazuje tabulka 17 v příloze.

4.1.4 Odrůda

Pro pokusy byla vybrána odrůda Major. Jedná se o modrosemenný mák se středním obsahem morfinu (okolo 0,45 %). Je to všestranná odrůda vhodná do všech výrobních oblastí v ČR. Výnosový potenciál je vysoký, stejně tak jako odolnost vůči poléhání a vyvracení. Ze zdravotního hlediska se vyznačuje odolností proti helmintosporiíze a plísní makové. Díky střednímu obsahu morfinu v sušině makovic je tato odrůda zajímavá i pro farmaceutický průmysl (Vašák, 2010).

4.1.5 Použitá agrotechnika

Předplodina Ozimá pšenice

12.11. 2014 Orba

18.3. 2015 příprava půdy (1 přejezd smyk + obrány)

19.3.2015 hnojení před setím 50 kg N DASA

19.3.2014 setí mák 1,5 kg Major mořeno M Sunagreen + Enviseed

29.3. 2015 postřik Callisto 480 SC 0,25 l/ha + Command 36 SC 0,15 l/ha

15.5. 2015 hnojení 55 kg N LAD

16.5. 2015 Targa Super 5 EC 2,5 l/ha + Cyperkill 0,1 l/ha

22.5. 2015 aplikace testovaných variant BBCH 16

4.6. 2015 aplikace testovaných variant BBCH 39

12.6. 2015 Laudis OD 1,8 l/ha + Starane 250 EC 0,3 l/ha TM

18.6. 2015 aplikace testovaných variant BBCH 59

14.8. 2015 odběr makovic

14.8. 2015 Sklizeň parcelní sklízecí mlátičkou Wintersteiger Classic, následné posklizňové rozборы v průběhu měsíce října na Výzkumné stanici v Červeném Újezdě.

4.1.6 Použité přípravky

CARBON S -Listové hnojivo na bázi uhlíku s obsahem elementární síry.

S 200 g.l⁻¹ + C 12,5 g.l⁻¹; pH 7-9

CARBON Zn - Listové hnojivo na bázi uhlíku se zinkem v síranové formě.

Zn 150 g.l⁻¹ + C 75 g.l⁻¹; pH 3

CARBONBOR 200 - Listové hnojivo na bázi boru navázaným na uhlík.

B 200 g.l⁻¹ + C 90 g.l⁻¹; pH 7-9

CARBON Mo - Listové hnojivo na bázi uhlíku a dimolybdenu amonného.

Mo 60 g.l⁻¹ + C 48 g.l⁻¹; pH 4-6,5

4.2 Metodika pokusu

Ve výzkumné stanici Červený Újezd byl založen přesný maloparcelkový pokus, velikost parcel 15m² brutto, 11,250 m² netto. Počet variant bylo včetně kontroly 6, kde každá varianta byla provedena ve čtyřech opakováních.

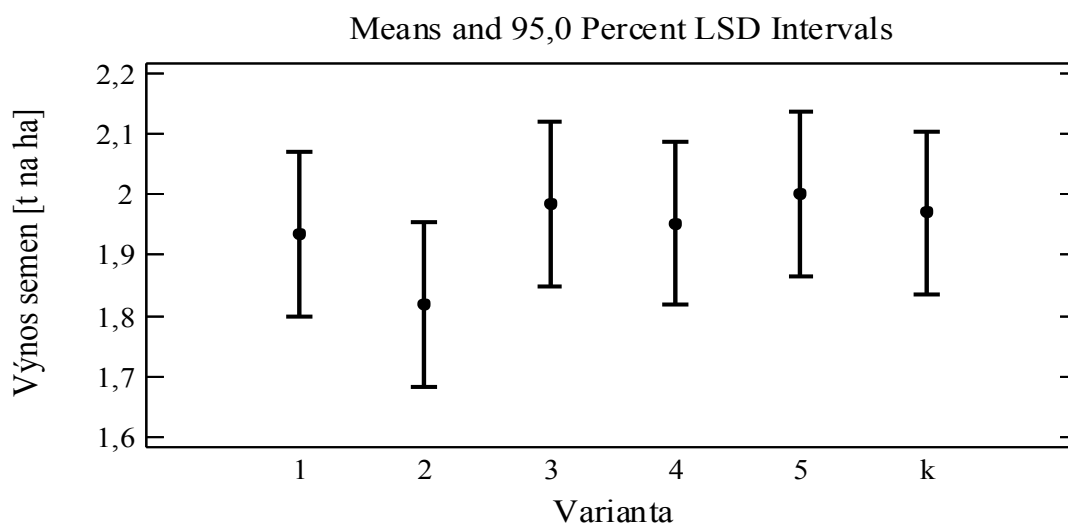
Tabulka 8: Schéma pokusu

Var.	Použitý přípravek	Dávka	Čisté živiny	Fáze
1	CARBON S	2 l.ha ⁻¹	400 g S.ha ⁻¹ + 25 g C.ha ⁻¹	6. list
2	CARBON Zn	5 l.t ⁻¹	750 g Zn.t ⁻¹ + 375 g C.ha ⁻¹	Moření
3	CARBONBOR 200	1,5 l.ha ⁻¹	300 g B.ha ⁻¹ + 135 g C.ha ⁻¹	6. list
4	CARBON Mo	2 l.ha ⁻¹	120 g Mo.ha ⁻¹ + 96 g C.ha ⁻¹	6. list
5	CARBON S + CARBONBOR 200	2 l.ha ⁻¹ + 1,5 l.ha ⁻¹	400 g S.ha ⁻¹ + 300g B.ha ⁻¹ + 160 g C.ha ⁻¹	6. list
k	Kontrola			

