

Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby

**Vliv předset'ové aplikace hnojiv na bázi stabilizovaných  
močovín na výnos máku (*Papaver somniferum* L.)**

Diplomová práce

**Vedoucí práce:** Ing. Pavel Cihlár, Ph. D.

**Autor práce:** Bc. Jan Hlaváček

**2013**

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vliv předseťové aplikace hnojiv na bázi stabilizovaných močovín na výnos máku (*Papaver somniferum* L.)“ vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne: .....

Bc. Jan Hlaváček

## Poděkování

Tímto bych rád poděkoval hlavně Ing. Pavlu Cihlářovi Ph. D. za odborné vedení této práce, motivační přístup a za cenné rady nejen z oblasti zemědělské. Mé velké dík patří také Ing. Petru Vlažnému za profesionální přístup, spolupráci a praktické rady. V neposlední řadě bych chtěl tímto poděkovat mé rodině za pomoc, psychickou a materiální podporu během studia. Dále děkuji za pochopení své přítelkyni, stojící po mém boku v jakékoliv situaci.

# Seznam příloh

Příloha 1: Meteorologické údaje

Příloha 2: Fáze 6. listu

Příloha 3: Fáze růžice

Příloha 4: Nálet mšice makové

Příloha 5: Dozrávání tobolky a semen

Příloha 6: Polní den

## Souhrn

V současné době čeští zemědělci neustále zvyšují spotřebu minerálních hnojiv, tedy hnojiv vyrobených většinou v chemickém průmyslu. Při nesprávném používání takových přípravků může docházet k poškozování přírodních zdrojů (Fialová, 2012). Za rok 2012 bylo v České republice použito 318 225 t čistých živin v minerálních hnojivech. Statkových hnojiv bylo za rok 2012 použito 13 687 821 t (Český statistický úřad, 2013).

Dusík představuje nejvýznamnější prvek v koloběhu živin. Je základním stavebním elementem bílkovin nejen u rostlin, ale i u živočichů. Zároveň má významný vliv na kvalitu životního prostředí. Používání dusíkatých hnojiv musí být v racionálním souladu s pěstovanou plodinou. Proto by měla být aplikovaná dávka N hnojiv vypočítána dle zásoby půdního dusíku  $N_{\min}$  a dle středního odběru rostliny. V případě dohnojení se musí vycházet z aktuálního výživného stavu porostu. V případě nadměrné aplikace dusíku v blízkosti rostliny dochází k nežádoucím jevům při jejím vývoji a růstu. Proto byly vyvinuty hnojiva na bázi stabilizované močoviny.

Pro úspěšnou výživu máku setého (*Papaver somniferum* L.) dusíkem je nutné zajistit dostatek přijatelného N v půdním profilu do fáze kvetení, ve které rostliny vykazují nejvyšší odběr N látek. Avšak je nutné dodat dusík nejpozději do fáze 6. listu, aby nedocházelo k nadměrnému větvení. Právě proto byla v pokusu použita hnojiva s inhibítorem nitrifikace DCD. Taková chemická sloučenina přidaná do hnojiva má schopnost potlačit rychlost přeměny dusíku nitrifikací, tj. z amonné formy na nitrátovou. Amonný dusík je pevně vázán na půdní sorpční komplex, ale právě nitráty jsou v půdě velmi dobře pohyblivé. Na evropském trhu je nejvýznamnějším hnojivem založeným na tomto principu Alzon. Toto hnojivo je vhodné především k základnímu hnojení z čehož vychází i autorův výzkum.

V teoretické části je popsána charakteristika semenného máku. Dále je zde řešena problematika přeměn dusíku v půdě. Avšak většina přehledu současné literatury je zaměřena na detailní popis principu, funkce a využití inhibitorů nitrifikace a inhibitorů ureasy.

V praktické části je vyhodnocen jednoletý maloparcelkový pokus založený na pozemcích Výzkumné stanice ČZU v Červeném Újezdu, kde je cílem práce ověření zvýšení výnosu semen máku setého po aplikaci Alzonu. Dále byl sledován vliv vhodnosti předset'ové aplikace celkové dávky N ve formě stabilizované močoviny Alzon. Sledované znaky jsou vyhodnoceny ze 4 variant ve 4 opakováních.

Hodnoty sledovaných znaků, získané různými metodami (rozbory, odběry, vizuální kontrola), jsou ve výsledcích práce statisticky vyhodnoceny. Výsledky jsou pak v diskuzi

porovnávány s výzkumy předních českých a zahraničních autorů. Výnosová zkouška vychází nejlépe u varianty, kde bylo aplikováno právě hnojivo Alzon (0,76 t/ha). Při předset'ově aplikované stabilizované močovíně s inhibítorem nitrifikace dochází k navýšení výnosu semen máku o 13 % než u varianty s předset'ově aplikovaným LAD, dohojené v 6. listu hnojivem LAD. Dále o 29 % než u varianty s předset'ově aplikovaným DASA, dohojené v 6. listu hnojivem LAD a o 69 % než u nehnojené kontroly. Při sestavení ekonomické analýzy autor zjistil, že při použití Alzonu můžeme navýšit ziskovost, aniž bychom navýšili náklady na hnojivo. Neboť pro dodání 100 kg N jsou u všech tří hnojiv obdobné náklady.

**Klíčová slova:** Alzon, inhibítor nitrifikace, stabilizovaná močovina, mák

## Summary

Currently, Czech farmers constantly increase consumption of mineral fertilizers (it means fertilizers produced mostly in the chemical industry). It may cause deterioration of natural resources in inappropriate use of this products. In 2012, the Czech Republic used 318,225 tons of pure nutrients in mineral manures. Farm manures were applied 13,687,821 tons.

Nitrogen is the most important element in the cycle of nutrients. It is an essential structural element of protein, not only in plants but also in animals. Simultaneously has also a significant impact on the quality of the environment. Use of nitrogen fertilizers must be in accordance with the cultivated crop. That is why the applied dose of N fertilizers should be calculated according to supply of soil nitrogen  $N_{\min}$  and according to middle consumption of plant. In case of final-fertilization we must issue from current nutritious state of plant. During the growth it occurs to the undesirable phenomenons in case of excessive application of nitrogen in the vicinity of plant. Have been developed fertilizers on a basis of stabilized urea.

For a successful nutrition to opium poppy (*Papaver somniferum* L.) of nitrogen is necessary to provide enough of acceptable N in the soil profile to the flowering hase. In this phase plants have the highest consumption of nitrogen. However, it is necessary to add nitrogen to the latest phase of sixth leaf to prevent excessive branching. That's why fertilizer with inhibitor of nitrification DCD was used in an trial. This chemical compound has ability to suppress the conversion rate of nitrogen by nitrification, ie from ammonium form to nitrate form. Ammonium nitrogen is tightly bound to the soil sorptional complex, but just nitrates are very mobile in the soil. In the european market „Alzon“ is the most important fertilizer based on this principle. This fertilizer is particularly suitable for basic fertilization and author's research is based on.

The theoretical part describes the characteristic of poppy and conversion of nitrogen in the soil. However, most of current literature is focused on detailed description of the principle, function and use of nitrification inhibitors and urease inhibitors.

In the practical part is a one-year small – plot field trial. Trial was based in Research Station of Farm Culs in the Červený Újezd. The aim of the work is to verify an increase of yield of poppy seeds after „Alzon“ application. Research contains observation of the influence of pre-sowing application (include total dose of N) in the form of stabilized „Alzon“ urea. Observation was evaluated in 4 variants in 4 replications.

The values of the results, obtained by different methods (analysis, sampling, visual

inspection), were statistically evaluated. The results were then compared in discussion with leading Czech and foreign researches. The best yields are in test with „Alzon“ application (0.76 t / ha). Application of stabilized urea with nitrification inhibitor leads to an increase of 13% than the application with pre-sowing LAD, of 29% than the application with pre-sowing DASA and of 69% than unfertilized control. The author found that using „Alzon“ can increase profitability without increasing the costs of fertilizer. There are a similar costs for all three fertilizers for the 100 kg N.

**Key words:** Alzon, nitrification inhibitor, stabilized urea, poppy



# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Cíle práce .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Literární přehled současného stavu problematiky.....</b>	<b>14</b>
3.1	Mák setý (Papaver somniferum L.) .....	14
3.1.1	Biologie a morfologie .....	14
3.1.2	Ideotyp .....	15
3.2	Agrotechnika máku .....	15
3.2.1	Principy výživy .....	16
3.3	Dusík a mák .....	18
3.4	Minerální dusíkatá hnojiva.....	21
3.4.1	Močovina a její přeměny v půdě.....	21
3.5	Inhibitory nitrifikace.....	23
3.5.1	Vliv teploty na účinnost inhibitorů nitrifikace.....	25
3.5.2	Druhy inhibitorů nitrifikace.....	25
3.5.3	Alzon.....	32
3.5.4	Spotřeba inhibitorů nitrifikace.....	34
3.6	Inhibitor ureasy.....	34
3.6.1	Druhy inhibitorů ureasy .....	35
<b>4</b>	<b>Materiál a metody .....</b>	<b>37</b>
4.1	Lokalita pokusu .....	37
4.2	Klimatické podmínky.....	37
4.3	Půdní podmínky .....	38
4.4	Meteorologické údaje .....	38
4.5	Založení pokusu, agrotechnika.....	39
4.6	Charakteristika použitého materiálu .....	41
4.6.1	Osivo.....	41

4.6.2	Rostlinné stimulanty .....	41
4.6.3	Fungicidy .....	42
4.6.4	Herbicidy .....	42
4.6.5	Graminocidy .....	43
4.6.6	Insekticidy .....	43
4.6.7	Minerální hnojiva .....	43
4.7	Metoda zpracování dat .....	44
<b>5</b>	<b>Výsledky pokusu.....</b>	<b>46</b>
5.1	Odběry.....	46
5.2	Sklizeň .....	60
5.3	Bodová klasifikace výkonnosti aplikovaných hnojiv .....	78
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>81</b>
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>84</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>86</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>94</b>

# 1 Úvod

Kulturní pěstování máku má v České republice mimořádnou tradici. Bohužel, naši zemědělci od pěstování této plodiny ustupují. To je především způsobeno nemalými pěstebními náklady a vidinou nejistého zisku, protože koncová cena za makový merkantil výrazně kolísá. Dále je zapotřebí zdůraznit, že pro dobrou produkci je potřeba především schopný hospodář. Česká republika je nejvýznamnější exportér této komodity, bohužel na našem území dochází k míchání s nekvalitními nepotravinářskými maky, čímž dochází ke zhoršení sensorických a nutričních vlastností. Tato skutečnost pravděpodobně ovlivňuje i jeho tržní cenu v posledních letech (Vlažný, 2012, pers. comm.)

Úspěšnost produkce nezaručí pouze kvalitní zásahy během vegetace, ale především vliv počasí, na kterém jsou makové porosty závislé. Dlouhodobého pěstování máku setého je pro zemědělce rentabilní. Přesto rok 2012 zaznamenává další pokles produkce máku. To je způsobeno především meziročním poklesem pěstitelských ploch o 42 %. Na úkor výměr makových polí se pěstitelé přiklání k výnosovějším plodinám, především silážní kukuřici (*Zea mays* L.).

*Tab. 1: Vývoj osevních ploch a produkce máku setého v ČR.*

*U jednotlivých let jsou uvedeny údaje vývoje ploch osetých mákem, celkové sklizeň na území, průměrného výnosu a průměrné farmářské ceny. V roce 2012 je uváděná cena průměrem od ledna do listopadu – v září a listopadu 2012 dochází k výraznému nárůstu ceny, která v březnu 2013 dosáhla hranice 53 Kč za 1 kg.*

Rok	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Plocha (ha)	57 785	56 914	69 793	53 623	51 103	31 495	18 363
Sklizeň (t)	31 591	33 101	49 428	32 692	23 690	26 918	12 814
Výnos (t/ha)	0,55	0,58	0,71	0,61	0,46	0,85	0,70
Cena (Kč/kg)	31,1	50,3	67,0	21,7	24,7	28,5	30,3

*Zdroj: Český statistický úřad, 2013, Vašák 2013*

V diplomové práci je řešen vztah dusíkatého hnojiva Alzon na bázi inhibitoru nitrifikace k výnosu semen máku setého. Tyto inhibitory se stávají moderním trendem ve hnojení a jejich použití se rozšiřuje především v řepce olejné (*Brassica napus*) a obilninách. Předností takových hnojiv je potlačení procesu rychlé přeměny dusíku nitrifikací v půdě za klimaticky (srážky, teploty, vítr) příznivých podmínek, tudíž je v půdě po delší dobu přítomen

dusík v amonné formě. Použití močovín v zemědělském průmyslu dosahuje 50 % ze všech N hnojiv. Dusík přechází v půdě mnohými změnami, s tím souvisejí i jeho ztráty (volatilizace, denitrifikace, vyplavování). Při aplikování těchto stabilizovaných močovín, do značné míry omezíme ztráty dusíku, čímž zvýšíme jeho využití a žádoucí hospodářský efekt.

Vzhledem k narůstajícímu tlaku na ochranu životního prostředí, jeví se toto hnojivo jako optimální především k použití v intenzifikované zemědělské výrobě. Tato hnojiva představují šetrnou formu kvalitní dopravy živin dusíku k rhizosféře rostliny. Zároveň jejich používání omezuje negativní ovlivnění kvality vodních zdrojů a atmosféry, kdy se velmi dobře pohyblivé nitráty neproplavují, ale ani nevytěkávají nebezpečné formy dusíku. Nitráty, v některých případech průsaku do spodních vod, mohou působit až toxicky. Vytěkané sloučeniny N představují spoluúčastníka podílejícího se na skleníkovém efektu.

Racionálním použitím stabilizovaných močovín lze při správné technologii dosahovat špičkových hospodářských výsledků. Dále může takové použití zlepšit ekonomiku podniku a zároveň respektovat principy trvale udržitelného rozvoje. Soubor těchto předpokladů může zlepšovat konkurenceschopnost firmy na nečestnostmi protřelém makovém trhu.

## 2 Cíle práce

Cílem této práce je ověření vhodnosti předset'ové aplikace stabilizovaných močovín, na bázi inhibitoru nitrifikace, na výnos semen máku setého. Pokus je založen na moloparcelkách, metodou náhodných čtverců. V rámci pokusu jsou porovnávány výsledky ze 4 variant aplikovaných N hnojiv. Pro kvalitu výpovědi a statistického zpracování byl pokus založen ve 4 opakováních. Na variantu číslo jedna byla dne 22. 3. 2012 aplikována celková dávka N (100 kg čistých živin) před setím ve hnojivu Alzon, tedy stabilizované močovině. Druhou variantou je předset'ová aplikace, dne 22. 3. 2012, 50 kg čistých živin N ve hnojivu LAD, u které bylo dne 20. 5. 2012, ve fázi 6. listu, dodáno 50 kg čistých živin N ve hnojivu LAD. Na třetí variantě bylo dne 22. 3. 2012 předset'ově aplikováno 50 kg čistých živin N ve hnojivu DASA, dále bylo dne 20. 5. 2012, ve fázi 6. listu, dodáno 50 kg čistých živin N ve hnojivu LAD. Čtvrtou variantou je nehnojená kontrola. Metodou zjištění vhodnosti použitých hnojiv je porovnání sledovaných znaků mezi jednotlivými variantami v kapitole číslo 5.

Sledovanými znaky jsou při rozdílné aplikaci hnojiv tyto: délka kořene (cm), délka nadzemní části rostliny (cm), počet makovic na rostlinu (ks), hmotnost kořene (g), hmotnost nadzemní části rostliny (g), zastoupení sušiny v kořeni (%), zastoupení sušiny v nadzemní části rostliny (%), výnos semen (t/ha), výnos semen bez extrémní hodnoty (t/ha), hmotnost tisíce semen – HTS (g), hmotnost semen v makovici (g), počet rostlin na (m<sup>2</sup>), počet makovic na (m<sup>2</sup>), výška porostu (cm), zastoupení stojících rostlin (%), zastoupení polehlých rostlin (%).

Ze zjištěných poznatků je stanoveno doporučení k používání těchto N hnojiv pro zemědělskou praxi. Navržen je vhodný termín a aplikační dávka. Cílem práce není sledování výnosu vedlejších produktů, tedy makoviny a slámy.

Z uvedených cílů práce vychází základní hypotéza:

- Hypotéza H<sub>0</sub>: Dusíkatá hnojiva s přidaným inhibitorem nitrifikace zlepši příjem dusíku a tím zajistí vyšší výnos.

## 3 Literární přehled současného stavu problematiky

### 3.1 Mák setý (*Papaver somniferum* L.)

#### 3.1.1 Biologie a morfologie

Mák setý (*Papaver somniferum* L.) z čeledi mákovitých (*Papaveraceae*) řadíme do rodu *Papaver*, který svým rozsahem obsahuje dalších 120 druhů (Novák et Preininger, 1981; Bechyně et Novák, 1987). Rostlinné taxony se dají od sebe bezpečně rozeznávat pomocí morfologicko – popisné metody. Charakteristickým je pro rostlinu oblast floému, obsahující síť článkovaných mléčnic s latexem, v němž jsou obsaženy alkaloidy (Bechyně et Novák, 1987).

*Papaver somniferum* L. ze sekce *Papaver* sp. se dorůstá výšky 0,5 – 2,0 m. Plocha květních stopek může být lysá nebo obrostlá tuhými trichomy. Listy jsou svým postavením peřenoklané, mělce dělené a okraje jsou více či méně zubaté. Barva květu je fialová, v jiném případě bílá a obě varianty spojuje tmavá skvrna na bázi. Zuby terče jsou od sebe různě vzdáleny a okraje terčovitých paprsků, které jsou blanité, se navzájem nepřekrývají (Bechyně et Novák, 1987).

Rostliny máku setého jsou diploidní nebo ve výjimečných případech tetraploidní. Přítomnost morfinanových (morfin, kodein a thebain) a ftalidisochinolinových alkaloidů (narkotin) zajišťuje jedinečná schopnost, pouze u rostlin máku setého, demethylace methoxylových skupin. Současný výzkum je zaměřen na hledání chemotypů výhradně obsahujících vysoké množství kodeinu, thebainu a papaverinu, tedy lékařsky ceněných látek. Tento fakt však nemění nic na tom, že prodej morfinu a semene zůstává neotřesitelným aspektem hospodářské produkce. Nicméně zápornou stranou v pěstování z hlediska využitelnosti jsou nelegální porosty opiového máku, které svou světovou výměrou v období 2000 – 2009 dvojnásobně přesáhly světovou výměru legální produkce olejného máku (Vašák et al., 2010).

V České republice je významným plevelem máku setého mák vlčí (*Papaver rhoeas*), ale mohou se zde nacházet také jiné druhy, jako jsou mák pochybný (*P. dubium*), mák Lecoqův (*P. lecoqui*), mák časný (*P. cosine*), mák bělokvěť (*P. maculosum*), mák polní (*P. argemone*) a výjimečně mák zvrhlý (*P. hybridum*), hospodářsky méně významné (Havel et al., 2010).

### 3.1.2 Ideotyp

Z hlediska produkce a tedy i ekonomického faktoru je cílem hospodáře, aby výsledný porost byl v nejvyšší potenciální kvalitě. Nejlepších možných výsledků dosahuje mák setý při splnění těchto parametrů:

Kvantitativní a kvalitativní znaky:

- 2,0 – 2,2 t/ha semene,
- 1,4 – 1,6 t/ha makoviny,
- 1,2 – 1,4 t/ha oleje,
- 10 – 12 kg/ha morfinu.

Morfologické znaky:

- výška rostliny: 0,9 – 1,0 m,
- počet větví/rostlina: 0 – 1,
- počet makovic/rostlina: 1 – 2 při počtu 65 – 70 rostlin/m<sup>2</sup> ve fázi sklizně a 100 makovic/m<sup>2</sup>,
- velikost makovic: středně velké s 12 – 14 paprsky na bliznové korunce,
- hmotnost plné makovice: 4,5 – 5,5 g s 5 – 6 tisíci semen, z toho 2,2 – 2,5 g semen/makovici s hmotností tisíce semen nad 0,5 g,
- tloušťka rostliny na bázi stonku: 16 – 20 mm,
- délka křivého kořene: 0,8 – 1,0 m bez zřetelného větvení (Vašák et al., 2010).

## 3.2 Agrotechnika máku

Mák setý je svými požadavky na zpracování půdy velmi náročnou plodinou, protože jeho semena s velmi malou velikostí se sejí cca do 1 cm hloubky (Hůla, 1997). Pro přípravu půdy lze volit tradiční, ale i minimalizační technologii (Vašák, 2010). Základním krokem je střední hloubka orby. Hluboká se doporučuje v řepářských výrobních oblastech (Hůla, 1997). Orbou docílíme provzdušnění půdy a obrácení skrývky ornice (Kumhála et al., 2007). Podmítku děláme před orbou, zvláště když je předplodinou máku obilovina. Na podzim je vhodné zahlazení poorebních brázd. Nevhodným pracovním nástrojem pro tuto operaci je drtič hrud, protože pozemek na těžších půdách vytváří škraloup nepropustné půdy.

Nejdůležitějším krokem se stává včasná předset'ová příprava půdy, která zásadně ovlivňuje správné klíčení semen. Přípravu kvalitního set'ového lůžka o hloubce 4 cm lze docílit použitím různých druhů kombinátorů (kompaktorů), jejichž předností jsou aktivně poháněné pracovní nástroje, včetně utužovacích válců (např. cambridge válce). Spon řádků je závislý na technologii pěstování. Pokud ošetřujeme herbicidy, můžeme použít menší rozteč činicí 20 – 25 cm. Pokud porost plečkujeme, volíme širší variantu setého řádku (Hůla, 1997).

Mák lze pěstovat na Zemi v různých lokalitách, většinou na písčitých a jílových půdních typech, ale dobře zoraných a připravených.

V Indii pro setí ozimého máku připravují půdu opakovanou mělkou orbou s vláčením a při výsadbě někdy kolem přelomu měsíce října a listopadu se smíchává s jemnou zeminou či popelem pro usnadnění výsevu 3kg/ha jemných semen. Následně pozemek rozdělují na parcelky 2 x 3 m, kde se podél jejich stran vyhloubí kanálky 2,5 cm hluboké. Tento systém tvoří síť zavlažovacích koryt, které zaručí rovnoměrný příjem vody, tedy optimální růst (Kapoor, 1995).

V zemích subtropů, především v Asii je optimální podnebné klima k zakládání porostů **opiového máku**, který je přednostně pěstován pro výrobu alkaloidů (morfin, kodein a thebain), potřebných pro farmaceutickou výrobu. Obsah alkaloidů v latexu mléčnic je oproti semennému typu máku velmi vysoký (Havel et al., 2010).

Oproti tomu **semenný mák**, jinak olejnatý, zaručuje vysoký výnos jakostně kvalitních semen. V latexu je málo vyvinutých mléčnic oproti opiovému maku, což je předpoklad k nízkému zastoupení alkaloidů. Takový mák je pěstovaný především ve střední Evropě a největšími producenty na světě jsou Česká republika, Turecko a Tasmanie (Havel et al., 2010). Merkantil tohoto máku dodáváme do potravinářského průmyslu a makovinu farmaceutickému průmyslu, protože právě tyto rozbité makovice obsahují i morfin (Vašák et al., 2010). Pomocí intenzifikačního pěstování máku lze dosáhnout výnosu 2 t/ha, což oproti klasickému pěstování je ekonomicky výhodnější (Cihlář et al., 2005) a se znovu se zvyšující výkupní cenou může tato technologie potvrdit označení máku jako perspektivní a prosperující olejnína (Vlažný, 2012, pers. comm.).

### 3.2.1 Principy výživy

Na výživu je mák náročnou plodinou a to zejména na přísun mikroelementů, tedy zinku a bóru (Vašák et al., 2010).



Správná koncentrace a načasování živin v půdě, vedle agrotechnické praxe a kvality osiva, zásadně ovlivňuje kvalitu i kvantitu produkce (Ryant et al., 2003). Baier et Baierová (1983) uvádí, že na 1 t hlavního produktu musíme k plodině dodat 40 kg N, 8,8 kg P a 41,5 kg K. O deset let později Edelbauer et Stangl (1993) ve své studii uvádějí, že pro 1 t hlavního produktu porost máku z půdy odebere 70 kg N, 26 kg P, 90 kg K, 15 kg Mg, 0,11 kg B, 0,2 kg Zn a 0,34 kg Mn. Richter et Lošák (2004) doplňují spotřebu o 18 kg S.

Mák v různých fázích růstu mění potřebu příjmu živin a podle toho, jak přirůstá, tak redukuje hodnotu nebo koncentraci jejich obsahu. Největší změny, ze všech živin, dosahuje u příjmu dusíku (Fábry et al., 1992). O tom kolik rostlina odebere živin rozhoduje nejen vývojová fáze, ale také stanovištní podmínky, především srážky, teploty a jejich rozložení (Vašák et al., 2010).

Pro vzejití je nejdůležitější, kromě vláhových podmínek, také příjem vápníku a fosforu, aby rostlina mohla dobře vyvinout svůj kořen. Fáze pozvolného růstu (do DC 25) se vyznačuje malým nárůstem nadzemní hmoty, přestože odebírá výrazně více živin. Fáze DC 25, tedy do doby 3 – 4 pravých listů, se vyznačuje zvýšeným nárokem na dusík, draslík a vápník, a proto se ve fázi DC 27 – 35 navýší hmotnost 2 – 4 x. 60 % N, P a K je spotřebováno na tvorbu sušiny. K tvorbě sušiny potřebuje rostlina také S, Mg a Zn, které přednostně rostlina máku přijímá v růstové fázi DC 35 a příjem těchto makroelementů se stupňuje až do fáze DC 41 – 49. Pro kvantitu a kvalitu semene je nejdůležitější zajistit dostatek živin ve fázi intenzivního růstu (DC 35 a 41) (Vašák et al., 2010). Podle Fábryho et al. (1992) by měl být podíl N : P : K = 2 : 2 : 1.

Obr. 1: Vývojové fáze máku.



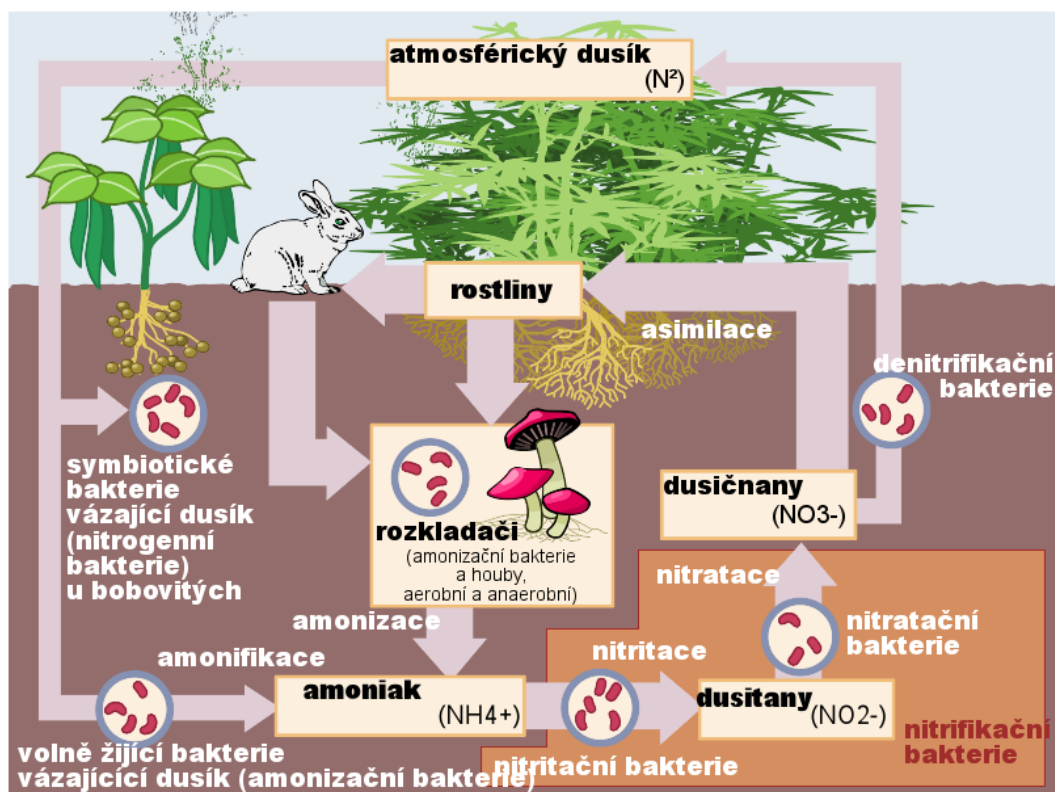
Zdroj: Páleníček, 2006

### 3.3 Dusík a mák

**Dusík** je nejpodstatnější složkou v životě organismů, rostlin i mikroorganismů a koloběhu živin v přírodě. Dále je rozhodujícím stavebním kamenem bílkovin, které jsou považovány za jedny z nejdůležitějších sloučenin. Na planetě Zemi se celková zásoba odhaduje na  $2,17 \cdot 10^{17}$  t. U nás je celkový obsah N v půdě 0,1 – 0,2 %, tj. 3 000 – 6 000 kg N/ha (Vaněk et al., 2007).

Dusík vhodný k příjmu je pomocí aminokyselin vkládán do uhlíkatých sloučenin. Pro příjem rostlinou se dusík musí přeměnit do formy amonné ( $\text{NH}_4^+$ ) a nitrátové ( $\text{NO}_3^-$ ). Bobovité rostliny mohou navíc přijímat a fixovat přímo vzdušný dusík ve formě  $\text{N}_2$ . Dusík je v půdě přístupný z půdního roztoku, po nitrifikaci je přítomen jako nitrity a nitráty. Nemalá část půdního dusíku je vázána na krystalickou mřížku jílových částic. O zásobu dusíku z půdního profilu přicházíme při procesech vyplavování jinak dobře pohyblivých nitrátů a denitrifikací, což znamená únik dusíku do ovzduší (Fecenko et al., 1998).

Obr. 2: Koloběh dusíku.



Zdroj: [www.enviwiki.cz](http://www.enviwiki.cz), 2008

Jednostranný příjem dusíku ve formě  $\text{NH}_4^+$  může antagonisticky ovlivňovat příjem jiných iontů, přednostně pak kationtů. Pokud převládá nitrátová výživa, rostlina více přijímá kationty, např.  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$ . Přijatý nitrátový dusík musí rostliny redukovat na amonný a ten je dále využíván k syntéze aminokyselin (Vaněk et al., 2007).

Dusík je také lokalizován v chlorofylu. Proto u rostlin můžeme nedostatek dusíku diagnostikovat pomocí různých znaků a projevů. Lodyhy jsou tenčí a listy světlejší, protože je snížena fotosyntéza z důsledku omezené tvorby listů a do nich zabudovaného chlorofylu. Dále může být porost viditelně nevyrovnaný, slabší a nižší oproti normě. Takto postižené rostliny mají zpravidla kratší vegetační dobu, odrážející se na snížení výnosu (Vaněk et al., 2007). Zpravidla mají i zmenšenou kořenovou soustavu a omezené větvení (Ryant et al., 2003).

Až latentní projevy nadbytku N sledujeme v raných fázích vegetace, hlavně při vzcházení. V dalších fázích růstu se kumuluje  $\text{NO}_3^-$  v rostlinách, především v listech, kam je dusík transportován a v extrémních případech sledujeme nejprve zvlnění, později nekrózy a zasychání okrajů listů (Vaněk et al., 2007).

*Obr. 3: Různé velikosti aplikační dávky N.*



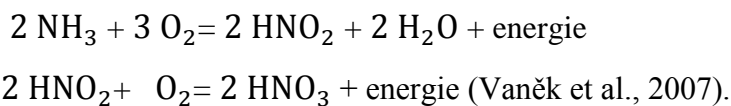
*Zdroj: Páleníček, 2006*

V půdě probíhá řada procesů ovlivňujících přítomnost a formu dusíku. **Mineralizace** je v podstatě přeměna organického N na minerální N. Organický dusík v půdě je svým původem ve formě bílkovin ze zbytků mikrobiálních těl, rostlinných a živočišných tkání, zeleného hnojení, chlévské mrvy a kompostu. Zásoba dusíku lze také získávat z látek obsažených v humusu (Leitgeb, 1983; Mengel et Kirkby, 2001).

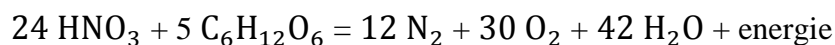
Mikroorganismy katalyzují proces hydrolýzy dusíkatých sloučenin až k tvorbě amoniaku (amoniifikace). Pokud jsou splněny potřeby dusíku k využití organického uhlíku mikroorganismy pro syntetické a energetické přeměny, je tvořen minerální dusík. Mineralizace probíhá z určité části obsaženého N v bílkovinách nebo polypeptidech

buněčných stěn mikroorganismů (Mengel et Kirkby, 2001). Podíl dusíku určeného k mineralizaci úzce závisí na C : N poměru. Čím nižší podíl, tím vyšší obsah mineralizovaného N (Kolář, 1987).

Mineralizovaný dusík může být za optimálních podmínek přeměňován **nitrifikací**. Nitrifikace je proces, v němž je amonná forma N pomocí autotrofních mikroorganismů oxidačně (ve dvou stupních) přeměňována na nitrátovou formu (Vaněk et al., 2007). Bakterie rodu *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis* a *Nitrospira* svou metabolickou činností zajišťují nitrifikaci prvního stupně – nitritaci. Nitrataci – druhý stupeň oxidace provádí bakterie rodu *Nitrobacter* (Leitgeb, 1983). Všechny tyto procesy a jejich úspěšnost dokončení ovlivňují tyto okolní faktory: dostatečná teplota (pod 5 °C se mikrobiální aktivita téměř zastavuje, naopak optima dosahuje při 26 °C), provzdušněná půda a slabě kyselé až alkalické prostředí (Mengel et Kirgby, 2001).



V koloběhu dusíku dále může navazovat proces **denitrifikace**, kdy jsou pomocí organických látek nitráty redukovány na oxidy dusíku. V našich podnebních podmínkách rozkládají dusík fakultativně anaerobní mikroorganismy. Při denitrifikaci používají kyslík nitrátů, zejména když je půda nedostatečně provzdušněná a v mimovegetačním období převládá nitrátová skladba půdního N (Vaněk et al., 2007). Ztráty denitrifikací se odhadují na 8 % půdního a až 20% dusíku z minerálních hnojiv (Richter et Hlušek, 1999). Vaněk et al. (2007) popisují denitrifikaci následující rovnicí:



Tedy, když se denitrifikovaný volný iont  $\text{NH}_3$  přiblíží k povrchu půdy a uniká do atmosféry, hovoříme o procesu **volatilizace**. Ztrátě dusíku můžeme předejít včasným zapravením aplikovaného dusíkatého hnojiva do půdy (Nelson, 1982). Nejvíce náchylné jsou půdy lehké a alkalické, kde se udává nejvyšší procento ztrát  $\text{NH}_3$  (Sigunda et al., 2002).

Na základě předpokládaného výnosu volíme velikost dávky, kterou při aplikaci před setím musíme do půdy zapravit, aby se dusík imobilizoval do půdního roztoku a byl včas použitelný pro zvýšenou potřebu N v rostlině (Vašák et al., 2010).

Od vzejití až po vznik květu trvají zvýšené nároky máku na příjem dusíku, což odpovídá období plného vývinu 6. listu. Pro nejeftivnější využití aplikovaného dusíku v tomto období je vhodné zvolit termín přihnojení ve fázi vzházení až vývinu 3. listu (Fábry et al., 1992). Zvýšený příjem dusíku v pozdějších vývojových fázích vede podle Bechyněho et al. (2001) k neprospěšnému větvení rostliny a prodloužení doby kvetení. Oproti tomu Lošák et Richter (2004) doporučují dohnout v romezí od fáze listové růžice až do fáze tvorby tobolek. Lošák et al. (2005) navíc doporučuje aplikovat společně s dusíkem i síru.

### **3.4 Minerální dusíkatá hnojiva**

V současné době se v České republice zvyšuje spotřeba minerálních hnojiv. Tyto hnojiva jsou produktem většinou chemické výroby a výzkumu, ale také stavebního a hutního průmyslu. Od organických se minerální hnojiva liší vyšším podílem živin a možností skladby z více výživných prvků. Dusík je tvořen přímou syntézou amoniaku z dusíku a vodíku. Dále jsou průmyslová hnojiva tvořena z přírodních látek, kterými jsou fosfáty, draselné minerály a vápence. Takto vyrobená hnojiva jsou v podstatě jednoduché chemické sloučeniny (soli), v omezené míře složitě chemické sloučeniny. Jelikož je omezena tvorba vedlejších složek, proto tyto hnojiva obsahují koncentrované využitelné formy. Dusíkatá hnojiva dělíme podle toho v jaké iontové formě je dusík ve sloučenině přítomen. Mohou být nitrátová, amoniakální, amonná hnojiva a kombinovaná (Vaněk et al., 2007).

Dávkování minerálními hnojivy se určuje v závislosti na půdní zásobě živin (agronomické zkoušení půd), odběrem rostlin při zvoleném výnosu a aktuálním výživným stavem (Nerad, 1996).

#### **3.4.1 Močovina a její přeměny v půdě**

Močovina (MO) je minerální dusíkaté hnojivo, které je svým chemickým složením amidem kyseliny uhličitě (Vaněk et al., 2007). V močovině převažuje zastoupení amidického dusíku (Knop et al., 1970). Dobrá rozpustnost ve vodě umožňuje možnost míchání s jinými pesticidy a aplikaci jak na list, tak v pevné formě. Močovina lze použít ke hnojení valné většiny rostlin, s nejlepšími účinky při předsevovém použití se zapravením. Setí do takto připravené půdy by mělo následovat nejdéle do pěti dnů (Vaněk et al., 2007).

Jako neutrální organická sloučenina disponuje močovina 46 % zastoupením dusíku. Její vhodnost pro použití na zvoleném pozemku vymezují podmínky daného stanoviště.

Určujícími faktory jsou provzdušnění půdy, vlhkost, míra biologické činnosti, teplota, půdní pH a hodnota půdního uhličitanu vápenatého (Knop et al., 1970).

Za většinu přeměn v půdě jsou zodpovědné půdní mikroorganismy, které svou činností při různých biochemických reakcích vytvářejí nebo uvolňují enzymy (Stevenson, 1982). Mikroorganismy tento enzym uvolňují do prostředí, ureasa je tedy volným enzymem v půdě a její zastoupení roste přímo úměrně se zvyšujícím se podílem organické hmoty. Jedinečnost udává složení tohoto enzymu, které je tvořeno niklem s obsahem enzymu, respektive v aktivním místě tohoto enzymu (ureasy) jsou umístěny dva ionty niklu (Manunza et al., 1999). A právě hydrolytický rozklad močoviny probíhá pomocí enzymu ureasy a urobakterií. Mění se na uhličitan amonný, sloučeninu snadno přeměnitelnou na čpavek:  
$$\text{H}_2\text{N} \cdot \text{CO} \cdot \text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{pomocí ureasy}) 2 \text{NH}_3 + \text{CO}_2$$
 (Knop et al., 1970).

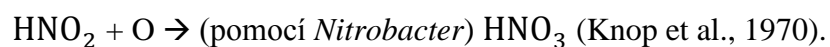
Procesy rozkladu močoviny mohou pomocí ureasy pokračovat i přes nepříznivé podmínky pro funkci a činnost mikroorganismů (nízká teplota a hodnota půdní reakce) (Knop et al., 1970).

Po přeměně močoviny mohou rostliny přijímat dusík ve formě amonných solí, které tím vznikají nebo mohou být dále přeměněny až na dusičnany pomocí nitrifikačních bakterií ve dvou fázích:

1. Fáze umožní vznik dusitanů či nitritů za pomoci bakterií rodu *Nitrosomonas*:



2. Fáze poskytuje oksyločnění, bakteriemi rodu *Nitrobacter*, dusitanů a tím vznik dusičnanů či nitrátů:



Pro zlepšení výživy rostlin dusíkem a k omezení ztrát byla vyvinuta **stabilizovaná močovina**. K takové močovinně jsou přidány syntetické látky - inhibitory omezující rychlost přeměny močoviny v půdním profilu za optimálních podmínek. Inhibitory ureasy inhibují aktivitu enzymu ureasy, čímž zabraňují volatilizaci, tedy úniku amoniaku. Stabilizovaná močovina s přidáním inhibítorem nitrifikace uvolňuje amonný dusík po delší dobu, protože inhibitor nitrifikace je schopen potlačit činnost půdních bakterií *Nitrosomonas*, jež jsou za proces nitrifikace zodpovědné. Bez inhibítora nitrifikace dochází k rychlé přeměně amonného dusíku na nitrátový, dobře přijatelnou formu pro rostliny. Nadbytek nitrátového dusíku může

vést k nežádoucímu shromažďování nitrátů v rostlinně a proplavování do nižších nedostupných vrstev pro výživu porostu (Dinnes et al., 2002; Vaněk et al., 2007).

### 3.5 Inhibitory nitrifikace

Prioritním cílem těchto látek je inhibovat únik amoniaku, zefektivnit využití dusíku a omezit ztráty denitrifikací a proplavováním nitrátů do spodních vod, což vede k eutrofizaci a otravě ryb. Pokud se proplavený dusík dostane do zdrojů pitné vody může být toxický i pro lidskou populaci (Mosier et al., 1998). Proplavování je zabráněno po aplikaci amonných hnojiv s inhibitory nitrifikace, protože v půdě roste relativní poměr zastoupení amonného a nitrátového dusíku, proto je nitrátový dusík méně vyplavován než při použití hnojiv bez inhibitorů nitrifikace. Sloučeniny působící jako inhibitory nitrifikace jsou většinou implementovány do hnojiv založených na bázi močoviny a dalších statkových hnojiv s amonným a amidickým dusíkem (Růžek et Pišánová, 2007).

Také bylo zjištěno, že až o 30 – 80% brání tvorbě emisí  $N_2O$ , tvořených nitrifikací a denitrifikací způsobujících skleníkový efekt (Zaman et al. 2009). Tato skutečnost je důležitá, pokud si uvědomíme, že podle Forstera et al. (2007) je potenciál globálního oteplování s pomocí sloučeniny  $N_2O$  298 x vyšší, než působení  $CO_2$  ve stoletém horizontu.

Inhibitory nitrifikace jsou založeny na deaktivaci čpavkového monooxygenaze enzymu, který způsobuje oxidaci z  $NH_4^+$  na  $NO_2$ , což vede k delšímu udržení dusíku v půdě a lepšímu využívání  $NH_4^+$  (Abbasi et Adams, 2000). Plynné emise  $NH_3$  jsou totiž nejvýznamnější původce ztrát dusíku ze zemědělských půd (Soares et al., 2012). Oxidaci amonného dusíku způsobují populace *Nitrospira*, amoniak oxidující bakterie (AOB), které zvýšené množství amoniaku v půdě aktivuje (Di et al. 2009, 2010). Ztráty amoniakálního dusíku se podle Cabrera et al. (2001) zvyšují při aplikaci močoviny za silného větru, vysokého pH a suché půdy.

Použití těchto hnojiv je pozitivní i pro výživu rostlin z hlediska mobilizace a adsorpce fosforu v okolí jejich kořenů. Příjem  $NH_4^+$  způsobuje silnou exkreci protonů. Tím se snižuje pH rizosféry a dochází k příjmu fosforu. Přidáním inhibitoru nitrifikace zintenzivníme příjem  $NH_4^+$  a tím i kořenový příjem fosforu, jakož to nezbytný makroprvek při výživě rostlin. Tento fakt platí pouze za předpokladu, je - li aplikované hnojivo zapraveno do rhizosféry rostliny (Trenkel, 1997). To lze zaručit usměrněnou výživou amonným dusíkem, tedy systémem CULTAN (z. angl. *Controlled Uptake Long Term Ammonium Nutrition*). Důraz na nízké

náklady a efektivní využití hnojiv kladou téměř všechny zemědělské výrobní podniky, které používají minerální hnojiva. Tato metoda vznikla za účelem výživy rostliny amonným iontem, oproti nitrátu (Sommer, 1992). Po umístění  $\text{NH}_4^+$  do půdy se utvoří v místě aplikace nasycený prostor s difúzním gradientem. Takto aplikovaný iont není denitrifikován, ani vyplavován. Správná dávka, z hlediska fytotoxicity, musí být umístěna částečně mimo kořenový systém a aplikovaná rovnoměrně. Rostlina si do místa zapraveného dusíku musí dorůst. Výhoda metody CULTAN je taková, že kořeny přijímají amonný dusík všemi výběžky rovnoměrně (Sommer, 2005).

Mimo chemické sloučeniny lze považovat za inhibitory nitrifikace i různé přírodní látky jako jsou třísloviny, flavonoidy, saponiny, atd., ale pouze v omezené míře (Scheffer, 1994). V minerálních hnojivech se používají především látky vyrobené v chemické laboratoři. Inovátorské firmy nabízejí celé řady inhibitorů nitrifikace, ale ne všechny projdou procesem využitelnosti na trhu, který limituje jejich nasazení do zemědělského výrobního procesu. Tyto omezující požadavky lze jmenovat (Trenkel, 1997; Frey, 2005; Subbarao et al., 2006):

- analogické chování k redukované formě dusíku ( $\text{N} - \text{NH}_4^+$ )
- mimořádná selektivita proti bakteriím *Nitrosomonas*
- umění rozpadu volných reziduí ve vegetačním období (nikoliv akumulace)
- fytotoxická, toxikologická a ekotoxikologická bezpečnost
- stabilní fyzikálně – chemické vlastnosti
- vysoká účinnost při použití
- cenová dostupnost

O efektivitě účinku aplikovaných hnojiv s inhibitory nitrifikace rozhoduje celá škála přírodních, fyzikálních a chemických podmínek. Diferenciaci různých inhibitorů lze sledovat v jejich vodorozpustnosti a těkání, jelikož tyto faktory určují jejich mobilitu, stálost a účinnost. Nejvhodnější inhibitor nitrifikace by měl disponovat obdobnou mobilitu v zemině jako sloučenina  $\text{NH}_4^+$ , bohužel tuto vlastnost většina inhibitorů nemá a proto nejsou významné. Inhibiční vliv u těchto přípravků netrvá dostatečně dlouhou dobu (Trenkel, 1997; Subbarao et al., 2006).

Účinnost a vytrvalost použitých hnojiv ovlivňují mimo jiné vlastnosti půdy. A to konkrétně struktura půdy a obsah organické hmoty v ornici. Vazbou organických inhibitorů na půdní humus se snižuje jejich pohyblivost v půdním profilu, těkavost, biologická aktivita, ale naopak se zvyšuje stálost v půdě (Belser et Schmidt, 1981). Naopak Subbarao et al. (2006)



uvádí, že v lehkých a propustných půdách s nižším podílem organické hmoty v půdním profilu lze sledovat nižší adsorpci inhibitorů nitrifikace, proto je lze déle považovat za účinné.

### 3.5.1 Vliv teploty na účinnost inhibitorů nitrifikace

Významný vliv půdní teploty je stejný u více inhibitorů a projevuje se ve stálosti v půdě a tedy i jejich účinnosti. Optimální teploty pro nitrifikaci se pohybují v lineární závislosti, tedy nejvyšší je při teplotách 20 – 35 °C. Naopak při teplotách kolem 5 °C se nitrifikace téměř zarazí. Při těchto teplotách je inhibitor schopen působit na omezení nitrifikace kolem 6 měsíců. Je tedy vhodné zvážit termín aplikace, aby mohly rostliny včas využít aplikované hnojivo. Ideální termín je tedy na podzim a v zimě, kdy je restrikováno proplavování N a snížený příjem dusíku porostem (Zerulla et al., 2001). Od 10 °C se zvyšující se teplotou účinnost inhibitoru velmi rychle snižuje. Po dosažení nebo přesažení teploty 25 °C se zkracuje délka působení na pouhé dva, maximálně tři týdny. Tento efekt lze klasifikovat jako poměr nižší stálosti inhibitorů v půdě a vyšší aktivity půdních bakterií, způsobujících nitrifikaci při stoupajících a vysokých teplotách (Zerulla et al., 2001).

Dá se tedy tvrdit, že nejvyšší působnost inhibitorů je na propustných půdách, kde je vyšší úhrn srážek a méně organické hmoty v půdním profilu. Oproti tomu můžeme sledovat snížené účinky při velkých teplotách na těžkých jílovitých půdách, které jsou odvodňovány a mají vysoký podíl organické hmoty v půdním profilu (Edmeades, 2004).