5 Výsledky a hodnocení produkčních ukazatelů

5.1 Výnos semen

Graf 1: Výnos semen



Zdroj: Výstup z programu Statgraphics Centurion XVI

Tabulka 8: Výsledky analýzy výnosu semen

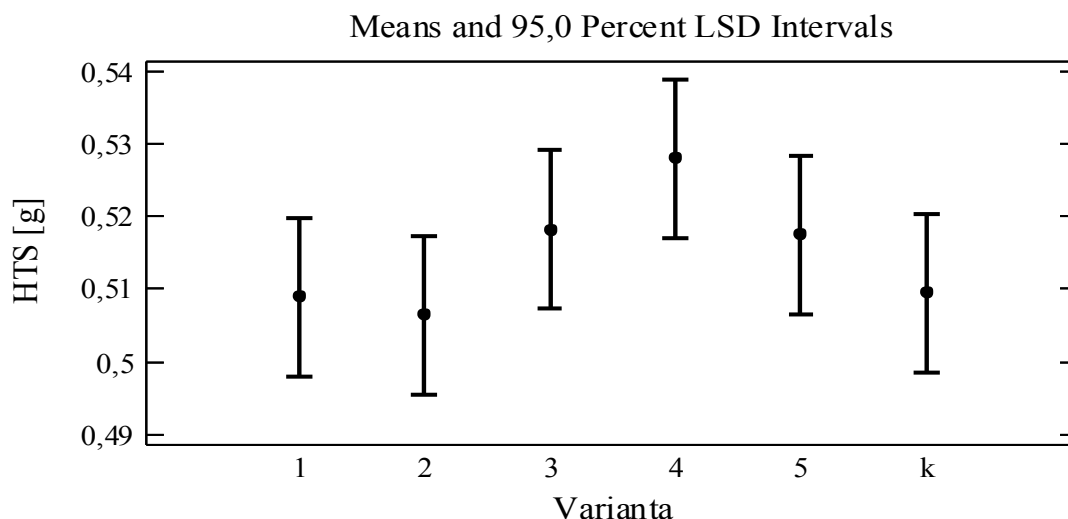
Varianta	Výnos semene [t.ha ⁻¹]	Relativní výnos semene [%]
1 – CARBON S	1,935	98,22
2 – CARBON Zn	1,818	92,28
3 – CARBONBOR 200	1,985	100,76
4 – CARBON Mo	1,953	99,14
5 – CARBON S + CARBONBOR 200	2	101,52
Kontrola	1,97	100

Zdroj: Vlastní zpracování dat

Při hodnocení výnosu semen je patrné, že žádná z proměnných není statisticky významná. Lépe než kontrola dopadly varianty 3 a 5. Nejvyšší hodnota byla zjištěna u varianty 5, při použití kombinace přípravků CARBON S a CARBONBOR 200. Výnosy u ostatních variant byly nižší než kontrola. Nejmenší výnos byl naměřen u varianty 2, o 7,72 % nižší než u kontroly, kde bylo osivo mořeno CARBON Zn.

5.2 Hmotnost tisíce semen

Graf 2: Hmotnost tisíce semen



Zdroj: Výstup z programu Statgraphics Centurion XVI

Tabulka 9: Výsledky analýzy hmotnosti tisíce semen

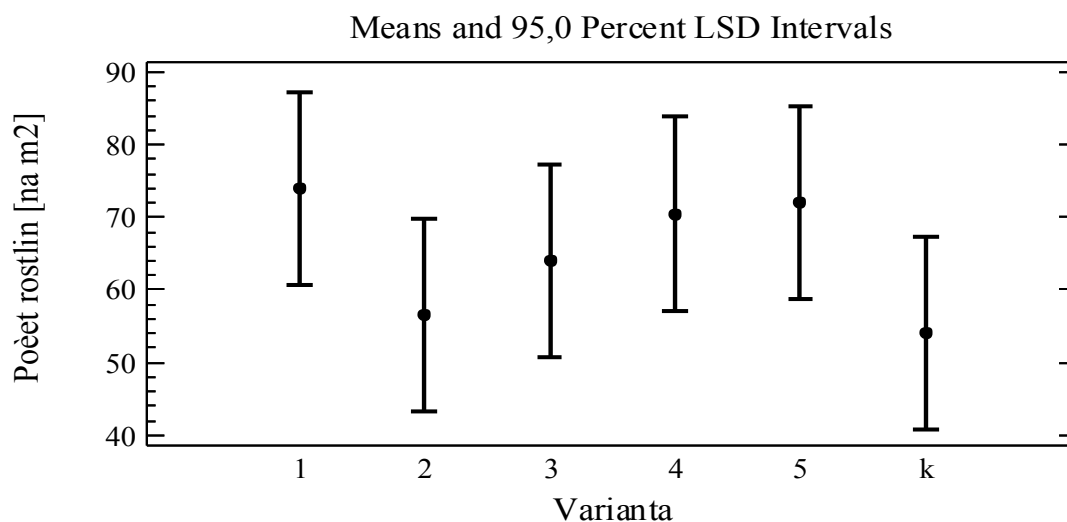
Varianta	Hmotnost tisíce semen [g]	Hmotnost tisíce semen [%]
1 – CARBON S	0,509	100
2 – CARBON Zn	0,507	99,61
3 – CARBONBOR 200	0,518	101,77
4 – CARBON Mo	0,528	103,73
5 – CARBON S + CARBONBOR 200	0,518	101,77
Kontrola	0,509	100

Zdroj: Vlastní zpracování dat

Z výsledku je patrné, že žádná hodnota není statisticky významná a rozdíly mezi jednotlivými variantami jsou minimální. Nejvyšší hmotnost měla 4. varianta, o 3,73 % více než kontrola. Další varianty, u kterých byla hmotnost vyšší než u kontroly byly 3 a 5. Hmotnost u varianty 1, které bylo dodáno 400 g S.ha⁻¹ a 25 g C.ha⁻¹, byla zcela totožná jako nehnojená varianta. Moření osiva mělo negativní vliv na hmotnost semen, avšak pouze o 0,39 %. Ve všech případech byla hmotnost tisíce semen téměř totožná s kontrolní variantou.

5.3 Počet rostlin na m²

Graf 3: Počet rostlin na m²



Zdroj: Výstup z programu Statgraphics Centurion XVI

Tabulka 10: Počet rostlin na m²

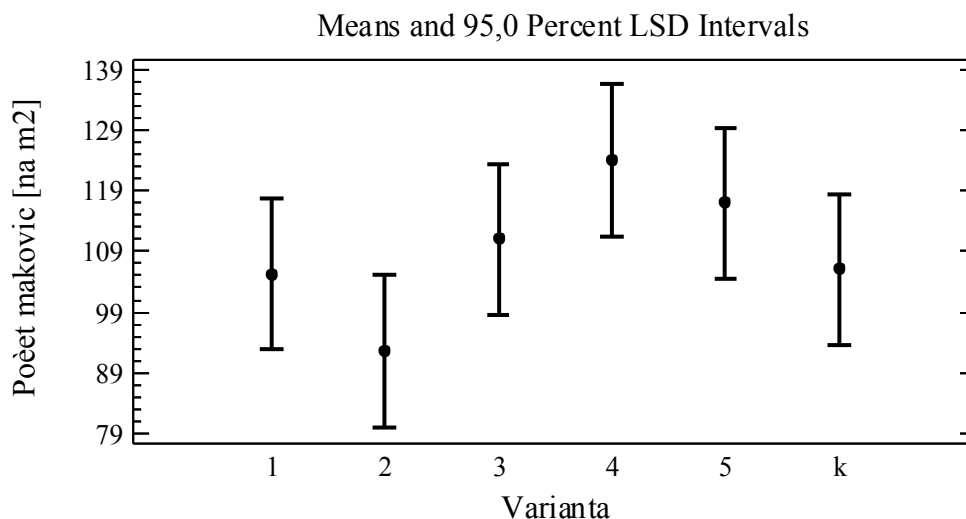
Varianta	Počet rostlin na m ² [ks]	Počet rostlin na m ² [%]
1 – CARBON S	74	137,04
2 – CARBON Zn	56,5	104,63
3 – CARBONBOR 200	64	118,52
4 – CARBON Mo	70,5	130,56
5 – CARBON S + CARBONBOR 200	72	133,33
Kontrola	54	100

Zdroj: Vlastní zpracování dat

U sledovaného znaku počet rostlin na m² je už rozdíl v jednotlivých variantách vyšší, avšak ani zde není žádná proměnná statisticky významná. Na všech parcelkách byl v době sklizně napočítán vyšší počet rostlin připadajících na 1 m², než u kontrolní varianty. Nejvyšší hodnoty byly pozorovány u variant 1, 4 a 5, a to u všech o více než 30 %. Varianta 3, kde bylo dodáno 300 g boru na hektar, byl počet rostlin vyšší o 18,52 %. Nejnižší nárůst byl zjištěn u mořené varianty 2.