### 3.5.2 Druhy inhibitorů nitrifikace

Trenkel (1997) uvádí tyto registrované přípravky:

- Nitrapyrin: 2-chloro-6-(trichlormethyl)-pyridin,
- DCD: dicyandiamid,
- CMP: 1-carbamoyl-3-methylpyrazol a jeho hlavní metabolity: 3-methylpyrazol, (MPC: 3-methylpyrazol-1-karboxamid),
- Tetrazole: etridiazol,
- 5-ethoxy-3-trichlormethyl-1,2,4-thiadiazol,
- AM/AT/ATC: 4-aminotriazol,
- CP: 2-cyanimino-4-hydroxy-6-methylpyrimidin-2-ethylpyridine,
- ATS: amonium tiosulfát,

- ST: sodium tiosulfát,
- ZPTA: thiofosforyl diamid,
- Thiourea,
- Guanylthioerea (GTU),
- AMP: amonium polykarboxylát,
- Ethylene urea,
- Hydroquinone,
- Phenylacetylene,
- Phenylphosphoro diamidate,
- NICU: nimin,
- CCC/ECC

V současné době se neustále vyvíjejí další přípravky, ale musí se brát zřetel na jejich agronomickou použitelnost a finanční dostupnost. Těchto předpokladů dosahuje pouze omezené množství přípravků. Na trhu, i mezi farmáři ve Spojených státech amerických jsou preferovanými přípravky inhibitory nitrifikace vytvořených na bázi Nitrapyrinu. Na evropském kontinentu se nejčastěji můžeme setkat s přípravky na bázi DCD spolu s výše neuvedeným DMPP, což je nejnovější vyvinutý a registrovaný inhibitor (Prasad et Power, 1995; Chen, 2008). Výhoda použití inhibitoru nitrifikace tkví ve zmenšení pracovní vytiženosti pěstitelů, protože lze flexibilně načasovat použití hnojiv a možnost jejich kombinace (Munzert, 1984; Dachler, 1993).

Relativně novým příslibem ve hnojení plodin močovinou je inhibitor nitrifikace **3,4-dimethylpyrazol fosfát (DMPP)** vyvinutý firmou Basf za pomoci vysokých škol. Tento přípravek prošel celou řadou toxikologických a ekotoxikologických testů a je klasifikován za přípravek s velmi vhodnými vlastnostmi pro použití. DMPP zabraňuje první krok v nitrifikaci, tedy oxidaci amoniaku na hydroxylaminu, zatímco ve druhém kroku zůstává oxidace toxických dusitanů nedotčena (Li et al., 2008). Obliba tohoto inhibitoru výrazně roste v Evropě, Jižní Americe, na severu Afriky a dalších asijských zemích (Pasda et al., 2001).

Na trhu lze DMPP pořídit pod obchodním označením ENTEC (Zerulla et al., 2001). Bylo prokázáno, že tento přípravek je lepší než jeho předchůdci, kteří jsou v dnešní době více používáni. K úspěšné inhibici totiž stačí dávka 0,5 – 1,5 kg/ha, oproti DCD, který musíme aplikovat v dávce 15 – 30 kg/ha.

DMPP dokáže snižovat vyplavování  $\text{NO}_3^-$ , aniž by degradoval svou účinnost (Zerulla

et al, 2001). Polní pokusy dokázaly větší efektivitu ve snížení emisí  $N_2O$ , než při používání přípravku DCD (Weiske et al., 2001). Jeho účinnost ve snižování emisí  $N_2O$  klesá na půdách s obsahem vyšším jak 60 % zamokření spolu s vysokými teplotami (Menéndez, 2009).

Výše uvedená aplikovaná dávka, za vhodných klimatických podmínek, dostačuje k aktivnímu inhibičnímu účinku na dobu 4 – 10 týdnů. Při teplotě 5 °C dokazoval inhibiční účinek délku 120 dní. Při teplotě 20°C poklesl inhibiční účinek na 40 dnů oproti kontrole bez inhibitoru, kde byl proces nitrifikace ukončen za 7 – 21 dní.

DMPP je přidáván v pevné formě, o velikosti granulí 3,0 – 3,6 mm, k jednosložkovým (např. síran amonný) nebo vícesložkovým hnojivům (např. NPK). Obsah dusíku v hnojivech s tímto inhibitorem se pohybuje v rozmezí 55 – 60 % dusíku. Vodorozpustost po aplikaci do půdy zajistí dobré rozložení a zastoupení amonného dusíku v ornici (Zerulla et al, 2001). Obsah písku v zemině, jako proton koncentrace, a mikrobiologické ukazatele, jako katalázy činnosti, výrazně napomáhají účinku DMPP (Barth et al., 2001). Pasda et al. (2001) uvádí vysoký účinek ve sledovaném výnosu plodin na lehkých půdách s větším úhrnem srážek v měsících leden – červenec. Tento jev je přičítán vyluhování nitrátu v místě aplikace v půdě, čímž je dostatek dusíku pro porost v dalších stádiích vegetace.

Za nejstarší inhibitor můžeme považovat **nitrapyrin ([2 – chloro – 6 - (trichloromethyl) – pyridin])**. O jeho objevení se zasloužila společnost Dow Chemical Company a na trhu se objevil pod obchodní značkou N-Serve® (Prasat et Power, 1995; Chen, 2008). Nežli se tento přípravek dostal do tržního oběhu, byl registrován americkým institutem Agenturou ochrany životního prostředí, jako pesticid (Trenkel, 1997).

Výrobek je známý svým selektivním působením k bakteriím rodu *Nitrosomonas*, ale ve srovnání s přípravky DCD a CMP velký podíl této populace v půdě zabíjí. Výrobce uvádí  $LD_{50} = 2\ 140$  mg/kg živé váhy krysy po orální aplikaci u N - Serve 24 a  $LD_{50} = 3\ 616$  mg/kg u N - Serve 24 E (Trenkel, 1997).

Po aplikaci do zeminy tento inhibitor prochází biologickým a chemickým rozkladem až na kyselinu 6 – chloropikolinovou, která se uvádí jako nejpodstatnější reziduum v půdě. Dále se pak rozloží na N, Cl,  $CO_2$  a vodu. Doba tohoto procesu je většinou uváděna během 30 dnů, popřípadě méně. Důležitou podporou v tvorbě potenciálního výnosu je v teplých a prohřátých půdách, naopak lze tvrdit, že v chladných zeminách se stává velmi odolným. Při stanovení termínu použití přípravku je v normě aktivita *Nitrosomonas* 6 – 8 týdnů. Nicméně v prochlazených půdách, zejména na podzim a v zimě, může být tato aktivita prodloužena na 30 i více týdnů (Trenkel, 1997).

Takový inhibitor lze aplikovat spolu s nějakými amonnými hnojivými nevyjímaje bezvodný čpavek. Tedy s močovinou, dusičnanem amonným s močovinou (DAM), dusičnanem amonným, síranem amonným a se statkovými hnojivými (Frey, 2005). Trenkel (1997) uvádí nejčastější využití tohoto inhibitoru do porostů kukuřice (90%), pšenice (9%) a čiroku (1%).

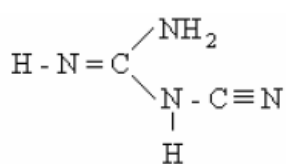
Obsah účinných látek:

- N-Serve 24 – 240 g/l – pro použití s močovinou nebo s bezvodným čpavkem,
- N-Serve 24 E – 240 g/l – pro použití s tekutými hnojivými a animálními hnojivými

Doporučené dávkování je 1,4 – 5,6 l/ha (Trenkel 1997).

Mezi nejefektivnější inhibitory nitrifikace řadíme **dicyandiamid (DCD)**. Jeden z nejlepších je díky tomu, že není těkavý, hygrokopický, je relativně vodorozpustný a zároveň je chemicky a fyzikálně stabilní. Tento inhibitor, který je velmi oblíben v Evropě, je především produkován v Německu, Norsku, Japonsku a s omezenou kvalitou i v Číně. Ve Spojených státech amerických, od roku 1996, je povinnost registrovat dle místních úřadů DCD jako pesticid. Američtí odborníci však později své stanovisko přehodnotili. Evropané sice nemají zadaná jednotná pravidla pro užívání těchto sloučenin, ale každý stát si je upravuje dle svých norem.

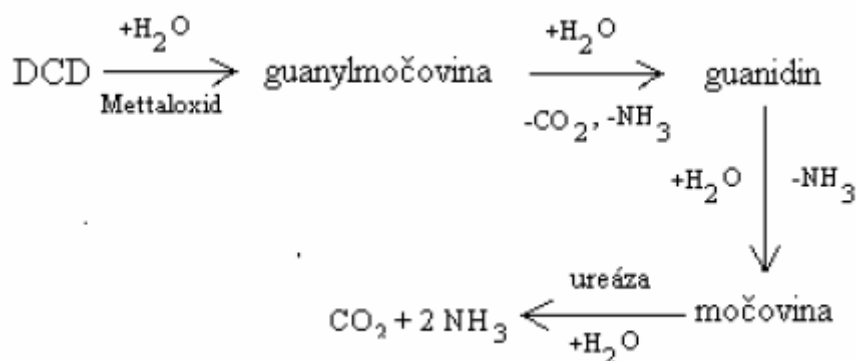
Obr. 4: DCD.



Zdroj: Scheffer, 1994

Hnojiva s tímto inhibitorem obsahují až 65 % zastoupeného dusíku a je vyráběno v podobě bílých či barevných krystalů z kyanamidu vápenatého, vody a CO<sub>2</sub> a jeho složení zaručuje rozpustnost ve vodě (ODDA, 1995). Díky tomuto složení má široké spektrum technické použitelnosti. Výhoda DCD je především v tom, že je v půdě úplně rozkládán (Scheffer, 1994).

Obr. 5: Rozklad DCD.



Zdroj: Scheffer, 1994

Dikyandiamid zpomaluje přeměnu amonných iontů  $\text{NH}_4^+$  na  $\text{NO}_3^-$  v půdě tím, že manipuluje s cytochromoxidázami v dýchací soustavě elektronového transportního systému *Nitrosomonas* bakterií, které jsou odpovědné za první krok v procesu nitrifikace (Serna et al., 1995). Populace bakterií není zahubena, je pouze inhibována jejich aktivita (Trenkel, 1997).

Aby byl účinek inhibitoru vyhovující, musí 1 kg hnojiva obsahovat 10 – 50 mg DCD. Účinek inhibitoru se uvádí na čtyři až osm týdnů, musíme však připomenout, že samozřejmě závisí na půdních podmínkách, jež jsou pH půdy, zamokření, teplota a obsah organické hmoty v ornici. Pokud se všechny jmenované půdní vlastnosti zvýší, tak se účinnost DCD snižuje (Amberger, 1993).

Nejdůležitější nedostatek tohoto inhibitoru je snadné proplavení od rhizosféry rostliny, čímž se omezuje jeho využití. Jeho biologický rozklad je zcela zaručen bez zbytkových reziduí. Rozklad je podpořen živými i neživými faktory a sloučenina je přeměněna na tři složky: oxid uhličitý, amoniak a vodu (Subbarao *et al.*, 2006).

$\text{LD}_{50}$  u potkanů po orální aplikaci je  $> 10$  g/kg živé váhy (Amberger 1983, Trenkel 1997). To ukazuje nejedovatost účinné látky inhibitoru DCD. Dále nebyla ověřena mutagenní aktivita ani karcirogenita, takže lze obecně tvrdit, že DCD ničím neovlivňuje mikrobiální půdní biomasu. Tento přípravek není nebezpečný ani pro člověka. O tomto zjištění informuje německý Institut pro veřejné zdraví (Trenkel, 1997).

Ve formě hnojiva se DCD stává nejvyužitelnější při aplikaci inhibitoru do vysoce proplavovaných zemin (Chen, 2008). Většinou je technologie DCD určena pro dusíkatá hnojiva, která svým obsahem zaručují 5 – 10 % dusíku. Vlastnosti sloučeniny DCD jsou vhodné použít i při hnojení statkovými hnojivy (Dittert et al., 2001). Vložení inhibitoru nitrifikace je z převažující části technicky provedené obalováním pevných dusíkatých hnojiv,

což je například močovina nebo síran amonný (Subbarao et al., 2006). Účinnost DCD je ovlivňován několika faktory, včetně půdy a environmentálními faktory. Teplota a stanovištní podmínky jsou nejpodstatnějšími faktory prostředí. Zvýšení teploty může mít negativní vliv na perzistenci DCD v půdě, což snižuje časový rámeček, ve kterém může zaručit účinnou inhibici nitrifikace. Poločas rozpadu inhibitoru DCD při 6 °C je 100 dní (Williamson et al., 1996) a při 20 °C 18 – 25 dní (Di et Cameron, 2004). V důsledku toho je DCD třeba uplatnit v mírných oblastech a v chladných podmínkách, jako je pozdní podzim, zima a brzy na jaře tak, aby maximalizoval svůj potenciál v působení inhibice nitrifikace v půdě (Kelliher et al., 2008).

Proplavování DCD z orniční vrstvy je nejpravděpodobnější na podzim při silných přívalemých srážkách. Na jaře můžeme tyto ztráty sledovat po odtání sněhové pokrývky na půdách s malou zadržovací schopností, kde muselo být aplikované dusíkaté hnojivo ve vyšší dávce kvůli náročnějšímu výživnému režimu porostu. Hlavní výhodou dusíkatých hnojiv s inhibitory nitrifikace je snížený počet aplikačních dávek na jednu, popřípadě dvě, jelikož je dusík v půdě inhibitory dobře zadržován proti proplavení do spodních vrstev a zároveň pozvolně uvolňuje dusík pro vyrovnanou výživu rostlin. Jedna až dvě aplikace inhibitoru v močovinně zaručují stejný výnos jako při konvenčním hnojení ledkem amonným s vápencem, který je nutno aplikovat do porostu ve více dávkách. Dále je inhibitor nitrifikace vhodný pro hnojení rostlin s delší periodou počátečního růstu, jako je například kukuřice, kdy inhibitor zajišťuje pozvolný příjem dusíku ve vegetačním období (Chen, 2008).

Pro aplikaci v jarních termínech jsou vhodné podle Wozniaka et al. (1999) půdy, které se vyznačují velkým suchem před začátkem léta. Tam se inhibitory aplikují časně z jara do vlhkého lůžka ornice. Vzhledem k cenové dostupnosti a velkému rozsahu aplikačních termínů, rostou tyto hnojiva k vyšší atraktivitě a oblíbenosti (Wozniaka et al., 1999). Z ekonomického hlediska lze sledovat i nižší náklady za počet operací aplikace dusíkatých hnojiv v ošetřovaném porostu (Amberger, 1993; Bouma, 2007).

Obrácená strana pozitiv těchto inhibitorů je kladena v obtížnosti odhadu půdních vlastností pozemku (pH, teplota, vlhkost, obsah organické hmoty), tedy určení použitelnosti hnojiv s prvky DCD na zvoleném stanovišti (Wollnerová, 2011). Problém vhodnosti použití těchto přípravků řeší firma SKW Stickstoffwerke Piesteritz, která v Německu a okolních přilehlých zemích provádí poradenskou činnost (Wozniak et al., 1999).

Frey (2005) uvádí, že inhibitor DCD v optimálních podmínkách dokáže potlačit proces nitrifikace na 6 – 8 týdnů. Oproti tomu jiní autoři uvádí odhadovaný účinek dokonce na 6 – 8 týdnů (Trenkel, 1997; Subbarao et al., 2006). Na základě šestiletých polních pokusů

provedených ve Spojených státech amerických s vybraným osevním postupem (pšenice ozimá, ozimý ječmen, jílek vytrvalý, brambory, pšenice ozimá, brambory), Wozniak et al. (1999) vyjádřil vztah vyplaveného nitrátového dusíku na půdním typu. Na půdách erozní hnědozemě snížení vyplavení odpovídá 39,2 %, u podzolové kyselé půdy o 52,5 % a u písčito – hlinité půdy o 35,5 %. Výsledky byly ověřeny porovnáním s variantou alternativního hnojení dusíkem bez DCD.

Celá řada publikací uvádí pozitivní vliv inhibitoru nitrifikace na zlepšený příjem dusíku rostlinami a sníženému vyplavování z ornice, což je žádoucí pro zvýšení výnosových prvků (Merino et al., 2002), oproti tomu jsou výsledky pokusů, které svou hypotézou zamítají jakékoliv pozitivní změny. Ba naopak tvrdí, že se po povrchové aplikaci inhibitoru nitrifikace DCD v močovině zvýšila volatilizace amoniaku, protože došlo k obohacení amonného iontu v půdě (Gioacchini et al., 2002).

**Porovnání DCD a nitrapirinu** z hlediska chemických a fyzikálních rozdílů půd lze sledovat horší působení nitrapirinu na půdách s  $\text{pH} > 6,5$ . Nitrapyrin je rychleji rozkládán a vázán organickou hmotou, proto se nedoporučuje aplikovat na půdy s vyšším zastoupením organické hmoty. DCD je oproti nitrapyrinu více odolnější, přesto mají oba inhibitory spolehlivý účinek při zastoupení 1 % organické hmoty v půdě. S vyšším zastoupením, kolem 5 %, dochází k neschopnosti inhibiční aktivity.

DCD má oproti nitrapyrinu lepší vlastnosti v inhibici aktivity bakterií rodu *Nitrosomonas*. DCD pouze pozastavuje jejich činnost, v podstatě to vypadá jako by je „uspal“, ale účinky Nitrapirinu jsou v inhibici bakterií velmi drastické a řadu bakterií zlikviduje (Subbarao et al., 2006).

U obou sloučenin je nejvhodnější teplota pro nejdélší inhibici pod 5 °C, kdy je ovlivněna i činnost půdních bakterií. Rozdíl lze však sledovat při teplotě 10 °C. Při této teplotě je uvedena inhibiční účinnost nitrapirinu na 43 až 77 dní a při 20 °C je trvanlivost působení stanovena na 9 až 16 dní. DCD má schopnost inhibovat nitrifikaci při 10 °C až 90 dní a při 20 °C se doba snižuje na 20 až 40 dní (Vilsmeier, 1980). Oba inhibitory jsou nestabilní v zamokřených půdách a nitrapyrin navíc může na těchto půdách hydrolyzovat a volatilizovat, což klasifikujeme jako nežádoucí jev (Trenkel, 1997).

DCD je vhodnějším inhibitorem k aplikaci s hnojivem. Jeho podoba krystalického prášku je velmi dobře a vhodně použitelná k přidání do hnojiv jak pevných, kapalných, tak suspenzních. Nestálost nitrapirinu v pevné formě nutí výrobce přidávat k hnojivům tento

inhibitor výhradně v kapalném stavu. Jeho náchylnosti k volatilizaci lze při aplikaci spolu s N hnojivem, s amoniakální nebo amidickou složkou dusíku, předejít operací zapravením do půdy během nebo ihned po hnojení.

### 3.5.3 Alzon

Nejpopulárnější zástupce hnojiva s inhibítorem nitrifikace DCD je v evropských zemích přípravek pod registrovaným a obchodním názvem ALZON® 46, tedy hnojivo na bázi močoviny spolu se směsí látek dikyanodiamidu a 1H-1,2,4 triazolu potlačující nitrifikaci (Wozniak et al., 1999).

*Obr. 6: Chemická charakteristika ALZONu® 46.*

#### Chemická charakteristika výrobku:

Močovina s inhibítorem nitrifikace (směs dikyanodiamidu (1-kyanoguanidin) a 1,2,4-triazolem).

#### Složky:

chemický název	CAS	EINECS	obsah
močovina	57-13-6	200-315-5	46 % celkového dusíku ve formě karbamidu
dikyanodiamid	461-58-5	207-312-8	
1,2,4-triazol	288-88-0	206-022-9	
obsah biuretu			max. 1,2 %
velikost částic (min. 90 % produktu)			1,6 – 5,0 mm (průměr)
max. velikost zrna			3,5 mm (průměr)

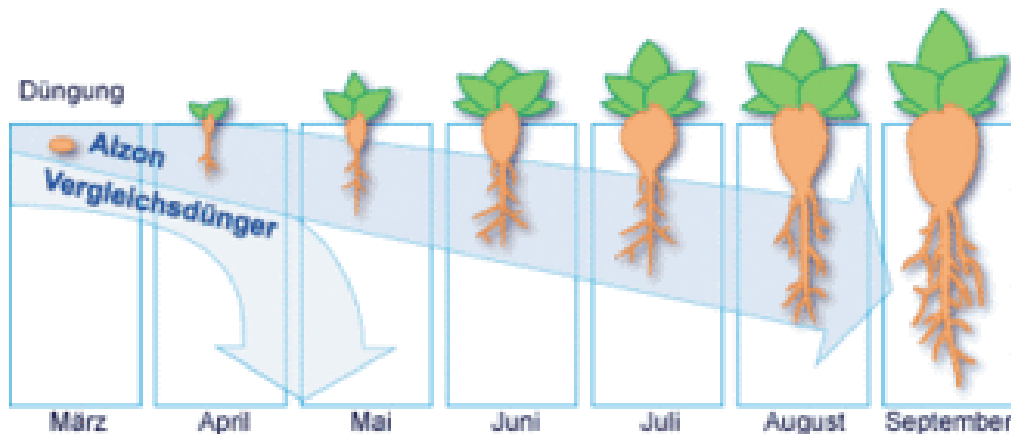
Zdroj: [www.agrofert.cz](http://www.agrofert.cz), 2012

Obsah minerálního dusíku je 46 % ve formě karbamidu. Amonný dusík je tedy vázáný na sorpční komplex půdy, tím se stává dostupný jak pro výměnu, tak pro amoniální výživu rostlin. Zároveň se tedy stane i neproplavitelný do nižších sfér půdy. Po pozvolném snižování inhibičního účinku se stává dostupný i nitrátový dusík. Vzhledem ke vhodnosti obou forem dusíku pro příjem rostlin hodnotíme tento efekt vhodným výživným procesem. Amoniový dusík je rostlinou přijímán kořeny v podobě proteinové látkové výměny v ideální vyrovnanosti k syntéze uhlohydrátů ve výhonku. Amonná výživa prospívá rostlině v lepší tvorbě bočních kořenů a vede ke snížení pH v okolí rhizosféry. Díky těmto vlastnostem se zvyšuje schopnost příjmu vodíku a dalších makroprvků (např. fosfor), takže rostlině přináší výhodu v případě špatných růstových vlivů (Römheld, 1986). V zahradnictví je nevýhodou DCD, že v některých případech má zásadní vliv na fytotoxicitu rostlin, která nevede ke



snížení výnosu, ale má neblahý vliv na poškození listové plochy. Poškozená rostlina se tedy stává hůře prodejná (Reeves a Touchton, 1986).

Obr. č 7: Princip působení Alzomu®.



Zdroj: [www.skwp.de](http://www.skwp.de), 2012

ALZON® 46 je možné aplikovat všemi všedními dostupnými aplikátory hnojiv. Stabilní granulát s malou hodnotou zrnitosti zabezpečuje velmi dobrou úroveň rozprostření hnojiva po ploše ([www.skwp.de](http://www.skwp.de), 2012).

Obr. 8: Doporučené dávkování.

Kultura	Aplikované množství ALZON® 46		Termín aplikace ALZON® 46
	kg/ha N	dt/ha	
Repka	125-180	2,7-3,8	V jedné dávce na začátku vegetace
Pšenice ozimá	125-180	2,7-3,8	V jedné dávce na začátku vegetace nebo u rozdělené dávky 50 – 60% na začátku vegetace a 40 – 50% jako předčasná předběžná pozdní dávka (jakostní pšenice zásadně dvě dávky)
Ječmen ozimý	90-160	1,9-3,4	
Žito ozimé	90-160	1,9-3,4	
Jařiny	70-150	1,5-3,2	
Sladovnický ječmen	50-100	1,1-2,1	V jedné dávce nebo krátce po setbě, resp. výsadbě
Kukuřice	100-160	2,1-3,4	
Brambory	90-160	1,9-3,4	
Cukrová řepa	80-160	1,7-3,4	

Zdroj: ([www.skwp.de](http://www.skwp.de), 2012)

### 3.5.4 Spotřeba inhibitorů nitrifikace

Používání inhibitorů nitrifikace v Evropě, respektive v zemích Evropské unie, je v porovnání se spotřebou ve Spojených státech amerických výrazně nižší. Trenkel (1997) uvádí celkovou výměru v Evropě, na které byly aplikovány inhibitory nitrifikace kolem 200 000 ha. V procentuálním zastoupení z celkové obdělávané plochy (68 mil. ha) to odpovídá 0,29 %. V USA je technologie inhibitorů nitrifikace použita na 1,16 % z celkové výměry půdy určené k zemědělské činnosti (Trenkel, 1997).

### 3.6 Inhibitor ureasy

Inhibitory ureasy jsou důležitým nástrojem při povrchové aplikaci dusíkatých hnojiv na bázi stabilizovaných močovín (Hendrickson et Douglass, 1993). Jedná se o chemickou sloučeninu, která dokáže z části inhibovat aktivitu enzymu ureasy. Snížení aktivity enzymu ureasy vede k pozitivnímu zpomalení, jinak rychlé přeměny močoviny na amonné ionty  $\text{NH}_4^+$  a tím dává šanci pozvolné infiltraci dusíku z povrchu půdy do spodních pater ornice. Koncentrace  $\text{NH}_4^+$  se z povrchu půdy snižuje a spolu s ní i pH půdy (Watson, 2005). Tím, že inhibitor ureasy zajistí průnik dusíku do nižších vrstev půdy, snižuje průběh rozkladných reakcí (hydrolyzy), čímž omezí riziko volatilizace amonných iontů dusíku do ovzduší (Malhi *et al.*, 2001). Velmi vhodná se zdá být tato chemická sloučenina ve fázi klíčení a vzcházení rostlin, protože snižuje nebezpečí poškození semen (Watson, 2005).