5.4 Počet makovic na m²

Graf 4: Počet makovic na m²



Zdroj: Výstup z programu Statgraphics Centurion XVI

Tabulka 11: Počet makovic na m²

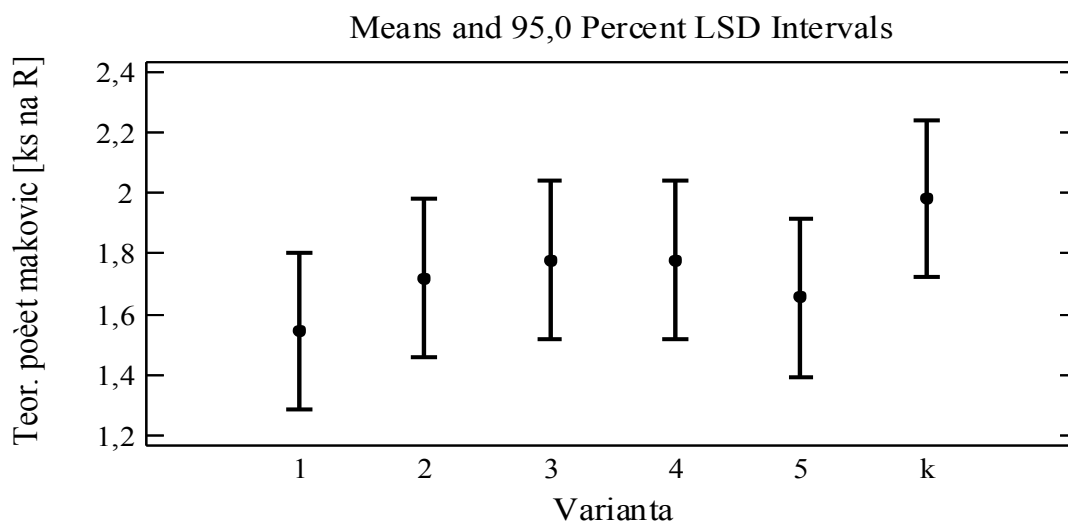
Varianta	Počet makovic na m ² [ks]	Počet makovic na m ² [%]
1 – CARBON S	105,25	99,29
2 – CARBON Zn	92,5	87,26
3 – CARBONBOR 200	111	104,72
4 – CARBON Mo	124	116,98
5 – CARBON S + CARBONBOR 200	117	110,38
Kontrola	106	100

Zdroj: Vlastní zpracování dat

Proměnné počet makovic jsou také statisticky nevýznamné. Oproti kontrole byl sledován vyšší počet makovic u variant 3, 4 a 5. Aplikace 120 g Mo.ha⁻¹ a 96 g C.ha⁻¹ u varianty 4 měla nejvyšší vliv na počet makovic na m² a to o 16,98 % vůči kontrole. Dobrý vliv měla také aplikace přípravků CARBON S společně s CARBONBOR 200 u varianty 5, kde byl nárůst o 10,38 %. Avšak použití samostatného přípravku CARBONBOR 200 způsobil nárůst o 4,72 % a CARBON S neměl téměř žádný vliv na počet makovic. U mořené varianty byl pozorován nižší počet makovic a to o 12,74 %.

5.5 Teoretický počet makovic na rostlině

Graf 5: Teoretický počet makovic na rostlině



Zdroj: Výstup z programu Statgraphics Centurion XVI

Tabulka 12: Teoretický počet makovic na rostlině [ks]

Varianta	Teoretický počet makovic na rostlině [ks]	Teoretický počet makovic na rostlině [%]
1 – CARBON S	1,545	77,95
2 – CARBON Zn	1,718	86,68
3 – CARBONBOR 200	1,778	89,71
4 – CARBON Mo	1,778	89,71
5 – CARBON S + CARBONBOR 200	1,654	83,45
Kontrola	1,982	100

Zdroj: Vlastní zpracování dat

Při hodnocení teoretického počtu makovic na rostlinách je zřejmé, že ani zde nebude žádná proměnná statisticky významná. Pro všechny varianty byl stanoven teoretický počet makovic nižší než pro kontrolu. Nejnižší počet byl určen pro variantu 1, kde bylo aplikováno $400 \text{ g S} \cdot \text{ha}^{-1} + 25 \text{ g C} \cdot \text{ha}^{-1}$, a to o 22,05 %. U ostatních variant byl teoretický počet makovic nižší v rozmezí od 10,29 – 16,55 %.

5.6 Hmotnost semen v makovici a hmotnost makovic

Tabulka 13: Hmotnost semen v makovici a hmotnost makovic

Varianta	Hmotnost semen v makovici [g]	Hmotnost makovice [g]
1 – CARBON S	2,653	1,588
2 – CARBON Zn	2,618	1,548
3 – CARBONBOR 200	3,055	1,735
4 – CARBON Mo	3,02	1,795
5 – CARBON S + CARBONBOR 200	2,638	1,573

Zdroj: Vlastní zpracování dat

Největší hmotnost semen v makovici byl navážen u varianty 3, kde bylo aplikováno 300 g boru na hektar, a to 3,055 g. Varianta 4 hnojená CARBON Mo měla také hmotnost semen přes 3 g. U zbylých 3 variant se hmotnosti pohybovaly na úrovni 2,6 g.

Výsledky u hmotnosti makovic jsou obdobné jako u hmotnosti semen v makovicích. Nejvyšší hmotnosti byly zjištěny u variant 3 a 4 a to 1,735 g a 1,795 g. Ostatní varianty dosahovaly hodnot okolo 1,5 g.

5.7 Semenářské parametry merkantilu vzorku získaných z pokusu

Tabulka 14: Klíčivost a energie klíčivosti semen

Varianta	Klíčivost [%]	Energie klíčivosti [%]
1 – CARBON S	82,25	92,25
2 – CARBON Zn	73,25	94,5
3 – CARBONBOR 200	86,75	90,25
4 – CARBON Mo	78,25	91,25
5 – CARBON S + CARBONBOR 200	84	91

Klíčivost menší než energie klíčivosti = semena vyklíčila, ale do týdne klíčky odumřely.

Zdroj: Vlastní zpracování dat

U všech variant více jak 90 % semen merkantilu vzorku získaných z pokusu dokázala vyklíčit. Nejvyšší energie klíčivosti byla u varianty 2, mořené zinkem,

a to 94,5 %. Avšak podíváme-li se na počet živých klíčků po týdnu zjistíme, že byl u této varianty zjištěn nejnižší počet živých jedinců, 78,25 % z původního množství. Nejvyšší počet jedinců týden po klíčení byl zjištěn u varianty 3 a to v počtu 86,75 % z původního množství. Více jak 80% klíčivost byla pozorována také u variant 1 a 5. Varianta 4 měla 78,25% klíčivost.

Souhrn výsledků:

Tabulka 15: Pozorované výnosové parametry 1

Varianta	Výnos semene [t.ha ⁻¹]	HTS [g]	Hmotnost	
			semen v makovici [g]	Hmotnost makovic [g]
1 – CARBON S	1,935	0,509	2,653	1,588
2 – CARBON Zn	1,818	0,507	2,618	1,548
3 – CARBONBOR 200	1,985	0,518	3,055	1,735
4 – CARBON Mo	1,953	0,528	3,02	1,795
5 – CARBON S + CARBONBOR 200	2	0,518	2,638	1,573
Kontrola	1,97	0,509		

Zdroj: Vlastní zpracování dat

Tabulka 16: Pozorované výnosové parametry 2

Varianta	Počet rostlin na m ² [ks]	Počet makovic na m ² [ks]	Teor. počet makovic na rostlině [ks]	Klíčivost [%]	Energie klíčivosti [%]
1 – CARBON S	74	105,25	1,545	82,25	92,25
2 – CARBON Zn	56,5	92,5	1,718	73,25	94,5
3 – CARBONBOR 200	64	111	1,778	86,75	90,25
4 – CARBON Mo	70,5	124	1,778	78,25	91,25
5 – CARBON S + CARBONBOR 200	72	117	1,654	84	91
Kontrola	54	106	1,982		

Zdroj: Vlastní zpracování dat

6 Diskuze

Mák se ve svých požadavcích na výživu a díky horším schopnostech příjmu živin řadí mezi náročné plodiny na hnojení. Vyžaduje tedy hnojení v lehce přijatelných formách a dostatečném množství (Havelka, 1984). Je tedy vhodné zvážit použití listové výživy a dodat plodině konkrétní požadované živiny. V této práci byl formou foliární aplikace dodán bor, molybden síra a formou moření osiva zinek.

U varianty, kde byl aplikován samostatný bor ve fázi 6. listu, došlo téměř pokaždé ke zlepšení sledovaných parametrů, pouze u teoretického počtu makovic na rostlině byla hodnota nižší než u kontroly, avšak statistická významnost nebyla ani jednou prokázána. Obdobný pokus provedl Lošák a Richter (2006), v jednoletém polním maloparcelkovém pokusu foliárně aplikovali $300 \text{ g B} \cdot \text{ha}^{-1}$ ve fázi 6. a 8. listu. U varianty, kde byl bor dodán ve fázi 6. listu došlo ke snížení výnosu o 1,2 % oproti kontrole. Aplikace listové výživy na 8. list měla za následek navýšení výnosu o 4,1 % vůči kontrole. Statická významnost u hnojených variant vůči nehnojené nebyla prokázána. Pokud sledovali počet makovic na rostlině, měla aplikace boru v obou případech za následek snížení, o 13,1 % u 6. listu, respektive 1,2 % u 8. listu.

U nádobových pokusů, kde byl bor dodán rostlině máku ve fázi 8. listu, dospěl Lošák a kol. (2005a) ke zvýšení výnosů o 6,4 %. Nabízí se zde možnost pro další pokusy a to zjišťování vlivu přípravku CARBONBOR 200 v různých fázích růstu.

Při aplikaci 400 g elementární síry na hektar u varianty 1 byly všechny pozorované parametry, kromě počtu rostlin na m^2 a teoretického počtu makovic na rostlině, téměř totožné s kontrolou. Lošák a kol. (2005b) provedl nádobové pokusy, kde aplikoval síru ve formě síranu draselného (K_2SO_4). Vliv na výnos byl oproti kontrole statisticky významný, konkrétně o 18 a 25,1 %. Je zapotřebí neopomenout možný vliv draslíku na výnos jednotlivých variant.

Z důvodu suchého roku byl výskyt plísňových onemocnění velmi slabý, a proto se neprojevil vliv elementární síry na zdravotní stav rostlin. Je zde tedy prostor pro pokusy s přípravkem CARBON S do dalších let.

Kombinace obou přípravků v tank mixu měla největší vliv na hektarový výnos ze všech variant. Kromě teoretického počtu makovic na rostlině byly i všechny další sledované znaky vyšší než kontrolní varianta.