Nejvhodnější použití inhibitorů ureasy je v následujících podmínkách prostředí, kdy:

- půdy jsou choulostivé k vysokým ztrátám  $\text{NH}_4^+$  z aplikovaného hnojiva,
- aplikace močoviny se zapravením do půdy není jednoduchá,
- nelze předpokládat proplavení aplikované močoviny spolu s vodou do nižších sfér půdního profilu,
- svrchní část půdy je charakteristická svou vysokou aktivitou enzymu ureasy vzhledem k omezené kultivaci nebo shromáždění půdní organické hmoty (Watson, 2005).

Chemický průmysl je schopen, podobně jako u inhibitorů nitrifikace, produkovat velké množství sloučenin na bázi inhibitoru ureasy, nicméně jen malé procento je schváleno jako vhodný prostředek. Limitujícími vlastnostmi inhibitoru ureasy jsou stabilita v půdě,

netoxicity, finanční dostupnost, uplatnění při nízkých koncentracích a možnost kombinace s močovinou (Watson, 2005).

Působivost inhibice ureasy je podle Malhiho et al. (2001) ovlivněna níže uvedenými parametry:

- inhibice činnosti enzymu ureasy v širokém spektru typů půd a za různorodých podmínek prostředí,
- omezení potenciální hrozby poškození klíčících semen rostlin,
- inhibovat ztráty způsobené volatilizací amonného iontu tak, aby neovlivnily očekávaný výnos nebo obsah proteinů,
- inhibitor nesmí být toxický pro rostliny a jejich spásáče, okolní životní prostředí a spotřebitele.

Inhibitory ureasy se dělí podle místa jejich účinku. Přípravek může inhibovat činné místo enzymu ureasy. Působnost jiné kategorie inhibitoru lze umístit na hlavní účelnou skupinu v rozdílném místě molekuly enzymu, která může pozměnit charakter lokální aktivity a tím tak zamezit hydrolýze močoviny.

Rozdělení inhibitoru ureasy:

- látky reagující se sulfhydrylovými skupinami ureasy,
- hydroxamidy,
- strukturální analogy močoviny (Watson, 2005).

V současné době se stávají preferovaným zbožím inhibitory ureasy z kategorie phosphoramidů, phosphotriamidů a thiophosphotriamidů. Jejich devízou je vysoká kompatibilita s močovinou. Zároveň je to sloučenina s nejvyšším inhibičním účinkem, který je vytvořen pro potlačení činnosti enzymu ureasy (Watson, 2005).

### **3.6.1 Druhy inhibitorů ureasy**

V současnosti je nejlepším inhibitorem ureasy N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (NBPT) (Vittory et al., 1996; Watson et al., 2008). Další chemickou sloučeninou na trhu je produkt s pojmenováním hydroquinone (HQ). A v neposlední řadě lze jmenovat i látku phenyl phosphorodiamidate (PPDA) (Kiss et Simihaian, 2002).

Přípravek **phenyl phosphorodiamidate (PPDA)** byl registrován v roce 1976. Způsobem účinku je velmi podobný jako u NBPT, kde je inhibice aktivity enzymu ureasy založena na konkurenci v obsazení stejného činného místa na enzymu (Kiss et Simihaian, 2002).

**Hydroquinone (HQ)** pochází z Číny a v roce 1987 byl registrován a uveden na trh. Svými vlastnostmi je specifický v tom, že reaguje se sulfhydrylovými skupinami enzymu ureasy a tak tento enzym aktivuje. Kromě velmi dobré schopnosti inhibovat enzym ureasy je schopen pozitivně ovlivňovat procesy nitrifikace, denitrifikace, klíčivosti a růstu. Při použití s močovinou dosahuje zvýšením výnosu až o 10 % (Kiss et Simihaian, 2002).

Produkt **N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (NBPT)** je svou strukturou analogický k močovině a proto má schopnost výrazně snižovat proces hydrolýzy, tím pádem i nežádoucí proces volatilizace (Watson et al., 2008). Díky pevnější návaznosti inhibitoru na enzym ureasu v přirozeném vazebním místě močoviny je komplex NBPT o poznání stabilnější a dále nemá tendenci reagovat s vodou. Molekula inhibitoru je vázána na Ni – komplex, kde se nachází činné místo ureasy. Most mezi atomy niklu je tvořen atomem kyslíku a právě jednou amidickou skupinou molekuly NBPT. Jiná amidická skupina molekuly inhibitoru se spolu s molekulou kyslíku karbamátové vazby enzymu stává vodíkovou vazbou. Ale při vazbě ureasy s močoviny se k atomu niklu váže jenom jeden atom kyslíku molekuly močoviny. Tato vazba se odehrává v aktivním místě enzymu a za předpokladu, že je toto místo blokováno molekulou inhibitoru, je téměř nemožné, že se močovina naváže na atom niklu. Tento princip definuje zabránění rychlého rozkladu močoviny pomocí inhibice funkce ureasy (Musiani et al., 2001). Jeho účinnost je aktivována až po oxidaci v půdě na derivát (během několik minut, či hodin), tedy po dosažení oxidového analogu N-(n-butyl) phosphoric triamidu - NBPTO (Creason et al., 1990).

NBPT splňuje všechny parametry vhodné k efektivnímu využívání. Těmi jsou kompatibilita s močovinou, stabilita v půdě, netoxičita (k okolnímu životnímu prostředí, rostlinám a spotřebitelům), nevykazuje antibakteriální aktivitu a z ekonomického hlediska zaručuje cenovou dostupnost (Keerthisinghe et al., 1994). Příznivou schopností NBPT je schopnost inhibovat emise amoniaku z močoviny a to s účinností 70%. Využití pozemku v tomto případě nehraje výraznou roli, protože je možné k této úspěšnosti dospět jak na orné půdě, tak na trvalém travním porostu (DEFRA, 2006) U různých druhů půd je schopen mimo jiné i zpomalit průběh hydrolýzy močoviny, až na dobu 14 – 21 dnů (Vittory et al., 1996). Nejpoužívanějším hnojivem s inhibitorem ureasy NBPT je Urea<sup>stabil</sup> (Trenkel, 1997).

## 4 Materiál a metody

### 4.1 Lokalita pokusu

Pokus byl založen v hospodářském roce 2012 na pozemcích Výzkumné stanice FAPPZ ČZU v Praze – Červený Újezd. Obec Červený Újezd najdeme v kraji Středočeském, okresu Praha – západ, přesným umístěním 50° 04 zeměpisné šířky a 14° 10 zeměpisné délky. Výzkumná stanice, založená v roce 1974, primárně slouží pro výzkum katedry rostlinné výroby, pícninářství a agrochemie a výživy rostlin.

*Obr. 10: Lokalizace pokusné plochy v k. ú. Červený Újezd.*



*Zdroj: ČÚZK 2013; LPIS 2013*

### 4.2 Klimatické podmínky

Klimatické podmínky lokality, kde byl založen pokus, jsou charakterizovány jako mírně teplé, mírně suché a převažuje zde mírná zima. Pokusná stanice se nachází v

nadmořské výšce 398 m. n. m. Takový klimatický region nám klasifikuje výrobní oblast jako řepářskou, podoblast pšeničnou.

Tab. 2: Klimatické podmínky.

Klimatický region	MT1
Charakteristika regionu	mírně teplý, suchý
Suma teplot nad 10 °C	2 400 – 2 600
Průměrná roční teplota °C	7 – 8,5
Průměrný roční úhrn srážek mm	450 – 550
Pravděpodobnost suchých vegetačních období %	30 – 40
Vláhová jistota %	0 – 4

Zdroj: [www.biomassscience.cz](http://www.biomassscience.cz), 2013

### 4.3 Půdní podmínky

V území prováděných pokusů převažuje půda, která je charakterizována číslem 4. 10. 00 kódu BPEJ. Konkrétně se tedy jedná o půdy hnědozemě modální, která mimo jiné obsahuje slabě oglejené spraše. Místní půdy jsou středně těžké s mírně těžší spodinou. Mocnost ornice je hlubší jak 60 cm, bezskeletovitá. Takovéto půdy jsou na trhu nemovitostí ceněny na 11,34 Kč za 1 m<sup>2</sup>. Expozice těchto pozemků je všesměrná. Rovinatost půdních bloků zaručuje, že pozemky nejsou ohroženy vodní erozí.

Tvorbu půdního profilu zajišťuje proces ilimerizace, kde dochází k okyselování zeminy a peptizaci koloidů, které jsou poté vyplavovány.

Půdy pokusných ploch jsou svou neutrální půdní reakcí klasifikovány jako neutrální. Dále je zde vysoká sorpční kapacita půdního komplexu. Dle rozborů půd je zde zastoupení živiny P, K střední až dobré a průměrná hodnota zjišťovaného N<sub>min</sub> v předjaří dosahuje 15,7 – 29,1 ppm.

### 4.4 Meteorologické údaje

Jak je známo, zima 2012 znamenala pro české farmáře a jejich porosty naprostou katastrofu. Únorové teploty vykazovaly dlouhodobý údaj téměř k -15 °C. To vše na polích nepokrytých sněhovou pokrývkou. Tyto holomrazy a nedostatek srážek v předjaří však neovlivnily termín výsevu jarního máku, který dne 22. 3. 2012 proběhl do půdy s příznivými

vláhovými podmínkami. Srážkové podmínky po setí zajistily vzcházení makových porostů. Rozložení srážek a teplot mají v období vzcházení rozhodující vliv na přeměny N v půdě.

Ve fázi vývinu listové růžice (počátek května) je počasí nepříznivé z hlediska nízkých srážek. Vysoké teploty zaručují proces rychlé mineralizace N v půdě. V polovině května byly zaznamenány stresové podmínky v podobě mrazu až -12 °C. Porosty máku však nebyly, i přes fakt mrazuvzdornosti mladých rostlin (do -8 °C) nijak významně poškozeny.

Fáze kvetení a dlouhivého růstu (červen) zaznamenala pozitivní klimatické vstupy jak srážkové, tak teplotní. Denní srážkové úhrny nebyly vysoké, ale četné.

Termín sklizně, 14. 8. 2012, byl meteorologicky příznivý. Suché a teplé počasí zaručilo perfektní podmínky žně. Makovice byly malé, ale plné kvalitního máku.

Podrobné meteorologické údaje o průběhu počasí na Výzkumné stanici Červený Újezd jsou uvedeny v příloze.

## **4.5 Založení pokusu, agrotechnika**

Pokus, založen na maloparcelkách o výměře 15 m<sup>2</sup> brutto a 11, 250 m<sup>2</sup> netto, byl umístěn na plochy s předplodinou jarního ječmene. Průkaznost a porovnání sledovaných znaků vychází ze systému 4 hnojených variant dle metodiky ve 4 opakováních. Umístění jednotlivých variant je pomocí metody náhodných čtverců.

Přípravné práce započaly již na podzim 12. 10. 2011 střední orbou. V tomto roce byla i stržena hrubá brázda dvěma přejezdy pracovním strojem Farnet Kompaktopat.

V následujícím roce 2012 byla dne 20. 3. provedena předset'ová příprava k dosažení příznivých vláhových poměrů set'ového lůžka – jedním přejezdem smyku s bránami.

Přírodní podmínky dovolily dne 22. 3. 2012 předset'ovou aplikaci N hnojiv spolu se zasetím mořeného osiva máku. Dávky použitých hnojiv byly dle metodiky v 1. variantě 100 kg N v podobě hnojiva stabilizované močoviny Alzon, 2. varianta obsahovala 50 kg N v LAD, ve 3. variantě bylo použito 50 kg N ve formě DASA. 4. variantou je nehnojená kontrola. Ručně aplikovaná hnojiva byla zapravena secí kombinací. Velikost výsevu odrůdy modrosemenného máku Major činila 1,5 kg. Samotné osivo bylo před setím mořeno v přípravku Cruiser OSR s přidáním rostlinného stimulantu M Sunagreen.

Během vegetace bylo provedeno několik vstupů. Prvním postřikem byla dne 23. 3. 2012 ruční preemergentní ošetření herbicidem Callisto 480 SC v dávce 0,25 l/ha a Command

36 SC v dávce 0,15 l/ha. Dne 28. 4. 2012 nastal vhodný termín k aplikaci postemergentního systémového gramicidu Targa Super 5 EC v dávce 2,5 l/ha, spolu s insekticidem Cyperkill v dávce 0,1 l/ha.

Ve fázi šesti pravých listů, dne 20. 5. 2012, byla dle metodiky ručně dohnojena N hnojivý varianta číslo 2 a 3. V obou případech se jednalo o aplikaci 50 kg čistých živin N v hnojivu LAD. Týden poté, 26. 5. 2012 byl aplikován systémový fungicid Bumper super v dávce 1l/ha.

7. 6. 2012 bylo provedeno další postemergentní ošetření porostu herbicidními přípravky Laudis OD v dávce 1,8 l/ha a Starane 250 EC v dávce 0,3 l/ha.

Dne 5. 7. 2012 byl proveden ruční odběr rostlin v zelené zralosti. Pro přesnost bylo z každé parcelky odebráno 10 rostlin. Na Výzkumné stanici byla z těchto rostlin stanovena hmotnost a délka kořenů, hmotnost a délka nadzemní části rostliny, dále podíl sušiny v kořeni a v nadzemní části.

Ke zvýšení efektivity sklizně bylo nutné porost máku dne 8. 8. 2012 desikovat. Kontrolní odběr makovic proběhl ručně den před sklizní. Dne 14. 8. 2012 proběhla sklizeň zralých makovic, kdy byly porosty mláceny parcelní sklízecí technikou Wintersteiger Classic. Napytlovaná semena se převezla na Výzkumnou stanici Červený Újezd a v měsíci říjnu zde byly provedeny rozbory.

*Tab. 3: Zásahy na pokusné ploše.*

Termín operace	Název operace	Použitý přípravek (stroj)
12. 10. 2011	Orba	Pluh – 3 radlice
24. 10. 2011	Příprava půdy	Farmet Kompaktomat
20. 3. 2012	Příprava půdy – jeden přejezd	Smyk + brány
22. 3. 2012	Aplikace hnojiv – ručně	Alzon, LAD, DASA
22. 3. 2012	Setí + zapravení hnojiv – secí stroj	Major
22. 3. 2012	Válení po setí	Crosskillský válec
23. 3 2012	Aplikace herbicidů	Callisto 480 SC + Command 36 SC
28. 4. 2012	Aplikace herbicidu a insekticidu	Targa Super 5 EC + Cyperkill
20. 5 2012	Dohnojeno	LAD
26. 5. 2012	Aplikace fungicidu	Bumper super
7. 6. 2012	Aplikace herbicidů	Laudis OD + Starane 250 EC
5. 7. 2012	Odběr rostlin	Rozbory
8. 8. 2012	Desikace	
13. 8. 2012	Odběr makovic	Stanovení výnosových prvků
14. 8. 2012	Slizeň – parcelní mlátička	Wintersteiger Classic



Tab. 4: Přehled variant pokusu.

Varianta č.	Použité hnojivo	Dávka N v kg čistých živin – před setím	Termín aplikace	Dávka N v kg čistých živin – 6. list	Celková dávka N v kg čistých živin
1	Alzon	100	22. 3. 2012	-	100
2	LAD	50	22. 3. 2012 20. 5. 2012	50	100
3	DASA	50	22. 3. 2012 20. 5. 2012	50	100
4	-	-	-	-	-

## 4.6 Charakteristika použitého materiálu

### 4.6.1 Osivo

#### Odrůda Major

V České republice je velmi pestrý výběr registrovaných odrůd máku. Nejstálejším a pro naše podmínky a nejflexibilnějším jsou odrůdy Major, Opal a Maraton (Cihlář et al., 2008). Slovenská Výzkumná a šlechtitelská stanice Malý Šariš vyšlechtila a v roce 2002 nechala registrovat modrosemennou odrůdu Major. Křížením Svalöfs Soma a Bibbi vznikla středně raná a vysoká odrůda odolná proti polehání a otevírání tobolek. Dále disponuje svou vysokou přizpůsobivostí k podnebním a půdním podmínkám. Zaručuje vysoké výnosy semena i makoviny. Obsah oleje v semenu dosahuje 48,3 % a podíl morfinu v makovině je 0,45 – 50 %. Pro dosažení výnosového potenciálu je nejefektivnější pěstování Majoru v řepných a bramborářských výrobních oblastech (Ondrejčák, 2012).

### 4.6.2 Rostlinné stimulanty

#### M Sunagreen

Velmi účinný rostlinný stimulant, který je vhodný pro použití k ošetření osiva v kapalně formě. Jeho základní funkcí je stimulovat vývoj rostlin ve fázi klíčení a tvorby kořenů. Tento auxinový přípravek zajišťuje lepší stav porostu v ohledu na vyrovnanost.

Obsahem jsou dvě účinné látky: kyselina 2 – aminobenzoová a kyselina 2 – hydroxybenzoová (Chemapagro, 2013).

### 4.6.3 Fungicidy

#### **Cruiser OSR**

Systemický fungicidní a neselektivní systemický insekticidní kapalná suspenze se aplikuje v operaci moření osiva před setím. Účinné látky thiamethoxam, fludioxonil a metalaxyl zajišťují vysokou odolnost proti plísni makové a helmintosporióze máku (Agromanual, 2013).

#### **Bumper super**

Tento širokospektrální fungicid obsahuje účinné látky prochloraz a propiconazole. Emulgovaný koncentrát Bumper super je svým účinkem systémový a lokálně systémový.

### 4.6.4 Herbicidy

#### **Callisto 480 SC**

Je určen k preemergentnímu, ale i postemergentnímu ošetření. Jedná se o kapalnou suspenzi herbicidního charakteru. Působení přípravku je zaměřeno proti jednoletým dvouděložným plevelům, zejména ježatky kuří nohy (*Echinochloa crus galli*). Rostlina ho přijímá listy i kořeny. Účinnou látkou je mesotrion (Agromanual, 2013).

#### **Command 36 SC**

Selektivní herbicidní přípravek Command 36 SC je ve formě suspenze. Aplikace je doporučena preemergentně. Účinná látka chlomazone zajistí likvidaci svízele přítuly (*Galium aparine*) a dalších dvouděložných plevelů v porostu (e – agro, 2013).

#### **Laudis OD**

Selektivní systémový herbicid je určen k postemergentní aplikaci. Slouží k hubení rozsáhlého spektra dvouděložných jednoděložných plevelů v kukuřici seté (*Zea mays*). Přípravek je k dostání ve formě olejové disperze. Účinnou látkou je tembotrione a safaner – isoxadyfen – ethyl (Bayer, 2013).

### **Starane 250 EC**

Postemergentní herbicidní přípravek, obsahující účinnou látku fluroxypyr, je účinný v širokém spektru dvouděložných plevelů. Prodává se v podobě emulgovaného koncentrátu (e – agro, 2013).

### **4.6.5 Graminicity**

#### **Targa Super 5 EC**

Graminacidní emulgovaný koncentrát je doporučené aplikovat postemergentně. Systémový přípravek obsahuje účinnou látku quizalofop – P – ethyl, který je cílený proti plevelným rostlinám pýru plazivého (*Agropyron repens*), jednoletých trav a výdrolu obilovin v řepce olejné (*Brassica napus*) (Agromanual, 2013).

### **4.6.6 Insekticity**

#### **Cyperkill**

Pyrethroidní insekticid je svým použitím vhodný zejména k hubení krytonosce řepkového (*Ceutorhynchus napi*), krytonosce čtyřzubého (*Ceutorhynchus quadridens*) a blýskáčka řepkového (*Meligethes aeneus*). Účinnou látkou je cypermethrin a prodává se ve formě emulgovaného koncentrátu (Agromanual, 2013).

### **4.6.7 Minerální hnojiva**

#### **Dusičnan amonný a síran amonný (DASA)**

Dusíkaté minerální hnojivo DASA svým složením obsahuje směs dusičnanu amonného a síranu amonného (Vaněk et al., 2007). Nejpoužívanější produkt v České republice je LOVODASA 25 + 12S, vyráběná v Lovosicích. Pod tímto označení si lze představit 25 % podíl dusíku a 12 % síry. Celkový obsah dusíku v hnojivu je zastoupen amonnou a nitrátovou formou v podílu 17,3 %  $\text{NH}_4^+$  a 7,7 %  $\text{NO}_3^-$ . DASA je přednostně určena k základnímu hnojení, ale i k přihnojování polních a zahradních plodin, které mají zvýšené nároky na výživu sírou (např. řepka, hořčice, česnek). Produkt DASA, který je povrchově ošetřen proti spékání, je vyráběn ve formě bělavých až bílých granulí. Velikost granulí je v rozmezí 2 – 5 mm (Lovochemie, 2011).

### **Ledek amonný s dolomitem (LAD)**

Minerální hnojivo ledek amonný s dolomitem je složeno z dusičnanu amonného a jemně mletého dolomitu. Celkový obsah dusíku je mezi 27,5 – 27,5 % ve formě amonné a nitrátové ve stejném podílu. Na rozdíl od LAV je ve hnojivu zastoupen i vápník 4% a hořčík 3%. Pro svou všestrannost v použití, díky vhodným formám dusíku, se stává LAV a LAD nejpoužívanějším dusíkatým přípravkem v České republice. Aplikace LAD je možná jak předset'ově se zapravením, tak na list a v obou případech i ve vyšších dávkách, čímž minimalizujeme počet vstupů na pozemek. LAD se přednostně používá na půdách těžkých s velkou biologickou aktivitou (Vaněk et al., 2007). Ledek amonný s dolomitem se vyrábí v podobě bělavých až světle hnědých granulí o průměrné velikosti 2 – 5 mm (Lovochemie, 2007).

### **Alzon**

Alzon je jedno z nejvýznamnějších N hnojiv ve formě stabilizovaných močovín. Inhibitor nitrifikace je na bázi DCD. Obsah dusíku ve hnojivu je 46 %. Použití je téměř pro všechny plodiny. Podrobnější informace zmiňuje kapitola č. 3.6.3.

## **4.7 Metoda zpracování dat**

Data byla vyhodnocena metodou analýzy rozptylu, hladina významnosti 95 %, podle metody LSD. Pro grafické znázornění autor použil „standardní chybu“ (*Means and Standard Errors – internal s*), která vyjadřuje variabilitu největšího podílu hodnot v rámci jedné skupiny. Tzn., že v grafu vyneseny bod je průměrem a úsečka vyjadřuje průměrnou vzdálenost hodnot od průměru (prům. střední chyba odhadu).

Pod grafem je uvedena tabulka (*Multiple Range Tests*), kde kromě variant je počet hodnot stat. skupiny (*Count*), hodnota průměru (*Mean*) a sloupec homogenních skupin (*Homogeneous Groups*). Pokud jsou křížky v tabulce pod sebou, skupiny jsou homogenní, tj. nejsou od sebe stat. průkazně odlišné. To vše za předpokladu, že  $P < 0.05$  (hodnotu P uvádíme v popisu grafu a tabulky).

Tam, kde autor uvádí grafické znázornění *Means and 95 % LSD Intervals*, body znázorňují průměr a úsečka hodnotu minimální statistické difference. Pokud se úsečky nepřekrývají v horizontální rovině, pak se jedná o statisticky významný rozdíl mezi skupinami, a to za předpokladu, že  $P < 0.05$  (hodnotu P uvádíme v popisu grafu či tabulky).

Statistické výpočty byly prováděny programem Statgraphics Centurion XVI for Windows, v.16.1.11.

Sledovanými znaky pokusu jsou: délka kořene (cm), délka nadzemní části rostliny (cm), počet makovic na rostlinu (ks), hmotnost kořene (g), hmotnost nadzemní části rostliny (g), zastoupení sušiny v kořeni (%), zastoupení sušiny v nadzemní části rostliny (%), výnos semen (t/ha), výnos semen bez extrémní hodnoty (t/ha), HTS (g), hmotnost semen v makovici (g), počet rostlin (m<sup>2</sup>), počet makovic (m<sup>2</sup>), výška porostu (cm), zastoupení stojících rostlin (%), zastoupení polehlých rostlin (%).