Aplikace 120 g molybdenu na hektar nemělo na výnos semen pozitivní vliv. Avšak tento vliv byl nižší než 1 %. Kromě teoretického počtu makovic na rostlinu byla ve všech ostatních sledovaných parametrech lepší než kontrola. Hmotnost semen v makovici a hmotnost prázdných makovic byla naměřena nejvyšší ze všech variant. Ovšem ani zde nebyl žádný znak statisticky významný. Vlivu molybdenu na výnos z hektaru a hmotnost semen z tobolky máku zjišťoval Schreier (1985), který aplikoval na maloparcelkových pokusech 30 g Mo.ha⁻¹ ve fázi 6. – 7. pravého listu. Forma aplikovaného molybdenu byla molybden amonný, molybden v chelátové formě a kapalné hnojivo MKH – 18 v 1% roztoku. Nejvyšší vliv na hektarový výnos a hmotnost semen v tobolce měla chelátová forma molybdenu a to o 13 % u výnosu a 6,7 % u hmotnosti semen. Následovalo hnojivo MKH – 18 kde došlo k navýšení o 3,4 a 2,1 %. Nejnižší vliv měl molybden amonný a to o 1,3 a 1,1 %. Ani jedna z pozorovaných variant nebyla statisticky významná vůči kontrole. Vlivem molybdenu na výnos máku se zabýval také Škarpa a kol. (2012). Na pozemcích v Lešanech a Žabčicích byly provedeny pokusy s dávkou 30 g molybdenu na hektar. V Lešanech byl nárůst oproti kontrole o 1,6 %, kdežto v Žabčicích o 20,4 %. Důvod vysokého procentuálního nárůstu v pokusech v Žabčicích byl způsoben nízkými absolutními výnosy a to 0,11 t u kontroly a 0,133 t u varianty hnojené molybdenem.

Neopomenutelnou součástí všech použitých přípravků byl uhlík. Pro zjištění vlivu na příjem prvků a jejich využitelnost v rostlině by bylo zapotřebí vytvořit další pokusné varianty a aplikovat stejné dávky prvků ve stejné formě.

7 Závěr

Cílem práce bylo zjistit vliv listových hnojiv na kvantitativní parametry u máku setého. Za tímto účelem byl proveden maloparcelkový pokus ve výzkumné stanici Červený Újezd a to v 6 variantách a 4 opakováních. Na jednotlivé varianty byly aplikovány přípravky CARBON S, CARBONBOR 200, CARBON Mo ve fázi 6. listu a CARBON Zn ve formě moření osiva. Sledování jednotlivých parametrů vedlo k následujícím závěrům:

- Všechny sledované znaky byly ve všech variantách statisticky nevýznamné.
- Moření osiva mělo negativní vliv na všechny kvantitativní ukazatele, kromě počtu rostlin na m^2 . Energie klíčivosti semen merkantilu byla ze všech variant nejvyšší, ale zaznamenala nejvyšší úmrtnost klíčenců.
- Aplikace přípravku CARBON Mo zvýšila počet rostlin na m^2 , počet makovic na m^2 . Hmotnost semen v makovici byla 2. nejvyšší a hmotnost samostatných makovic byl nejvyšší ze všech variant. Semena merkantilu měla 2. nejnížší klíčivost v porovnání s ostatními variantami.
- CARBON S měl téměř nulový efekt na hektarový výnos, hmotnost tisíce semen a počet makovic na m^2 . Velmi dobrý efekt síry se projevil v počtu rostlin na m^2 , kde bylo zjištěno nejvíce jedinců ze všech variant.
- Foliární hnojení přípravkem CARBONBOR 200 mělo vliv na zvýšení výnosu vůči kontrole o 0,76 %. Hmotnost semen v makovici byla nejvyšší vůči zbylým variantám, stejně tak klíčivost semen merkantilu.
- V případě tank mixu přípravků CARBON S a CARBONBOR 200 byl zjištěn nejvyšší výnos z hektaru, počet makovic na m^2 . Ostatní sledované parametry byly průměrné nebo nižší v porovnání s ostatními variantami.

8 Seznam literatury

Agarwala, S.C., Hewitt, E.J., 1954. Molybdenum as a plant nutrient. III. The interrelationships of molybdenum and nitrate supply in the growth and molybdenum content of cauliflower plants grown in sand culture. *J. Hort. Sci.* 29:278–290.

Barker, A. V., Pilbeam, D. J. 2006. Handbook of plant nutrition. CRC Press. 632 s. ISBN: 978-0824759049.

Barshad, I. 1951. Factors affecting the molybdenum content of pasture plants. II. Effect of soluble phosphates, available nitrogen and soluble sulfates. *Soil Sci.* 71: 387–398.

Bechyně, M. 1993. Základy pěstování máku. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. s. 3, 12-13.

Bechyně, M., Kadlec, T., Vašák, J. a kol. 2001. Mák, Agrospoj, Praha, 127 s.

BERNATH, J. 1998. Poppy: the genus *Papaver*. Amsterdam, the Netherlands: Harwood Academic Publishers. ISBN 9057022710.

Boardman, R., McGuire, D. O. 1990. The role of zinc in forestry. I. Zinc in forest environments, ecosystems, and tree nutrition. *Forest Ecol. Manag.* 37: 167–205.

Bondarian, F., Torabi, S., Omid, M., Behreini, M. 2013. Study of cyklus induction and regeneration of *Papaver somniferum* L. Vol. 24, s. 41.

Bowman, D. C., Paul, J. L. 1992. Fohar absorption of urea, ammonium, and nitrate by perennial ryegrass turf. / *Am. Soc. Hortic. Sci.* III, 75-79.