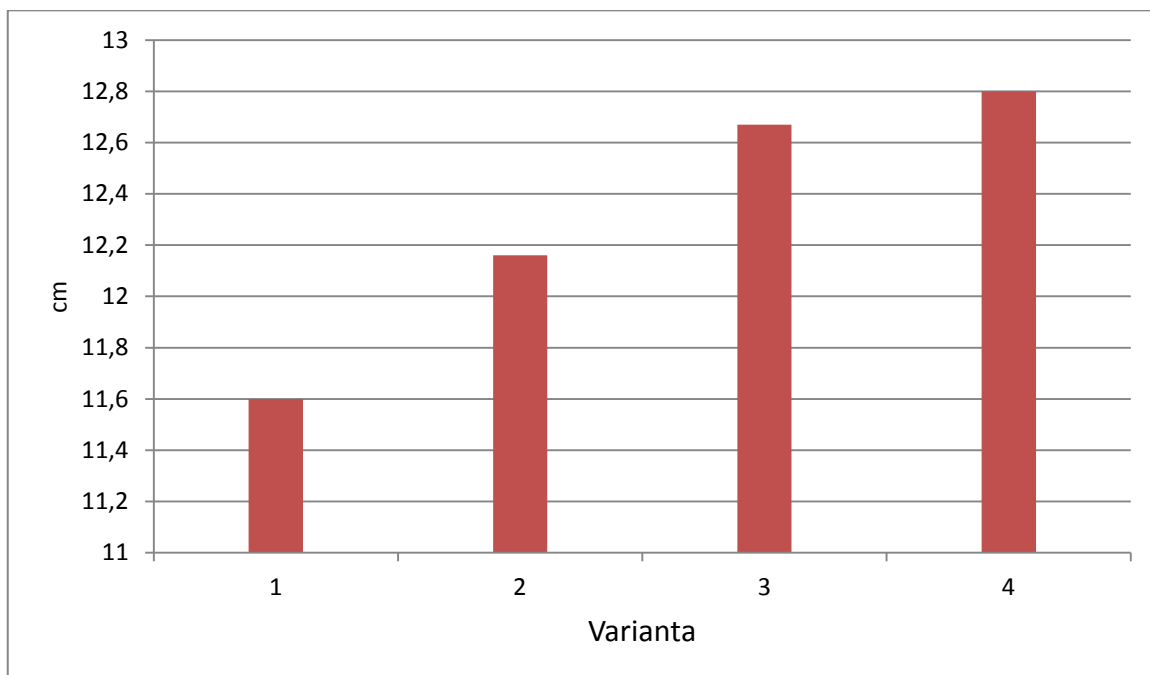
Metodou sběru dat je ruční sklizeň, mechanizovaná sklizeň a vizuální kontrola. Zpracovaná data jsou popsány v kapitole č. 5 Výsledky pokusu.

## 5 Výsledky pokusu

### 5.1 Odběry

#### Délka kořene

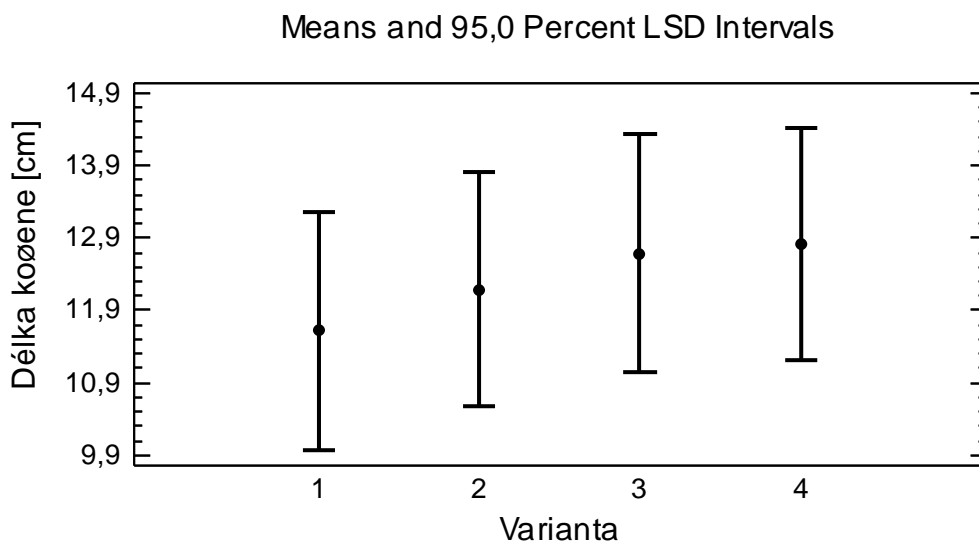
Graf 1: Sledovaný znak: délka kořene.



Tab. 5: Přehled jednotlivých variant s výsledky délky kořene.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr délky kořene (cm)
1	Alzon – 100 kg N	-	11,60
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	12,16
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	12,67
4	nehnojená kontrola	-	12,80

Graf 2: Statistické vyhodnocení délky kořene.



Tab 6: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku délka kořene.

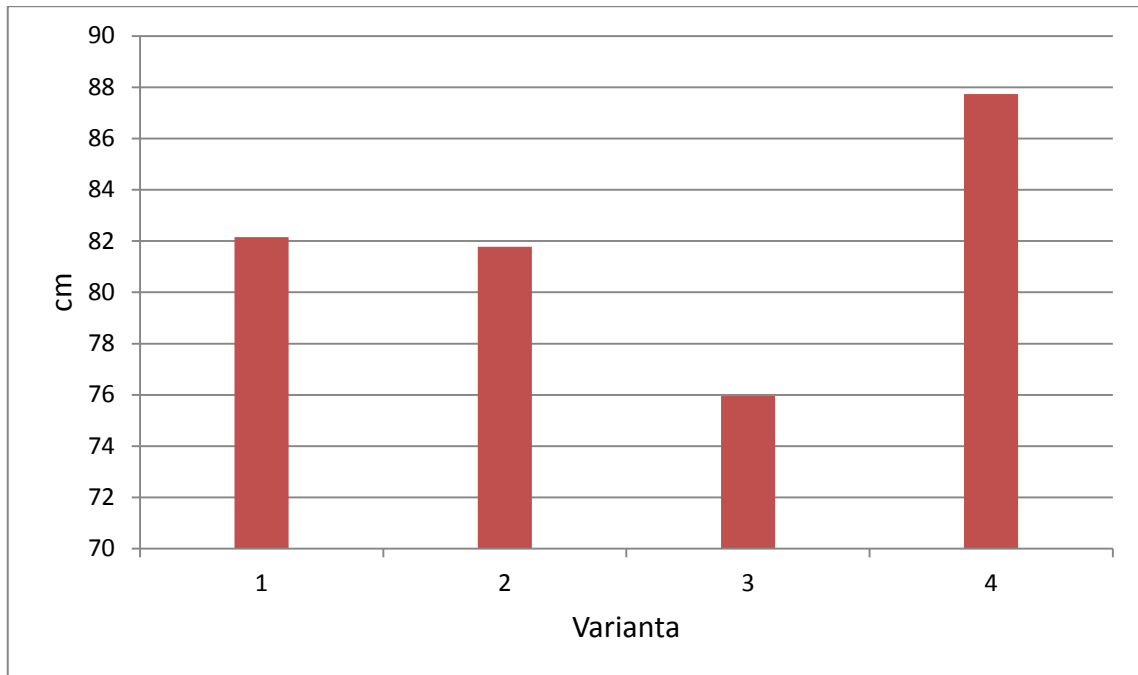
Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
1	40	11,6	x
2	41	12,1634	x
3	40	12,67	x
4	42	12,8024	x

Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na délku kořene vyplývá, že rozdíl délek kořenů u jednotlivých variant není statisticky průkazný. Nejmenší délku kořene vykazuje varianta číslo 1 a nejdelší kořen vykazuje varianta číslo 4.

Komentář autora: Z těchto výsledků lze předpokládat, že při použití hnojiva Alzon nemusí kořeny rostliny hluboko zakořeňovat, rostlina tedy odebírá živiny především z horizontálního půdního profilu, protože Alzon uvolňuje dusík v postupném časovém horizontu. Nehnojená kontrola vykazuje nejdelší kořen, protože v horní části ornice je deficit dostupných živin.

## Délka nadzemní části rostliny (cm)

Graf 3: Sledovaný znak: délka nadzemní části rostliny.

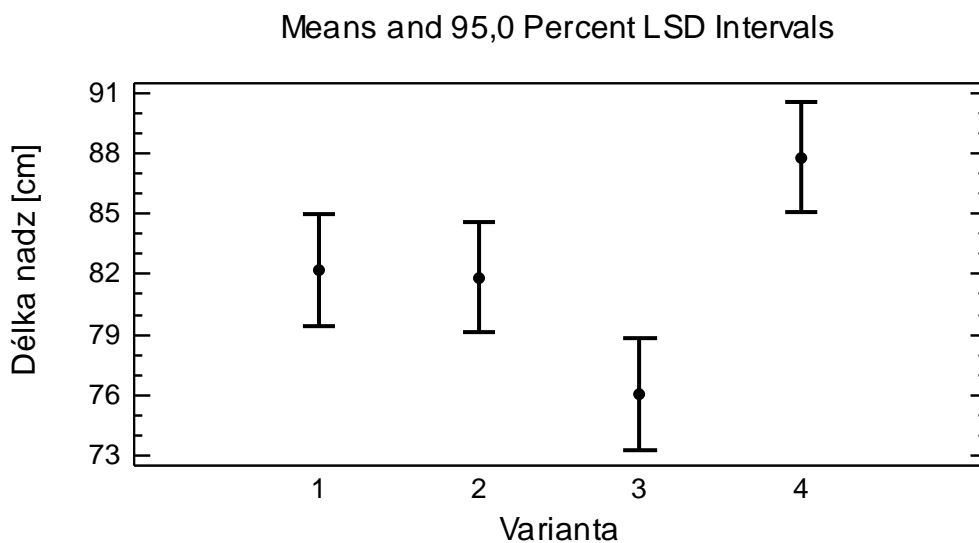


Tab. 7: Přehled jednotlivých variant s výsledky délky nadzemní části rostliny.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr délky nadzemní části rostliny (cm)
1	Alzon – 100 kg N	-	82,15
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	81,78
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	75,96
4	nehnojená kontrola	-	87,74



Graf 4: Statistické vyhodnocení délky nadzemní části rostliny.



Tab 8: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku délka nadzemní části rostliny.

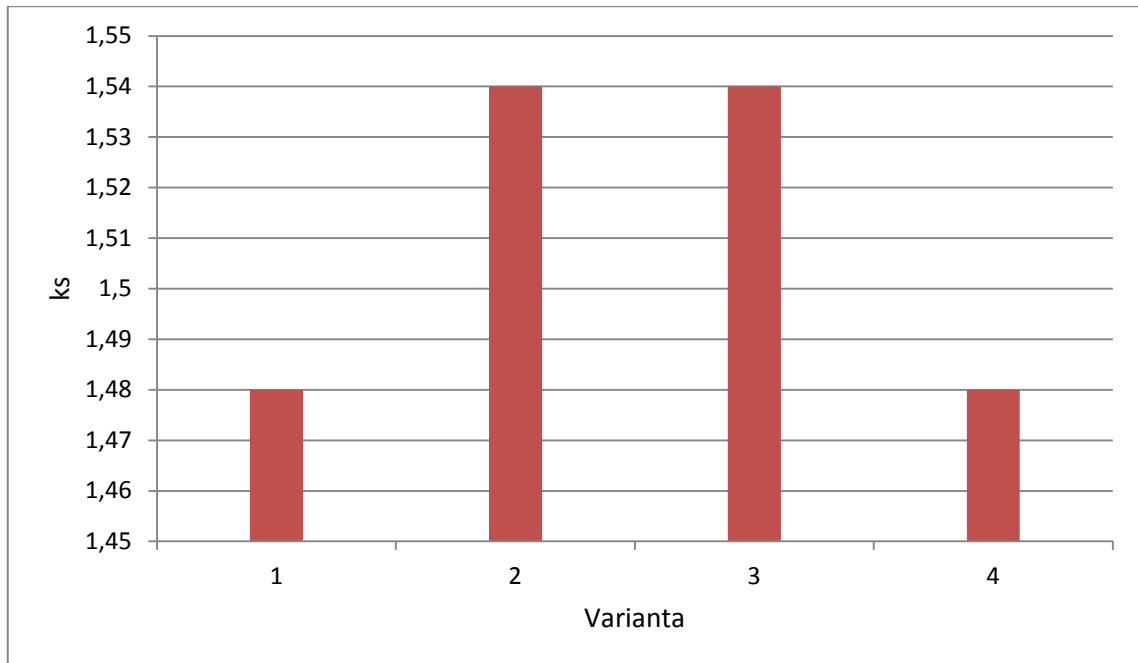
Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
3	40	75,9625	x
2	41	81,7805	x
1	40	82,15	x
4	42	87,7381	x

Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na délku nadzemní části rostliny vyplývá, že je významný statistický rozdíl mezi variantami číslo 1 a 3; 1 a 4; 2 a 3; 2 a 4; 3 a 4, ale mezi variantami číslo 2 a 1 není statistický význam průkazný.

Komentář autora: Nedostatek živin by neměl přispívat k vyšší velikosti nadzemní části rostliny, což ovšem ovlivňuje počet konkurujících si zdravých rostlin. Varianta číslo 1 a 2 jsou svými hodnotami srovnatelné. Hnojení dle varianty 3 působí na nízký růst rostliny máku setého.

## Počet makovic na rostlinu (ks)

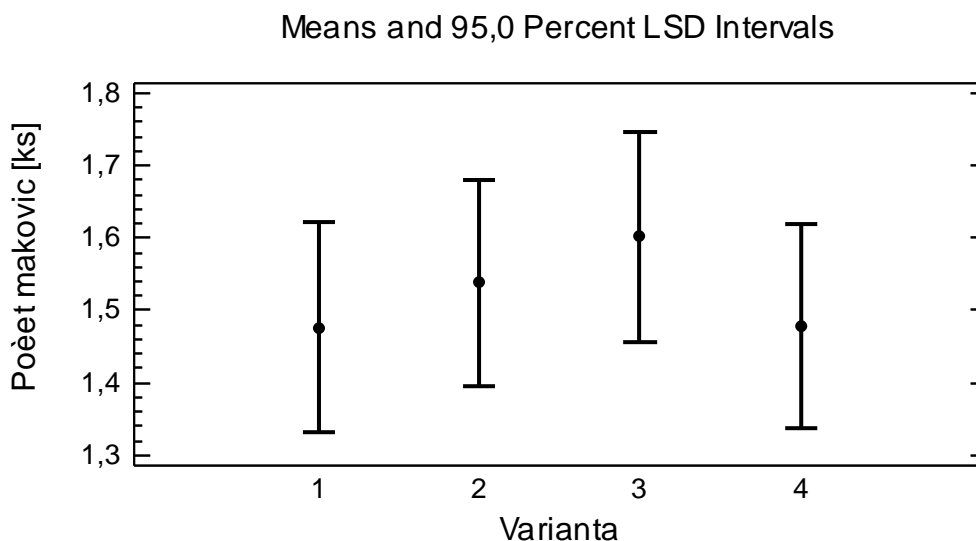
Graf 5: Sledovaný znak: počet makovic na rostlinu.



Tab. 9: Přehled jednotlivých variant s výsledky počtu makovic na rostlinu.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr počtu makovic na rostlinu (ks)
1	Alzon – 100 kg N	-	1,48
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	1,54
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	1,60
4	nehnojená kontrola	-	1,48

Graf 6: Statistické vyhodnocení počtu makovic na rostlinu.



Tab 10: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku počet makovic na rostlinu.

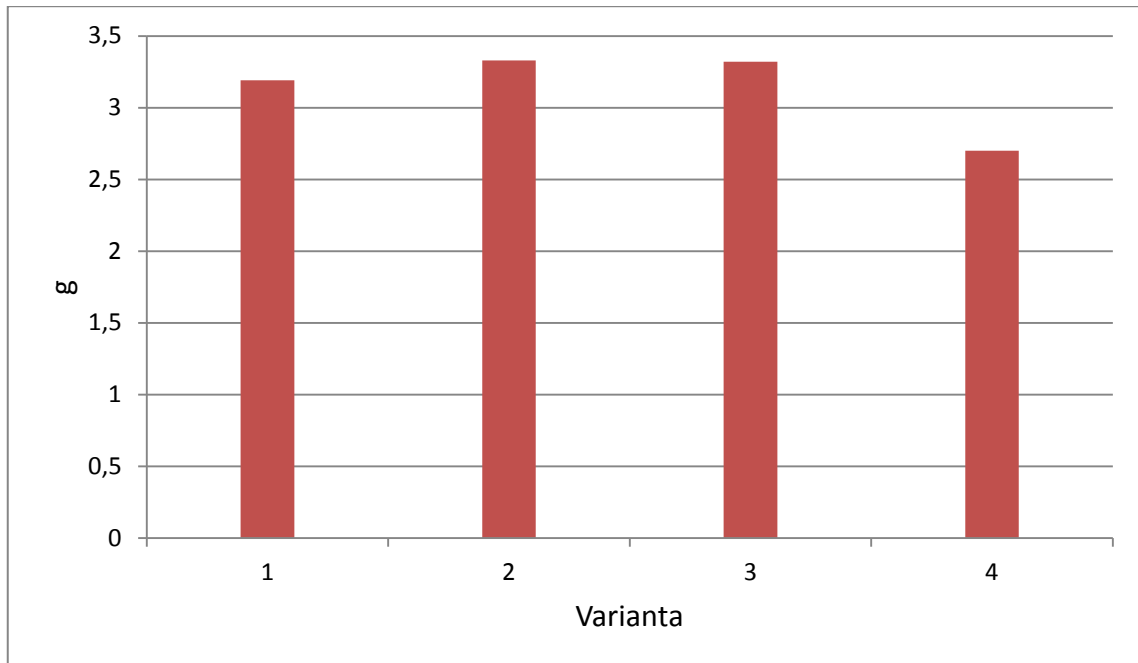
Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
1	40	1,475	x
4	42	1,47619	x
2	41	1,53659	x
3	40	1,6	x

Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na počet makovic na rostlinu vyplývá, že mezi jednotlivými variantami není významný statistický rozdíl. Nejlepší a nejvyšší počet makovic na rostlinu vykazuje varianta číslo 3, ostatní varianty jsou téměř srovnatelné.

Komentář autora: Počet makovic podle výnosových prvků k dosažení maximálního výnosu není optimální ani u jedné varianty. Podle Cihláře (2011, pers. comm.) je optimální počet pro dosažení nejvyššího teoretického výnosu 1,77 makovice na rostlinu. K tomu se nejvíce přibližuje varianta 3.

## Hmotnost kořene (g)

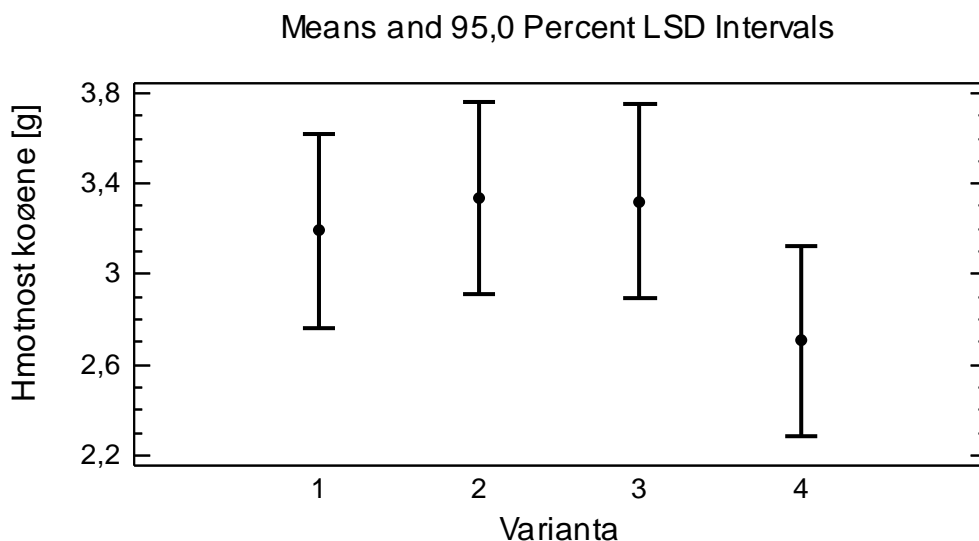
Graf 7: Sledovaný znak: hmotnost kořene.



Tab. 11: Přehled jednotlivých variant s výsledky hmotnosti kořene.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr hmotnosti kořene (g)
1	Alzon – 100 kg N	-	3,19
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	3,33
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	3,32
4	nehnojená kontrola	-	2,70

Graf 8: Statistické vyhodnocení hmotnosti kořene.



Tab 12: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku hmotnost kořene.

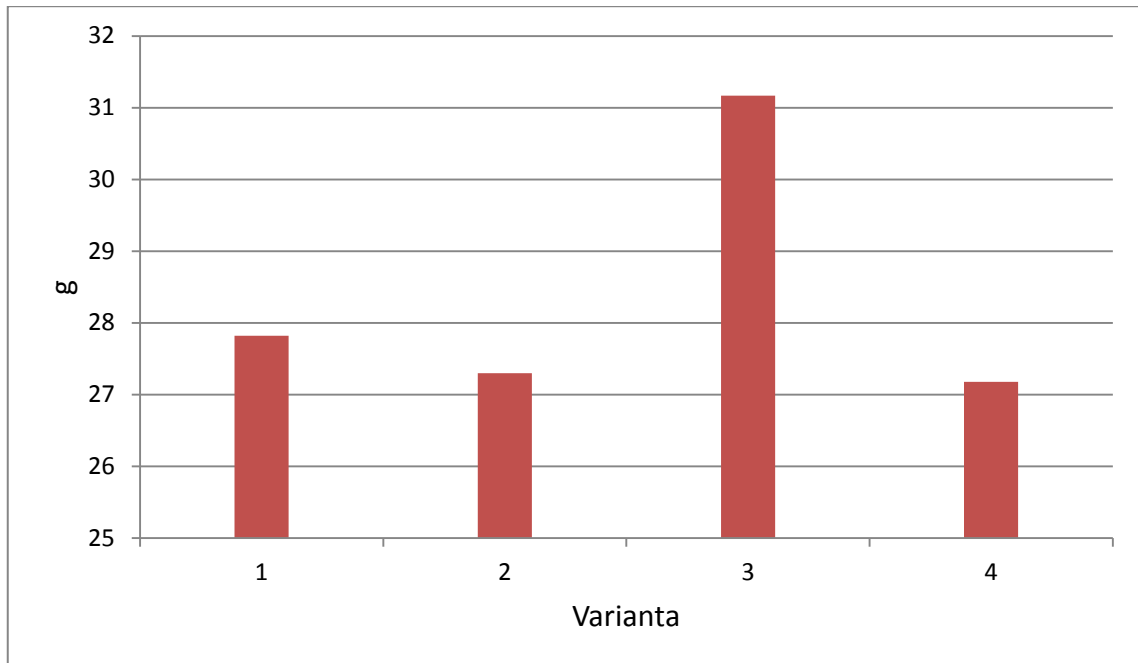
Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
4	42	2,7	x
1	40	3,1875	x
3	40	3,3175	x
2	41	3,33415	x

Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na hmotnost kořene vyplývá, že mezi jednotlivými variantami není významný statistický rozdíl. Avšak nejmenší hmotnost kořene můžeme z grafu vyčíst u varianty číslo 4. Varianty 1, 2 a 3 jsou svými hodnotami podobné.

Komentář autora: Z výsledků lze předpokládat, že dusíkatá hnojiva pozitivně působí na tvorbu kořenového systému u máku setého. Z předchozího grafu si dokážeme představit kořen u nehnojené varianty jako tenký a dlouhý, naopak u varianty číslo 1 hovoříme o krátkém, ale masivním rozvětveném kořeni.

## Hmotnost nadzemní části rostliny (g)

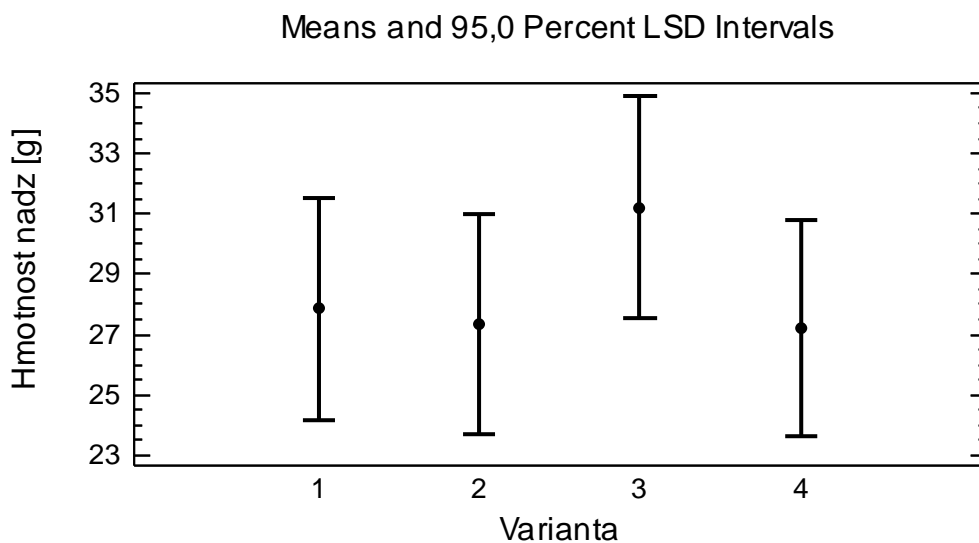
Graf 9: Sledovaný znak: hmotnost nadzemní části rostliny.