Brown P. H., Bellaloui N., Hu H., Dandekar, A., 1999. Transgenically enhanced sorbitol synthesis facilitates phloem boron transport and increases tolerance of tobacco to boron deficiency. *Plant Physiol.* 119, s. 17–20.

Cihlář, P. 2015. Osobní sdělení.

Coleman. J.E. 1992. Zinc proteins: Enzymes, storage proteins, transcription factors, and replication proteins. *Annu. Rev. Biochem.* 61: 897–946.

Duchoň, F. 1948. Výživa a hnojení kulturních rostlin zemědělských. Československá akademie zemědělská. Praha. 779 s.

Edelbauer, A., Stangl, J. 1993. Nährstoffentzug durch den Waldviertler Graumohn (*Papaver somniferum* L.) im Verlauf der Vegetationszeit. In: Journal für landwirtschaftliche Forschung, 44. Band, s. 15 – 27.

Evans, C.M. Sparks, D.L. 1983. On the chemistry and mineralogy of boron in pure and in mixed systems: a review. Commun. Soil Science. Plant Anal. 14. 827–846 s.

Fábry, A. 1992. Olejniny. Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. 419 s. ISBN: 80-7084-043-9.

Farr D.F., O'Neil, N.R. 2000. Morphological and molecular studies on *Dendryphon penicillatum* and *Pleospora papaveracea*, pathogens of *Papaver somniferum* L. Vol. 92, s. 145-153, ISBN: 0027-5514.

Gupta, C. U. 2007. Boron. s. 241-278. In: Handbook of plant nutrition. Barker, A. V. et al., Boca Raton, F. L., CRC/Taylor and Francis. 613 s. ISBN: 0-8247-5904-4.

Havelka, B. 1989. Výživa a hnojení rostlin. Vysoká škola zemědělská v Brně. Brno. 225 s.

Holloway, P. J. 1982. The chemical constitution of plant cutins. p45-85 in In: The Plant Cuticle. ed. by DF Cutler, KL Alvin and CE Price. Academic Press, London. ISBN 0-12-199920-3.

Kabata-Pendias, A., Pendias, H. 2001. Trace Elements in Soils and Plants. 3rd ed., CRC Press. Boca Raton, FL. p. 260–267.

Kannan, S., Ramani, S. 1978. Studies on molybdenum absorption and transport in bean and rice. Plant Physiol. 62: 179–181.

Kapoor, L D. 1995. Opium poppy: botany, chemistry, and pharmacology. New York: Food Products Press. ISBN 1560249234.

Kevresan, S. Petrovic, N., Popovic, M., Kandrak, J. 2001. Nitrogen and protein metabolism in young pea plants as affected by different concentrations of nickel, cadmium, lead, and molybdenum. J. Plant Nutr. 24: 1633–1644.

Kolektiv autorů pod vedením Jana Vašáka, Bechyně, M., Vlk, J., Vašák, J., Cihlář, P., Kosek, Z., Pšenička, P., Zehnálek, P., Roubal, T. 2010. Mák. Powerprint. Praha. 352 s. ISBN: 978-80-904011-8-1.

Lošák T., Richter R., Hlušek J., 2005a: The Effect of Nitrogen and Boron Fertilisation on Poppy (*Papaver somniferum* L.) Yield and Composition. In: Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, sv. 502, č. 2, s. 911-917. ISSN: 0084-5477.

Lošák, T., Richter, R., Hlušek, J., Popp, T., Antonkiewicz, J., Ducsay, L. 2005b. Potassium and its forms in the nutrition of poppy (*Papaver somniferum*, L.). In: Fertilizers and Fertilization Nr 3 (24). rok VII. s. 379 – 383. ISSN: 1509-8095.

Lošák T., Richter R., 2006. Bór ve výživě máku setého (*Papaver somniferum* L.). In: Sborník z konference řepka, mák, hořčice. Česká zemědělská univerzita v Praze, únor 2006. s. 171-174.

Marschner H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press Limited. London. 889 s. ISBN: 978-0-12-473542-2.

Mendel, R.R., Schwarz, G. 1999. Molybdoenzymes and molybdenum cofactor in plants. Crit. Rev. Plant Science. 18: 33–69.

Parr, A. J., and Loughman, B. C. 1983. Boron and membrane functions in plants. In: Metals and Micronutrients: Uptake and Utilization by Plants. (Annu. Proc. Phytochem. Soc. Eur. No. 21; D. A. Robb and W. S. Pierpoint, eds.). Academic Press London. pp. 87-107.

Popovec, M. 1998. Agronomické zásady pestovania maku. s. 90-101. In: Olejiny – Strategické, agronomické a ekonomické trendy pestovania olejnin na Slovensku. Výskumný ústav rastlinnej výroby v Piešťanoch. s.150.

Richter, R., Hlušek, J. 1994. Výživa a hnojení rostlin. Vysoká škola zemědělská v Brně. Brno. 171s. ISBN: 80-7157-138-5.

Richter, R., Hlušek, J. Půdní úrodnost. 2003. Praha. Ústav zemědělských a potravinářských informací. 44s. ISBN: 80-7271-130-X.