Tab. 13: Přehled jednotlivých variant s výsledky hmotnosti nadzemní části rostliny.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr hmotnosti nadzemní části rostliny (g)
1	Alzon – 100 kg N	-	27,82
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	27,30
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	31,17
4	nehnojená kontrola	-	27,18

Graf 10: Statistické vyhodnocení hmotnosti nadzemní části rostliny.



Tab 14: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku hmotnost nadzemní části rostliny.

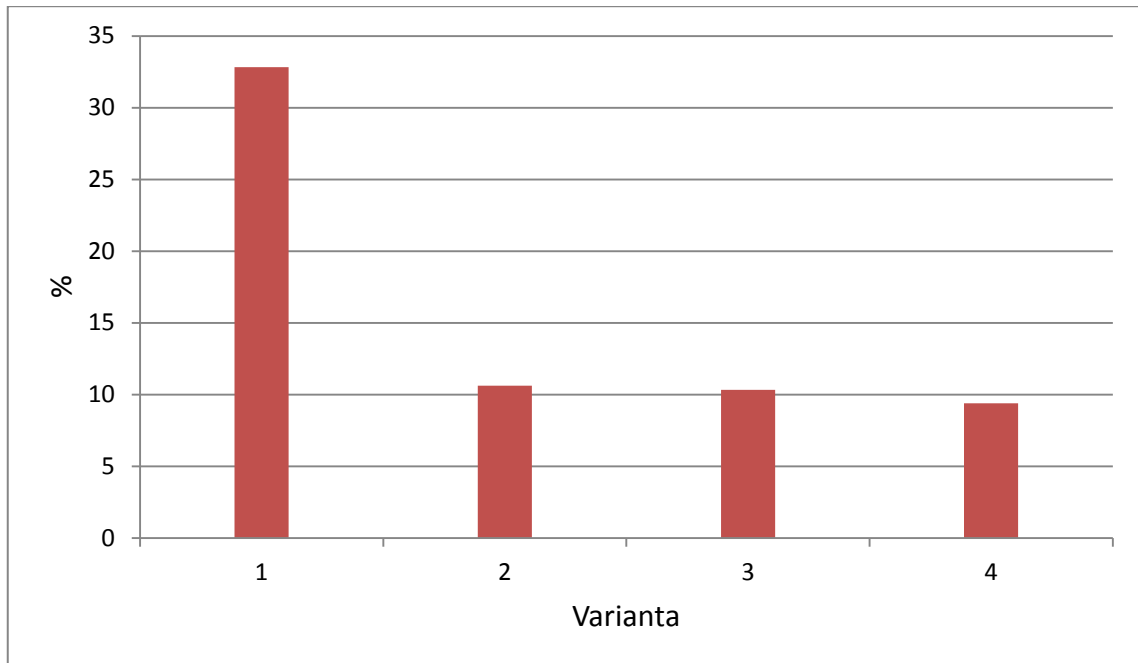
Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
4	42	27,1833	x
2	41	27,2976	x
1	40	27,8175	x
3	40	31,1675	x

Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na hmotnost nadzemní části rostliny vyplývá, že mezi jednotlivými variantami není významný statistický rozdíl. Nejvyšší hmotnost nadzemní části rostlin vykazuje varianta číslo 3. Varianty 1, 2 a 4 jsou ve svých výsledcích relativně vyrovnané.

Komentář autora: Z předešlého lze předpokládat, že způsob hnojení dusíkem dle varianty číslo 3 napomáhá tvořit nízké, ale silné rostliny máku s největším počtem makovic.

## Zastoupení sušiny v kořeni (%)

Graf 11: Sledovaný znak: zastoupení sušiny v kořeni.

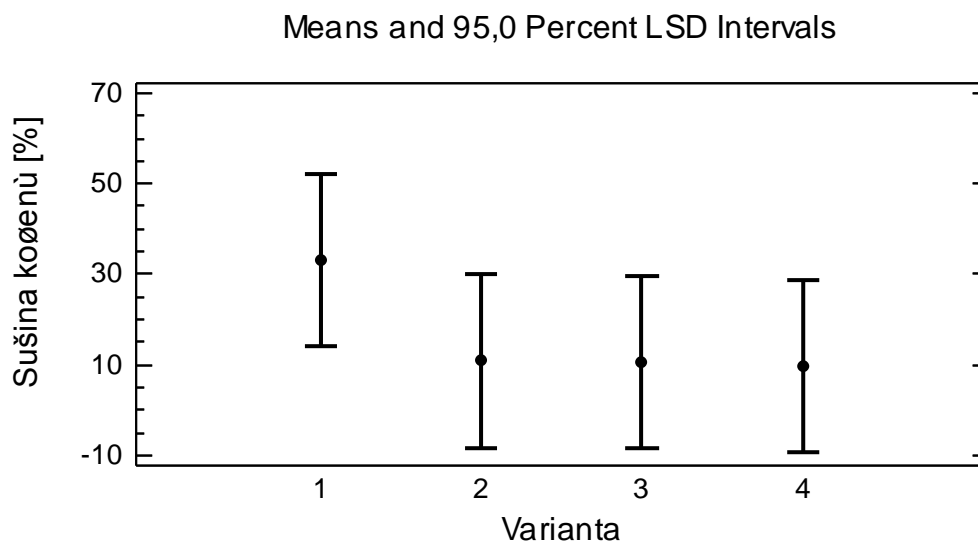


Tab. 15: Přehled jednotlivých variant s výsledky zastoupené sušiny v kořeni.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr zastoupené sušiny v kořeni (%)
1	Alzon – 100 kg N	-	32,83
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	10,63
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	10,32
4	nehnojená kontrola	-	9,40



Graf 12: Statistické vyhodnocení zastoupené sušiny v kořeni.



Tab 16: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku zastoupení sušiny v kořeni.

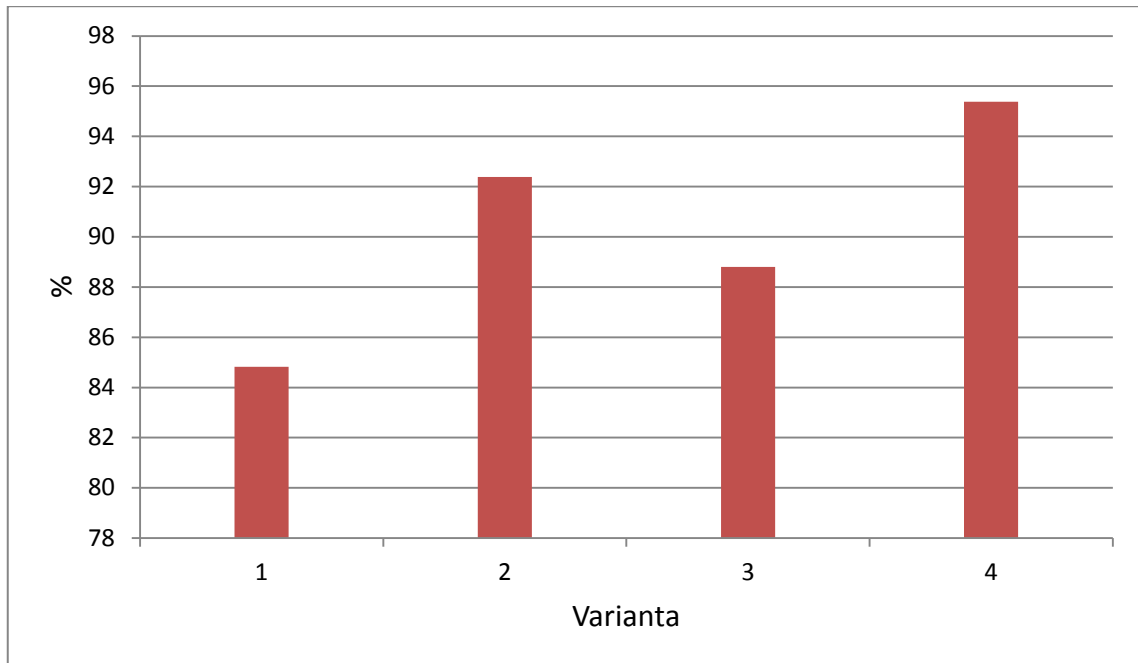
Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
4	4	9,4	x
3	4	10,325	x
2	4	10,625	x
1	4	32,825	x

Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na procentuální zastoupení sušiny v kořeni vyplývá, že mezi jednotlivými variantami není významný statistický rozdíl. Je zřejmé, že nejmenší podíl spalitelné části kořene je u varianty číslo 1. Ostatní varianty vykazují podobné hodnoty.

Komentář autora: Hnojivo Alzon může mít vliv na zvýšení sušiny v kořeni, tedy kořen bude vykazovat více stavebních prvků, jimiž jsou bílkoviny, cukry (celulóza) a makroprvky N, P, K. Lze předpokládat, že tím se zvyšuje odolnost rostliny proti polehání (viz. graf polehané rostliny).

## Zastoupení sušiny v nadzemní části rostliny (%)

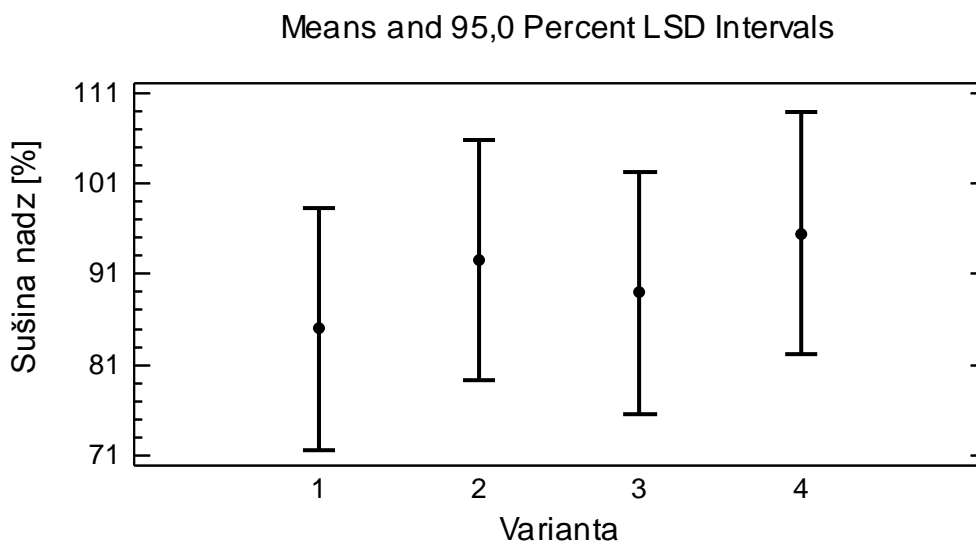
Graf 13: Sledovaný znak: zastoupení sušiny v nadzemní části rostliny.



Tab. 17: Přehled jednotlivých variant s výsledky zastoupené sušiny v nadzemní části rostliny.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr zastoupené sušiny v nadzemní části rostliny (g)
1	Alzon – 100 kg N	-	84,83
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	92,38
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	88,80
4	nehnojená kontrola	-	95,38

Graf 14: Statistické vyhodnocení zastoupené sušiny v nadzemní části rostliny.



Tab 18: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku zastoupení sušiny v nadzemní části rostliny.

Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
1	4	84,825	x
3	4	88,8	x
2	4	92,375	x
4	4	95,375	x

Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na zastoupení sušiny v nadzemní části rostliny vyplývá, že mezi jednotlivými variantami není významný statistický rozdíl. Nejméně sušiny v nadzemní části vykazuje varianta 1 s hnojivem Alzon. Podle grafu může za nízký obsah sušiny v nadzemní části rostliny hnojivo na bázi stabilizované močoviny.

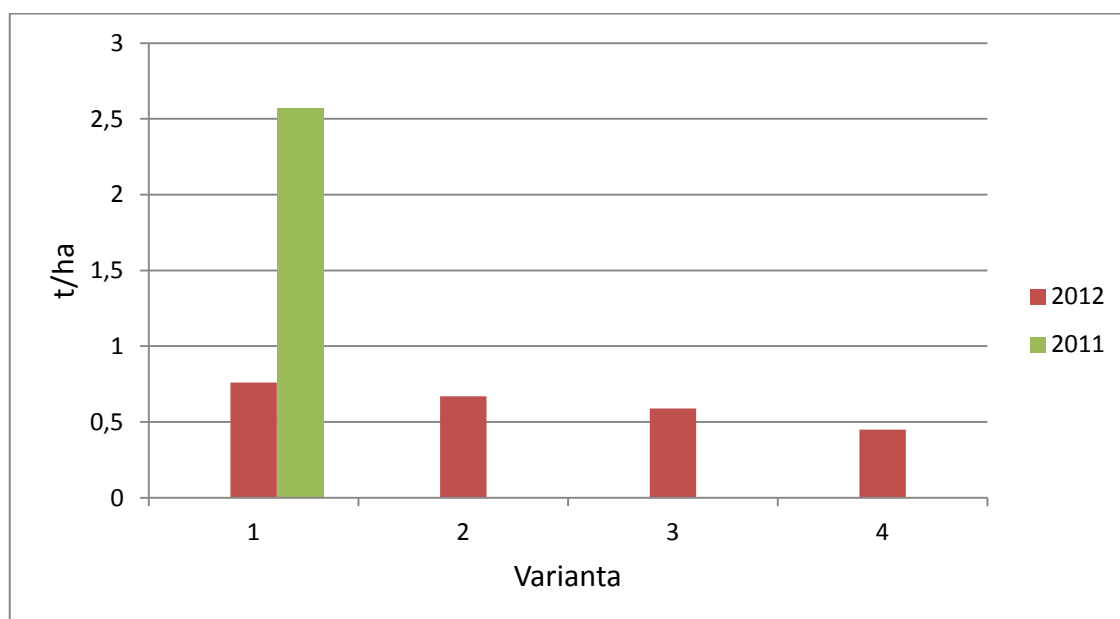
Komentář autora: Z předešlého (viz. zastoupení sušiny v kořeni) autor sleduje nižší obsah sušiny ve stonku rostliny máku, pokud má vyšší obsah sušiny ve svém kořeni. Pokud je menší obsah sušiny v nadzemní části, tvoří vyšší podíl obsahu voda, která je ve fázi butonizace důležitým aspektem pro tvorbu výnosu semen.

## 5.2 Sklizeň

### Výnos semen (t/ha)

Graf 15: Sledovaný znak: výnos semen.

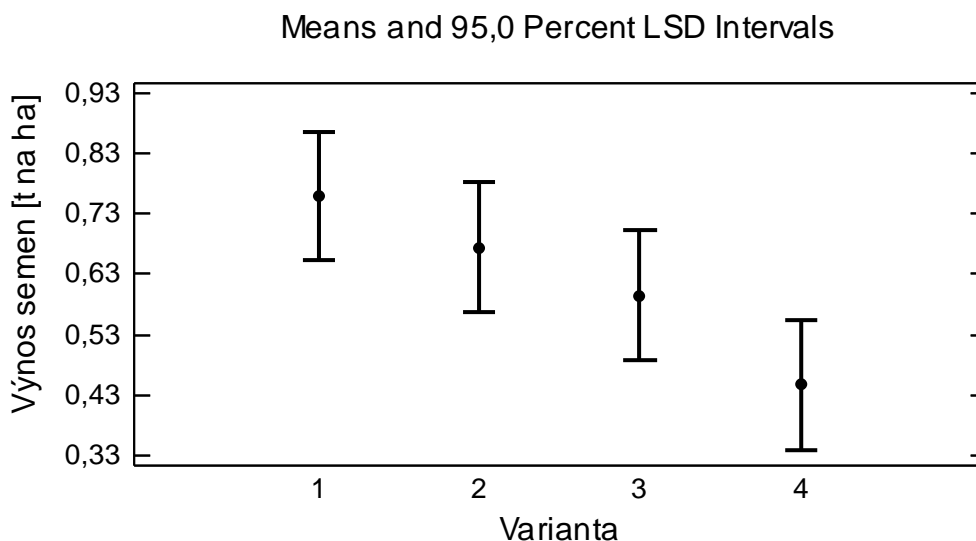
V grafu je uveden údaj experimentu z roku 2011 s podobnou metodikou hnojení jako u autorovy varianty číslo jedna z roku 2012. Tento výsledek je zde pro srovnání pěstitelských ročníků 2011 a 2012 na stejné lokalitě s podobnou metodikou.



Tab. 19: Přehled jednotlivých variant s výsledky výnosu semen.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr výnosu semen (t/ha)
1	Alzon – 100 kg N	-	0,76
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	0,67
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	0,59
4	nehnojená kontrola	-	0,45

Graf 16: Statistické vyhodnocení výnosu semen.



Tab 20: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku výnos semen.

Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
4	4	0,445	x
3	4	0,5925	xx
2	4	0,6725	x
1	4	0,7575	x

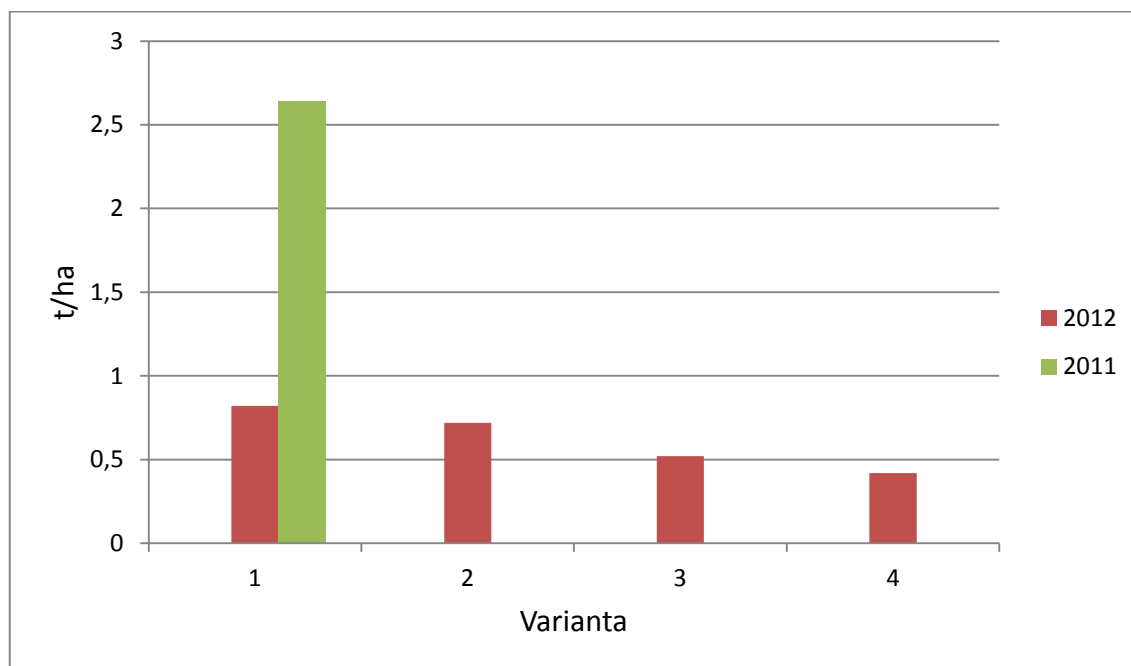
Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na výnos semen vyplývá, že je významný statistický rozdíl mezi variantou č. 4 a 2 a variantou č. 4 a 1. Mezi variantami č. 1 a 2; 1 a 3; 2 a 3; 3 a 4 není statistický význam průkazný. Nejlepšího výsledku dosáhla varianta číslo 1. Varianta s nejnižším výnosem je nehnojená kontrola. Třetího nejhoršího výsledku dosahuje varianta číslo 3, jinak hnojení pomocí DASA. V grafu je znázorněn výsledek hnojení Alzonem z předešlého roku (Cihlář, 2012, in litt.).

Komentář autora: Lze tvrdit, že hnojivo Alzon a hnojení pomocí LAD má oproti nehnojené kontrole významný vliv na výnos máku setého.

## Výnos semen bez extrémní hodnoty (t/ha) (3 opakování po vyřazení extrémní hodnoty)

Graf 17: Sledovaný znak: výnos semen bez extrémní hodnoty.

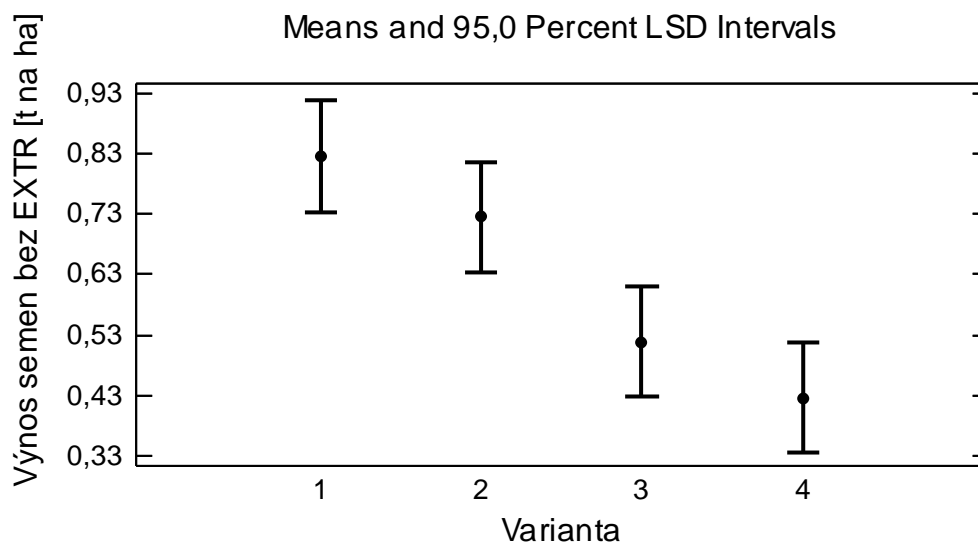
V grafu je uveden údaj experimentu z roku 2011 s podobnou metodikou hnojení jako u autorovy varianty číslo jedna z roku 2012. Tento výsledek je zde pro srovnání pěstitelských ročníků 2011 a 2012 na stejné lokalitě s podobnou metodikou.



Tab. 21: Přehled jednotlivých variant s výsledky výnosu semen bez extrémní hodnoty.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr výnosu semen bez extrémní hodnoty (t/ha)
1	Alzon – 100 kg N	-	0,82
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	0,72
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	0,52
4	nehnojená kontrola	-	0,42

Graf 18: Statistické vyhodnocení výnosu semen bez extrémní hodnoty.



Tab 22: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku výnos semen bez extrémní hodnoty.

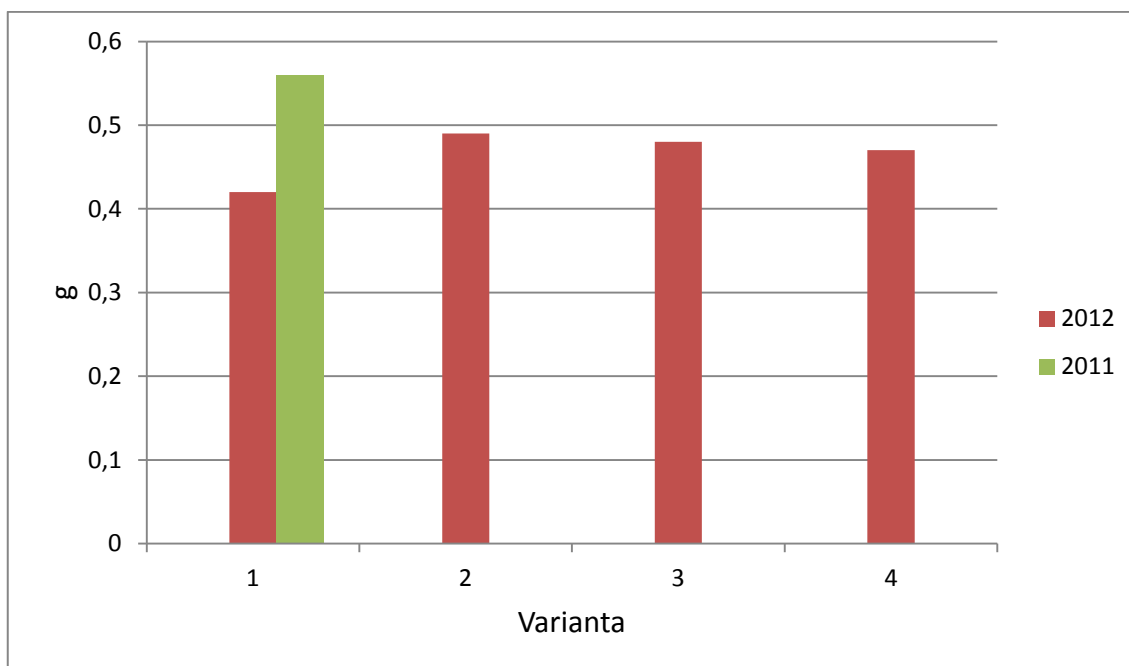
Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
4	3	0,423333	x
3	3	0,516667	x
2	3	0,723333	x
1	3	0,823333	x

Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na výnos semen bez extrémní hodnoty vyplývá, že je významný statistický rozdíl mezi variantou č. 1 a 3; 1 a 4; 2 a 3; 2 a 4. Mezi variantami č. 1 a 2; 3 a 4 není statistický význam průkazný. Lze tedy tvrdit, že varianta 1 a 2 se statisticky liší od varianty 3 a 4 a můžeme tvrdit, že hnojení pomocí Alzon a LAD oproti hnojivu DASA a nehnojené kontrole významný vliv na výnos máku bez extrémní hodnoty. V grafu je znázorněn výsledek hnojení Alzonem z předešlého roku (Cihlář, 2012, in litt.).

## HTS (g)

Graf 19: Sledovaný znak: HTS.

V grafu je uveden údaj experimentu z roku 2011 s podobnou metodikou hnojení jako u autorovy varianty číslo jedna z roku 2012. Tento výsledek je zde pro srovnání pěstitelských ročníků 2011 a 2012 na stejné lokalitě s podobnou metodikou.

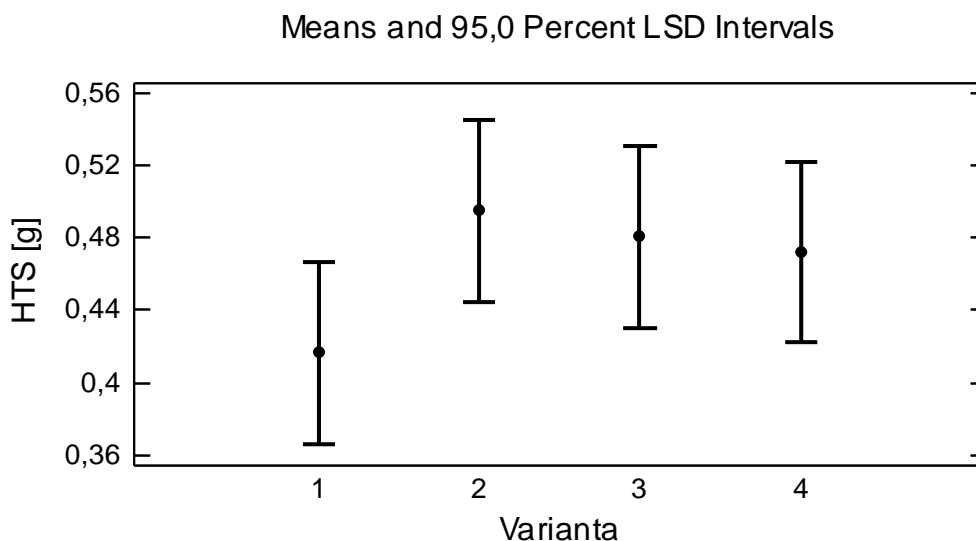


Tab. 23: Přehled jednotlivých variant s výsledky HTS.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr HTS (g)
1	Alzon – 100 kg N	-	0,42
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	0,49
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	0,48
4	nehnojená kontrola	-	0,47



Graf 20: Statistické vyhodnocení HTS.



Tab 24: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku HTS.

Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
1	4	0,41575	x
4	4	0,4715	x
3	4	0,48	x
2	4	0,4945	x

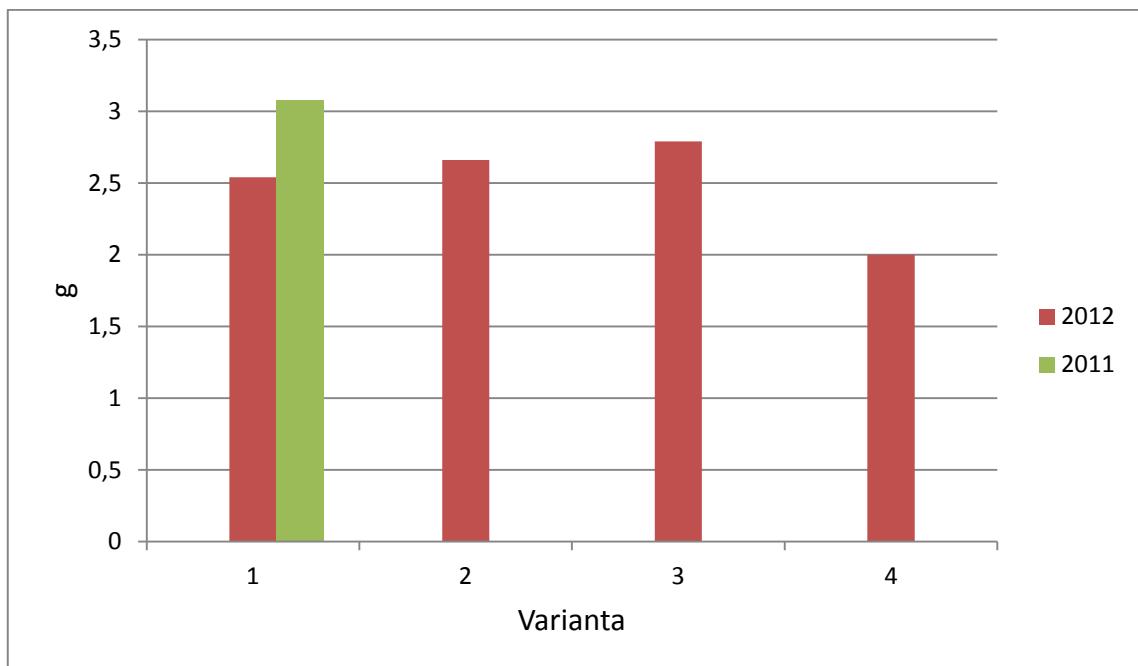
Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na hmotnost tisíce semen vyplývá, že mezi jednotlivými variantami není významný statistický rozdíl. Nejmenší hodnotu HTS vykazuje jednoznačně varianta číslo 1. Ostatní varianty jsou srovnatelné, oproti hnojení Alzonem vyšší. V grafu je znázorněn výsledek hnojení Alzonem z předešlého roku (Cihlář, 2012, in litt.).

Komentář autora: Lze předpokládat, že při předset'ovém použití hnojiva Alzon je semeno máku malé, ale v makovici četnější. Dále zde může hrát významnou roli jednostranná výživa močovinou. Amonný iont může antagonisticky působit na příjem kationtu zinku, podílejícího se na tvorbě velikosti semena.

## Hmotnost semen v makovici (g)

Graf 21: Sledovaný znak: hmotnost semen v makovici.

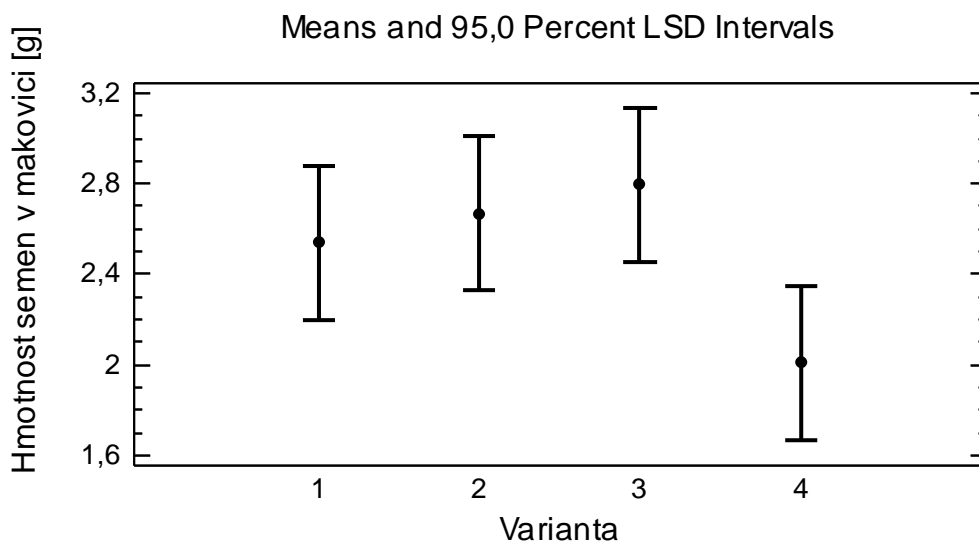
V grafu je uveden údaj experimentu z roku 2011 s podobnou metodikou hnojení jako u autorovy varianty číslo jedna z roku 2012. Tento výsledek je zde pro srovnání pěstitelských ročníků 2011 a 2012 na stejné lokalitě s podobnou metodikou.



Tab. 25: Přehled jednotlivých variant s výsledky hmotnosti semen v makovici.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr hmotnosti semen v makovici (g)
1	Alzon – 100 kg N	-	2,54
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	2,66
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	2,79
4	nehnojená kontrola	-	2,01

Graf 22: Statistické vyhodnocení hmotnosti semen v makovici.



Tab 26: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku hmotnost semen v makovici.

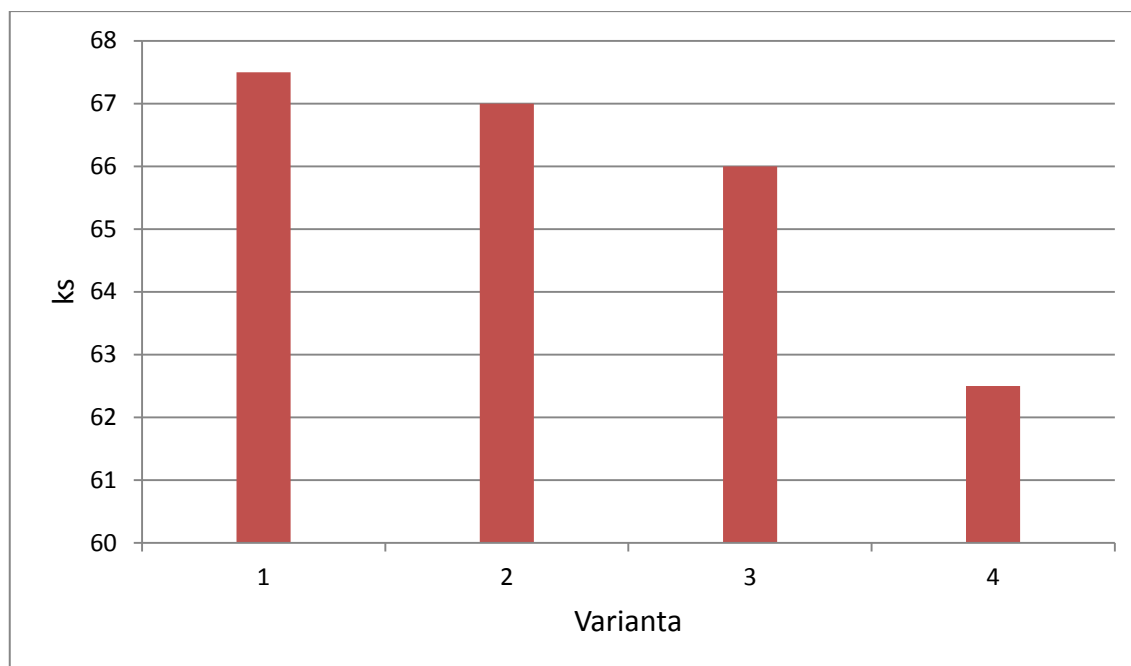
Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
4	4	2,005	x
1	4	2,535	xx
2	4	2,6625	xx
3	4	2,79	x

Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na hmotnost semen v makovici vyplývá, že je významný statistický rozdíl pouze mezi variantou č. 3 a 4. Mezi ostatními variantami není statistický význam průkazný. Varianta číslo 3, tedy N hnojení pomocí DASA, má oproti kontrole vliv na hmotnost semen v makovici. Statistického významu oproti kontrole těsně nedosahují varianty číslo 1 a 2. V grafu je znázorněn výsledek hnojení Alzonem z předešlého roku (Cihlár, 2012, in litt.).

Komentář autora: Z grafu můžeme sledovat u varianty 1 třetí nejhorší číselný výsledek z pozorovaných variant. Ale podle Cihláře (2011, pers. comm.) je pro dosažení nejvyššího teoretického výnosu optimální hodnota hmotnosti semen v makovici 2,5 g. Tomu se nejvíce přibližuje právě varianta s použitým hnojivem Alzon – varianta 1 (2,53 g).

## Počet rostlin na m<sup>2</sup> (ks)

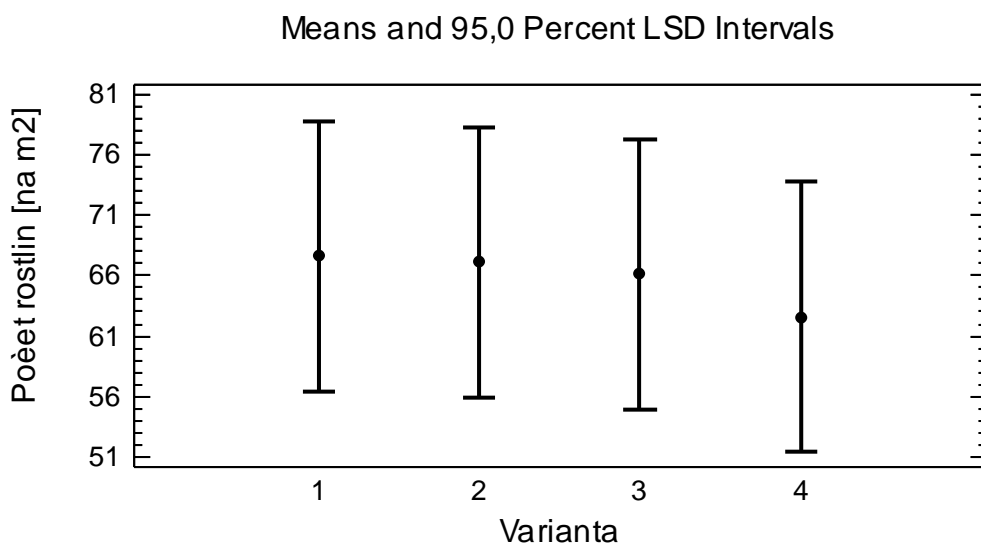
Graf 23: Sledovaný znak: počet rostlin na m<sup>2</sup>.



Tab. 27: Přehled jednotlivých variant s výsledky počtu rostlin na m<sup>2</sup>.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr počtu rostlin na m <sup>2</sup> (ks)
1	Alzon – 100 kg N	-	67,50
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	67,00
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	66,00
4	nehnojená kontrola	-	62,50

Graf 24: Statistické vyhodnocení počtu rostlin na m<sup>2</sup>.



Tab 28: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku počet rostlin na m<sup>2</sup>.

Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
4	4	62,5	x
3	4	66,0	x
2	4	67,0	x
1	4	67,5	x

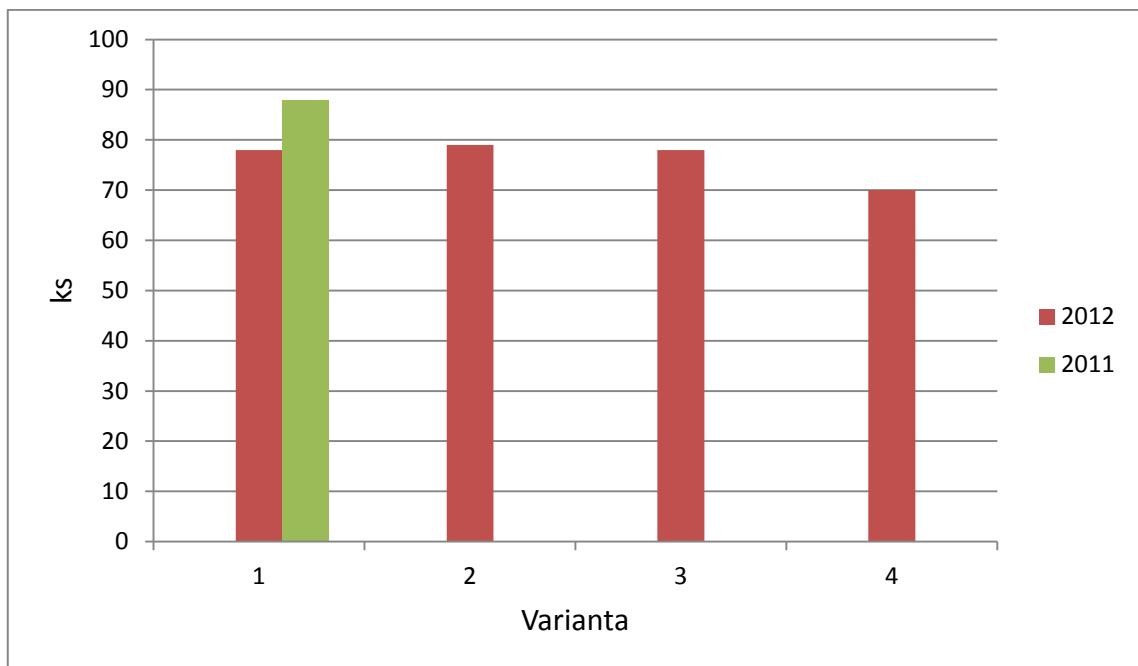
Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na počet rostlin na m<sup>2</sup> vyplývá, že mezi jednotlivými variantami není významný statistický rozdíl. Nepatrně nejmenších hodnot dosahuje kontrolní nehnojená varianta, což demonstruje výnos semen. Naopak o málo vyššího počtu rostlin na m<sup>2</sup> dosahuje varianta číslo 1. Jinak jsou jednotlivé varianty téměř shodné.

Komentář autora: Počet rostlin na m<sup>2</sup> je jedním z výnosových prvků u máku. Podle Cihláře (2011, pers. comm.) je pro dosažení nejvyššího teoretického výnosu optimální 65 – 70 rostlin na m<sup>2</sup>. Přesně to splňuje varianta s použitým hnojivem Alzon – 67,5 rostlin na m<sup>2</sup>.

## Počet makovic na m<sup>2</sup> (ks)

Graf 25: Sledovaný znak: počet makovic na m<sup>2</sup>.

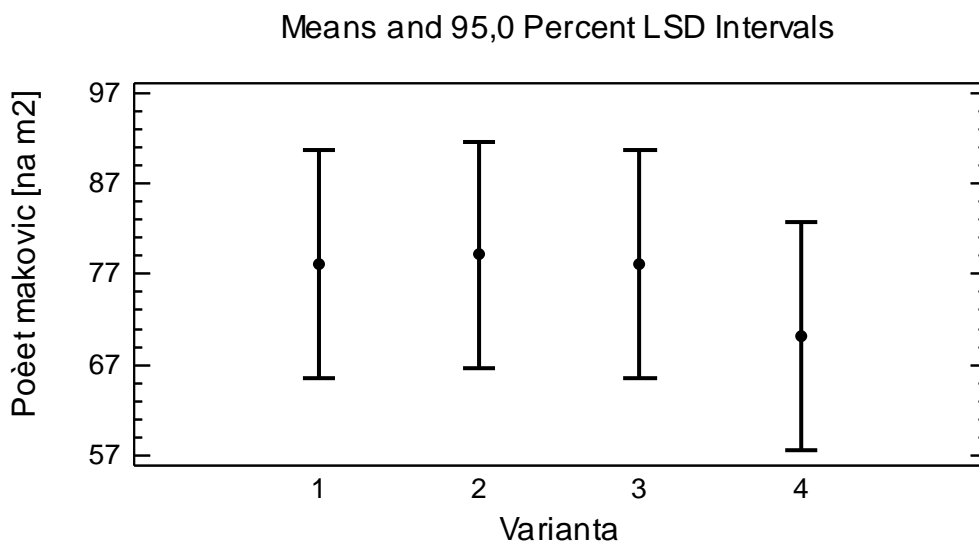
V grafu je uveden údaj experimentu z roku 2011 s podobnou metodikou hnojení jako u autorovy varianty číslo jedna z roku 2012. Tento výsledek je zde pro srovnání pěstitelských ročníků 2011 a 2012 na stejné lokalitě s podobnou metodikou.



Tab. 29: Přehled jednotlivých variant s výsledky počtu makovic na m<sup>2</sup>.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr počtu makovic na m <sup>2</sup> (ks)
1	Alzon – 100 kg N	-	78,00
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	79,00
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	78,00
4	nehnojená kontrola	-	70,00

Graf 26: Statistické vyhodnocení počtu makovic na m<sup>2</sup>.



Tab 30: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku počet makovic na m<sup>2</sup>.

Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
4	4	70,0	x
3	4	78,0	x
1	4	78,0	x
2	4	79,0	x

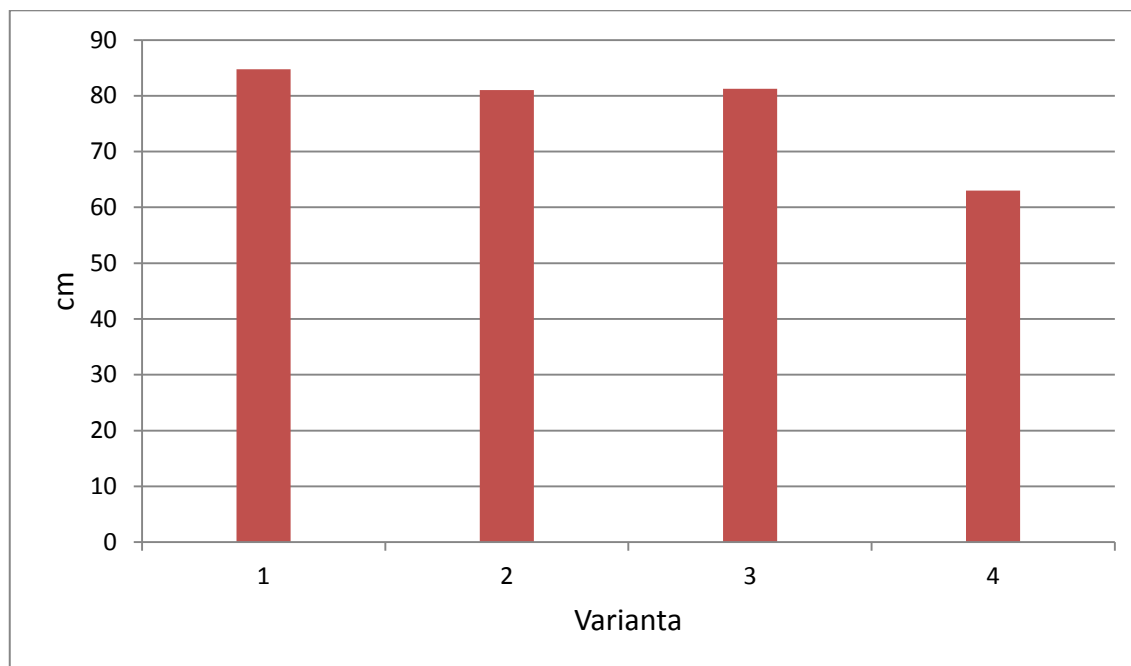
Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na počet makovic na m<sup>2</sup> vyplývá, že mezi jednotlivými variantami není významný statistický rozdíl. Nejmenších hodnot dosahuje kontrolní nehnojená varianta. Nejvyšších hodnot počtu makovic na m<sup>2</sup> dosahuje varianta číslo 2, ale pouze o jednu makovici než varianta číslo 1 a 3. Výsledky maloparcelkových pokusů demonstrováné číslicemi 1 a 3 jsou shodné. V grafu je znázorněn výsledek hnojení Alzonem z předešlého roku (Cihlár, 2012, in litt.).

Komentář autora: Počet makovic na m<sup>2</sup> ovlivňuje především velikost výsevu a celková dávka aplikovaného hnojiva. Výsvek je u všech varinat stejný. Stejná je také celková aplikační dávka dusíku u hnojených variant (100 kg N/ha). Rozdíl tedy můžeme sledovat pouze oproti nehnojené kontrole.

Autor předpokládá, že větší počet makovic na m<sup>2</sup> v roce 2011 lze přisuzovat právě vyšší celkové aplikační dávce dusíku (110 kg N/ha).