Richter, R., Lošák, T. 2004. Aktuální otázky výživy máku. In: Sdružení Český Mák informuje, 3. makový občasník. Sborník odborných seminářů máku v roce 2008. Česká zemědělská univerzita v Praze. 27 - 31 s. ISBN: 80-213-1133-9.

Schonherr, J. 1976. Water permeability of isolated cuticular membranes: the effect of cuticular waxes on diffusion of water. *Planta* 131, 159-164.

Schreir, J. 1985. Vliv bóru a molybdenu na výnosové prvky u máku setého (*Papaver somniferum*, L.). In: *Rostlinná výroba*, 31 (LVIII), č 7. s.773 – 775.

Shuman, L.M., Welch, R.M. 1991. *Micronutrients in Agriculture*. Soil Sci. Soc. Am. Book Series No. 4. WI: Soil Science Society of America. pp. 89–112.

Srivastava, P.C. 1997. Biochemical significance of molybdenum in crop plants. In: U.C. Gupta, ed. *Molybdenum in Agriculture*. New York: Cambridge University Press. 1997. pp. 47–70.

Stark, J.M., Redente, E.F. 1990. Copper fertilization to prevent molybdenosis on retorted oil shale disposal piles. *J. Environ. Qual.* 19: 502–504.

Škarpa, P., Richter, R., Vlk, R. 2012. Mikrobiogenní prvky ve výživě máku. In: *Sborník z konference „Prosperující olejniny“*. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. s. 86 - 88.

Trehan, S.P., Sekhon, G.S.S. Effect of clay, organic matter and CaCO₃ content on zinc absorption by soils. *Plant Soil* 46: 329–336, 1977.

Tyree, M. T., Scherbatskoy, T. D., Tabor, C. A. 1990. Leaf cuticles behave as asymmetric membranes. Evidence from the measurement of diffusion potentials. *Plant Physiol.* 92, 103-109.

Vallee, B. L., Auld, D. S. 1990. Zinc coordination, function, and structure of zinc enzymes and other proteins. *Biochemistry* 29, 5647-5659.

Vaněk, V. 1998. *Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny*. Farmář – Zemědělské listy. Praha. 124 s. ISBN: 80-902413-1-X.

Veliký, I. 1964. *Mikroelementy v teorii a praxi: Úvod do biochemie a fyziologie stopových prvků u zvířat a rostlin*. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry. Bratislava. 302 s.

Vlk, R. 2009. Ovlivnění dozrávání, kvality a výnosu máku setého (*Papaver somniferum* L.). *Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů*. Disertační práce. Praha.

Xie, R.J. Mackenzie, A.F. 1991. Molybdate sorption-desorption in soils treated with phosphate. *Geoderma* 48: 321–333.

Internetové zdroje

Richter, R. Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin [online]. [cit. 2016-02-10]. Dostupné z:
http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/html/olejniny/a_index_olejniny.htm

9 Příloha

Tabulka 17: Meteorologické údaje na VS Červený Újezd v letech 2014-15

Měsíc	X 14	XI 14	XII 14	I 15	II 15	III 15	IV 15	V 15	VI 15	VII 15	VIII 15	IX 15	X 15	XI 15	XII 15
											15				
1. dekáda	12,61	7,90	4,47	2,15	-1,22	4,65	4,86	13,81	17,14	21,78	24,15	15,24	11,6	8,74	4,83
1. – 10. Srážky [mm]	4,4	1,4	14,6	13,3	1,1	6,8	6,6	22,1	13,8	9,5	0,1	8,9	29	2,1	4,7
2. dekáda 11. – 20. Teplota [°C]	13,26	7,53	5,59	2,85	0,92	4,85	10,5	12,95	30,03	21	21,6	16,41	5,24	9,55	4,93
Srážky [mm]	34,3	21,4	9,6	1,3	0	5,5	1,2	11	11,6	4,4	51,6	1,3	23,7	33,5	5,5
3. dekáda 21. – 31. Teplota [°C]	6,69	1,93	0,01	0,47	2,82	6,79	11,5	13,1	16,01	19,8	20,2	12,1	7,74	1,76	5,62
Srážky [mm]	15,4	1,3	6,4	2,4	0,5	20,3	23,2	11,6	12,6	15,5	3	1,3	0,5	16,7	1,1
Měsíc celkem	10,72	5,77	2,28	1,78	0,70	5,48	8,96	13,65	16,19	20,82	21,93	14,58	8,18	6,68	4,75
Teplota [°C]	54,1	24,1	31,6	19,1	1,6	32,6	30	44,7	37	29,4	54,7	11,5	53,2	52,3	11,3
Srážky [mm]	Počet dešt. dnů 1-5 mm	3	2	8	5	0	5	5	6	4	6	1	7	4	5
Počet dešt. dnů 5-10 mm	4	0	0	1	0	2	2	2	2	3	1	0	2	3	0
Počet dešt. dnů < 10 mm	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	2	0	2	1	0
Normál*	8,4	3	-0,5	-2,3	-0,8	2,9	7,6	12,9	16,2	17,6	17,3	13,4	8,4	3	-0,5
Srážky [mm]	26,5	29,9	22,3	21,6	21,4	26,3	34,9	67,2	63,5	58,7	67,5	33	26,5	29,9	22,3

* Praha Ruzyně 1960 - 2010

Zdroj: Meteorologická stanice Červený Újezd