## Výška porostu (cm)

Graf 27: Sledovaný znak: výška porostu.

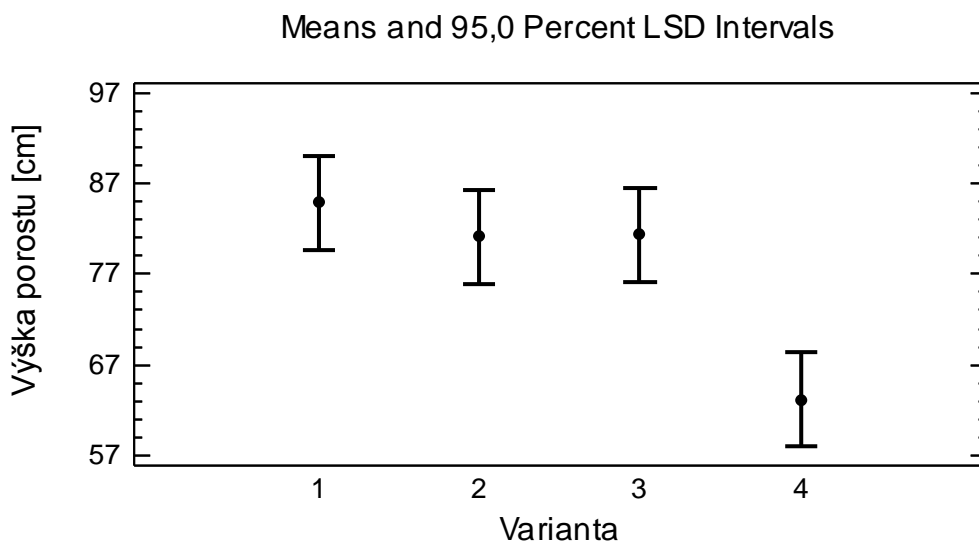


Tab. 31: Přehled jednotlivých variant s výsledky výšky porostu.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr výšky porostu (cm)
1	Alzon – 100 kg N	-	84,75
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	81,00
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	81,25
4	nehnojená kontrola	-	63,00



Graf 28: Statistické vyhodnocení výšky porostu.



Tab 32: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku výška porostu.

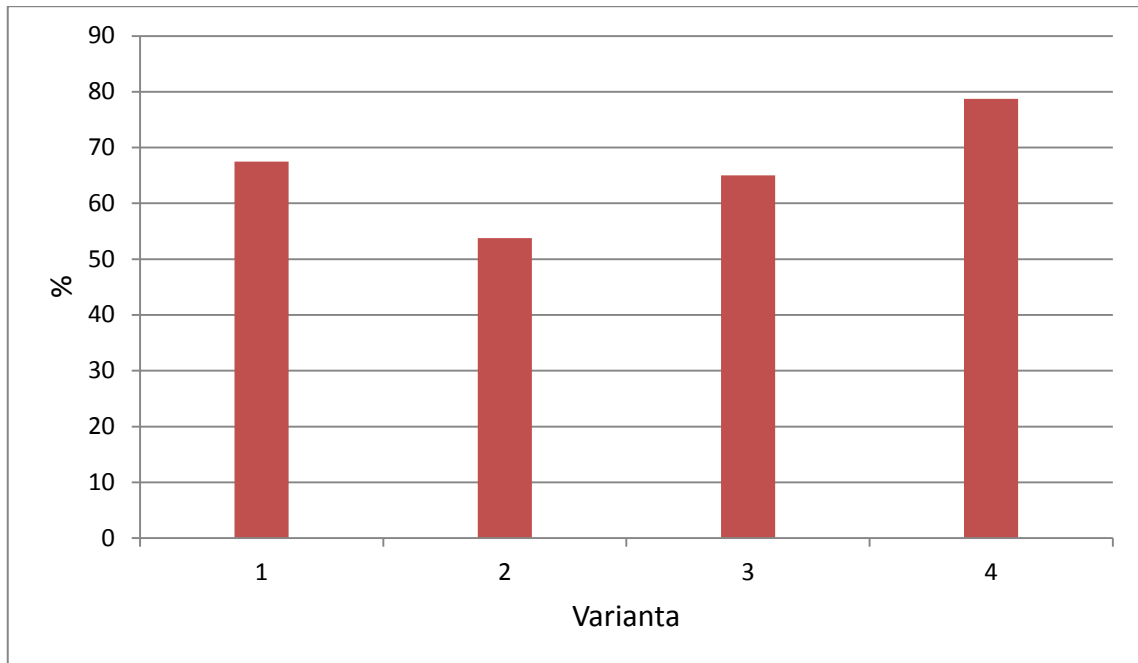
Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
4	4	63,0	x
2	4	81,0	x
3	4	81,25	x
1	4	84,75	x

Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na výšku porostu vyplývá, že je významný statistický rozdíl mezi variantou č. 1 a 4; 2 a 4; 3 a 4. Mezi variantami č. 1 a 2; 1 a 3; 2 a 3 není statistický význam průkazný.

Komentář autora: Můžeme tvrdit, že hnojení dusíkem ve všech případech má vliv na výšku porostu oproti nehnojené kontrole. Tato hypotéza se zdála být očekávána, neboť příjem dusíku ovlivňuje vitalitu a růst rostliny (viz. přehled současné literatury).

## Zastoupení stojících rostlin (%)

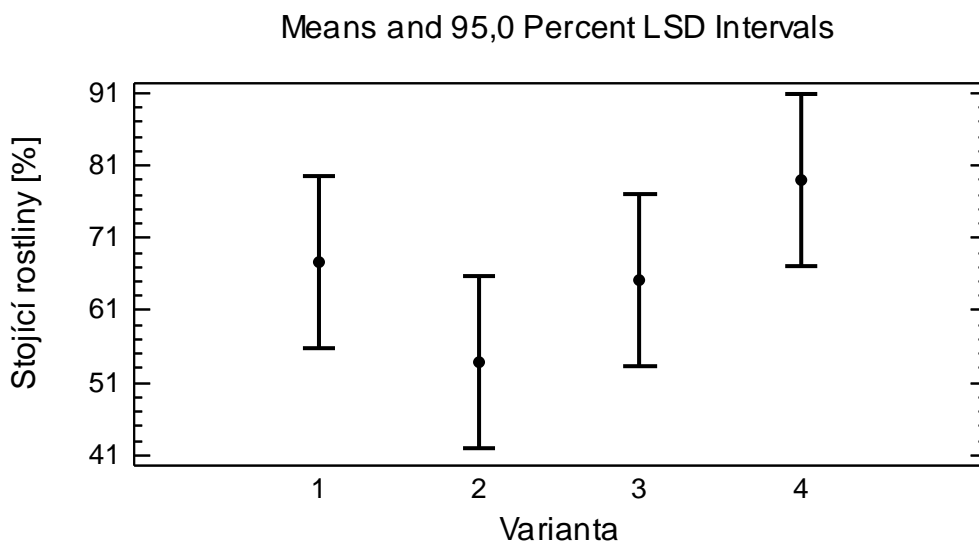
Graf 29: Sledovaný znak: zastoupení stojících rostlin.



Tab. 33: Přehled jednotlivých variant s výsledky zastoupených stojících rostlin.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr zastoupených stojících rostlin (%)
1	Alzon – 100 kg N	-	67,50
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	53,75
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	65,00
4	nehnojená kontrola	-	78,75

Graf 30: Statistické vyhodnocení zastoupení stojících rostlin.



Tab 34: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku zastoupení stojících rostlin.

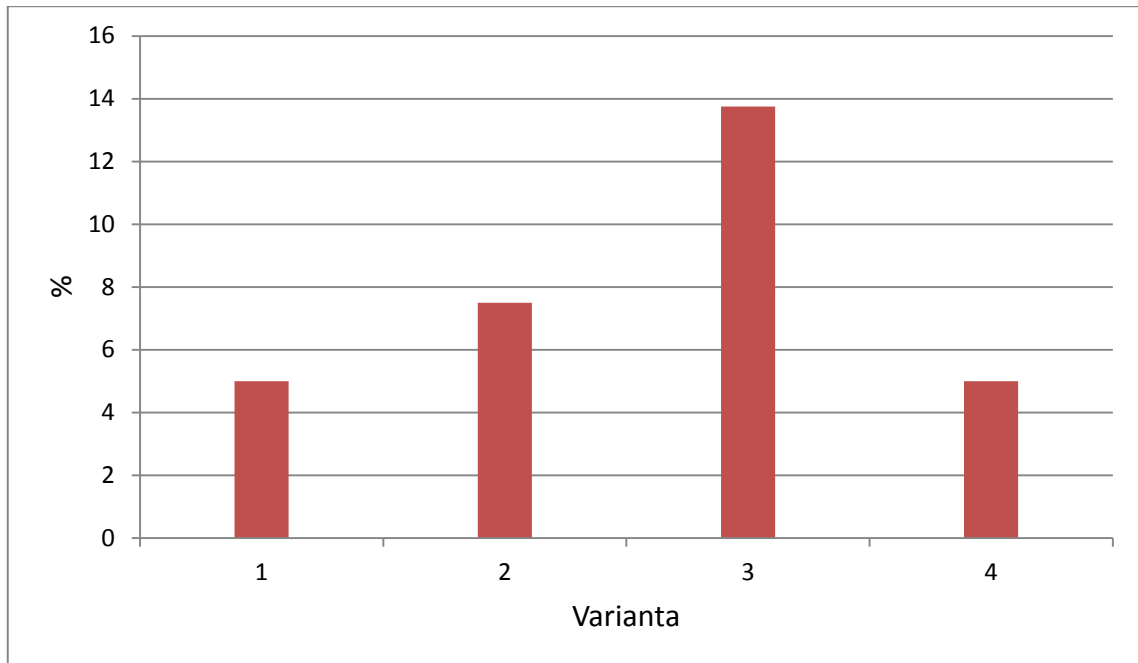
Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
2	4	53,75	x
3	4	65,0	xx
1	4	67,5	xx
4	4	78,75	x

Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na procentuální zastoupení stojících rostlin vyplývá, že je významný statistický rozdíl mezi variantou č. 2 a 4. Mezi ostatními variantami není statistický význam průkazný.

Komentář autora: Lze tvrdit, že hnojivo LAD není vhodné pro udržení stability všech rostlin v porostu, zejména oproti nehnojené kontrole. Výsledky z variant 1 a 2 jsou oproti kontrole horší, avšak nejsou statisticky průkazné.

## Zastoupení polehlých rostlin (%)

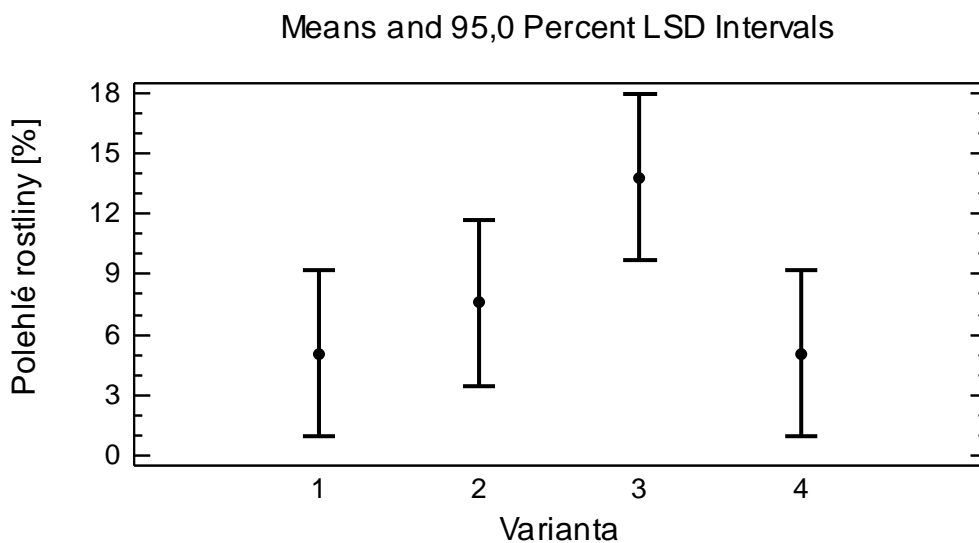
Graf 31: Sledovaný znak: zastoupení polehlých rostlin.



Tab. 35: Přehled jednotlivých variant s výsledky zastoupených polehlých rostlin.

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů	Průměr zastoupených polehlých rostlin (%)
1	Alzon – 100 kg N	-	5,00
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N	7,50
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N	13,75
4	nehnojená kontrola	-	5,00

Graf 32: Statistické vyhodnocení zastoupení polehlých rostlin.



Tab 36: Výsledky analýzy rozptylu u sledovaného znaku zastoupení polehlých rostlin.

Varianta	Opakování	Průměr	Homogenní skupiny
4	4	5,0	x
1	4	5,0	x
2	4	7,5	xx
3	4	13,75	x

Ze statistického vyhodnocení vlivu aplikovaných hnojiv na bázi stabilizovaných močovín, zapravených sečkou před setím, na procentuální zastoupení polehlých rostlin vyplývá, že je významný statistický rozdíl mezi variantou č. 1 a 3; 3 a 4. Mezi ostatními variantami není statistický význam průkazný.

Komentář autora: Lze tvrdit, že hnojivo DASA není vhodné pro udržení nepoléhavosti porostu, zejména oproti nehnojené kontrole, ale i oproti použití hnojiva Alzon. Hnojivo Alzon se společně s nehnojenou kontrolou vyznačuje nejmenším procentem polehání porostu.

### 5.3 Bodová klasifikace výkonnosti aplikovaných hnojiv

V této části jsou sestaveny tabulky, které obsahují sledované znaky z jednoletého autorova pokusu. Účelem je souhrnné srovnání jednotlivých variant pro objasnění a vysvětlení výše uvedených výsledků v kapitole 5. Tabulky mají přehledně vysvětlit vhodnost aplikovaných hnojiv dle metodiky v závislosti na výsledcích sledovaných znaků. Jednotlivé varianty jsou mezi sebou posuzovány právě dle sledovaných znaků. V následujících tabulkách jsou pak k variantám přidělovány body podle pořadí dosažených výsledků (kapitola 5) u vybraných sledovaných znaků. Přidělené body z řádku u varianty jsou ve sloupci „suma bodů“ sečteny. V posledním sloupci je celkové vyhodocení, kdy nejlepší variantou je ta, která dosáhla nejvyššího součtu bodů.

Bodové ohodnocení sledovaných znaků je:

- Nejlepší působení aplikovaného hnojiva (varianty) na sledovaný znak – 4 body,
- druhé nejlepší působení aplikovaného hnojiva (varianty) na sledovaný – 3 body,
- třetí nejlepší působení aplikovaného hnojiva (varianty) na sledovaný – 2 body,
- nejhorší působení aplikovaného hnojiva (varianty) na sledovaný – 1 bod,
- při shodném umístění bylo jednotlivým variantám přiděleno stejné bodové ohodnocení.

Tab. 37: Přehled aplikovaných hnojiv v jednotlivých variantách

Varianta	Aplikované hnojivo před setím zapravené sečkou	Aplikované hnojivo ve fázi šesti listů
1	Alzon – 100 kg N	-
2	LAD – 50 kg N	LAD 50 kg N
3	DASA – 50 kg N	LAD 50 kg N
4	nehnojená kontrola	-

*Tab. 38: Odběry – bodové srovnání jednotlivých variant dle umístění z výsledků odběrových prvků. Tato tabulka objasňuje vhodnost použitých hnojiv na hodnoty sledovaných znaků zjištěných ručními odběry před sklizní. Účelem je porovnání vhodnosti aplikovaných hnojiv na zlepšení fyziologického stavu rostlin.*

Varianta	Délka koř.	Délka nadz. č.	Poč. makovic/rosl.	Hm. kořene	Hm. nadz. č.	Sušina kořenů	Sušina nadz. č.	Suma bodů	Pořadí
1 Alzon	1	3	2	2	3	4	1	16	2.
2 LAD»LAD	2	2	3	4	2	3	3	19	<b>1.</b>
3 DASA»LAD	3	1	4	3	4	2	2	19	<b>1.</b>
4 Nehnojeno	4	4	1	1	1	1	4	16	2.

Z hlediska fyziologického stavu jsou nejlepší varianty číslo 2 a 3. Lze předpokládat, že dělená dávka hnojiva má podle autorova sledování lepší vliv na fyziologický stav rostliny než jednorázová aplikace před setím.

*Tab. 39: Sklizeň – bodové srovnání jednotlivých variant dle umístění z výsledků odběrových prvků. Tato tabulka objasňuje vhodnost použitých hnojiv na sledované znaky z posklizňové analýzy. Účelem je porovnání vhodnosti aplikovaných hnojiv na kvalitativní a kvantitativní znaky jednotlivých porostů.*

Varianta	Výnos	Výn os bez extr.	HTS	Hm. sem. v mak.	Rostliny na m <sup>2</sup>	Makovice na m <sup>2</sup>	Výška porostu	Stojící rostliny	Polehle rostliny	Suma bodů	Pořadí
1 Alzon	4	4	1	2	4	3	4	3	4	29	<b>1.</b>
2 LAD»LAD	3	3	4	3	3	4	2	1	2	25	2.
3 DASA»LAD	2	2	3	4	2	3	3	2	1	22	3.
4 Nehnojeno	1	1	2	1	1	1	1	4	4	16	4.

Tabulka číslo 39 srovnává jednotlivé varianty podle výsledků ze sledovaných sklizňových znaků. Předsetřová aplikace celkové dávky N ve hnojivu Alzon před setím vykazuje nejlepší výsledek. Z výše uvedeného lze předpokládat, že pozvolný příjem dusíku rostlinou má nejlepší vliv na stabilitu a hustotu porostu máku.

Tab. 40: Výnosové prvky – tabulka dle uváděné tvorby výnosu výnosovými prvky.

V tabulce jsou červeně uvedeny hodnoty výnosových prvků, které jsou optimální k dosažení maximálního teoretického výnosu. Účelem je ověření nejvyššího dosaženého výnosu u varianty s předseťově aplikovaným hnojivem Alzon.

Varianta	Rostliny/m <sup>2</sup>	Poč. makovic na rostl.	Hm. semen v makovici	Suma bodů	Pořadí
	<b>67,5 ks</b>	<b>1,77 ks</b>	<b>2,5 g</b>		
1 Alzon	4	2	4	10	<b>1.</b>
2 LAD»LAD	3	3	3	9	2.
3 DASA»LAD	2	4	2	8	3.
4 Nehnojeno	1	1	1	3	4.

Tabulka číslo 40 porovnává jednotlivé varianty podle výnosových prvků. Hodnocení výnosových prvků je podle optimálních hodnot k dosažení maximálního teoretického výnosu – tyto hodnoty jsou v tabulce 40 červeně znázorněny (Cihlář, 2011, pers. comm.) – nejlepšího výsledku je tedy dosaženo, pokud se výsledné hodnoty co nejvíce přibližují těmto uvedeným normám. Pokud by se braly v úvahu pouze nejvyšší hodnoty z dosažených výsledků (z kapitoly 5), tak by bylo bodové ohodnocení zkreslující, protože by nebyl započten vliv konkurujících si rostlin. Autor tím chtěl potvrdit nevyšší dosažený výnos semen po použití hnojiva Alzon, kdy pozitivní vliv tohoto hnojiva demonstroval na sledovaných znacích, které jsou předpokladem pro tvorbu hospodářského výnosu. Nejlepší výnosové prvky vykazuje právě varianta číslo jedna s předseťově aplikovaným hnojivem Alzon. Podle předpokladu je nejhorší variantou nehnojená kontrola. To potvrzuje významný vliv předseťově použité močoviny s přidaným inhibitorem nitrifikace na výnos semen máku.



## 6 Diskuze

Posklizňové analýzy potvrzují výchozí hypotézu, že dusíkatá hnojiva s přidaným inhibítorem nitrifikace zlepšují příjem dusíku a tím zajistí vyšší výnos. Předseťová aplikace celkové dávky hnojiva Alzon, 100 kg/ha čistých živin N, dosahuje nejvyššího výnosu semen máku oproti jiným variantám. Výhodou tohoto hnojiva je schopnost vazby na půdní sorpční komplex v amonné formě, tudíž se snižuje možnost ztráty vyplavením. S narůstajícím odbouráváním nitrifikačního inhibítora je z této zásoby amonia v půdním profilu uvolňován také požadovaný nitrát dle potřeby odběru rostliny (SKW Piesteritz, 2012). Statisticky průkazný vliv hnojiva Alzon na zvýšení výnosu semen máku je dosažen pouze v případě nehnojené kontroly.

V pokusu pro diplomovou práci došlo k navýšení výnosu semen máku, při předseťové aplikaci celkové dávky N ve hnojivu Alzon, o 69 % proti nehnojené kontrole, dále o 13 % proti variantě s hnojivem LAD (v 6. listu dohnojeno LAD) a o 29 % proti variantě s hnojivem DASA (v 6. listu dohnojeno LAD). Podobný pozitivní vliv hnojiva Alzon na výnos semen máku předestírá také Bouma (2009) na výsledcích z Richterova maloparcelkového pokusu.

Také Chen (2008) uvádí, že při stejných dávkách hnojiv s technologií DCD lze předpokládaný výnos zvýšit až o 10 – 20%, popřípadě lze dosáhnout stejného výnosu při snížení počtu aplikací dusíkatých hnojiv do porostu.

Dále platí tvrzení, že podle Brennera (1991) lze snížit aplikovanou dávku dusíkatých hnojiv s inhibítorem nitrifikace o 20 – 30% z celkového vypočítaného výživného režimu oproti klasickým dusíkatým hnojivům. A to beze ztrát na výnosu. Pro příklad lze uvést snížení aplikační dávky s tímto inhibítorem o 20 – 30 kg/ha při hnojení kukuřice (Sturm et al., 1994). Jev zvýšení výnosu je přičítán omezeným ztrátám dusíků při procesech vyplavování a denitrifikace iontů dusíku (Frey, 2005).

Výsledky pokusu Cihláře (2012, in litt.) uvádí, že při použití hnojiva Alzon (84 kg/ha čistých živin N před setím, dohnojeno v období butonizace dávkou 26 kg/ha čistých živin N ve hnojivu DASA), dochází k navýšení výnosu semen máku o 30 % proti kontrolní variantě (55 kg/ha čistých živin ve hnojivu LAD před setím, dohnojeno v 8. listu dávkou 55 kg/ha čistých živin ve hnojivu LAD). V pokusu pro diplomovou práci dochází, při předseťovém použití hnojiva Alzon (aplikovaná celková dávka 100 kg/ha čistých živin N), k navýšení výnosu pouze o 13 %, proti variantě s použitým hnojivem LAD (50 kg/ha čistých živin ve

hnojivu LAD před setím, dohnojeno v 6. Listu dávkou 50 kg čistých živin ve hnojivu LAD).

Z výše uvedeného lze předpokládat, že při dělené dávce N hnojiv, kde Alzon tvoří základní předset'ové hnojivo, lze dosáhnout vyššího výnosu semen máku. To potvrzuje Tvarůžek et Bílovský (2011) publikující zvýšení výnosu a kvality zrna pšenice při dělené N výživě.

Cihlář (2012, in litt.) dále uvádí výnos 2,57 t/ha semen máku při použití Alzonu v předset'ovém hnojení. Je zapotřebí uvést, že ročník 2011 byl pro porosty máku v horizontu posledních let více než příznivý. V autorově pokusu, v roce 2012, zajistila předset'ová aplikace celkové dávky N ve hnojivu Alzon výnos 0,76 t/ha semen máku. Celková aplikovaná dávka N u pokusu Cihláře (2012, in litt.) byla na rozdíl od autorova pokusu rozdělena do dvou termínů, kdy předset'ově byl aplikován Alzon s dohnojením v 8. listu. Celková dávka čistých živin se však v obou pokusech shoduje na 100 kg. Markantní rozdíl ve výnosu semen máku u autorova pokusu oproti výsledku Cihláře (2012, in litt.) je možný přičítat právě průběhu počasí, které nebylo v roce 2012 k makovým porostům příznivé. Jak uvádí Edmeades (2004), plné využití hnojiva na bázi inhibitoru nitrifikace je ovlivněno průběhem teplot a srážek. Přímou konstataci, že nižší působení vykazuje na půdách s vyšším obsahem organické hmoty a nižšími srážkami. Je zřejmé, že tato skutečnost ovlivnila příjem N látek rostlinou ve fázi kvetení, tedy jedné z rozhodující fáze pro výnos. V tuto dobu totiž meteorologická stanice zaznamenala velmi nízký úhrn srážek. U dvou variant autorova pokusu s použitými předset'ovými hnojivy LAD a DASA je ve fázi 6. listu dodána druhá polovina celkové dávky N ve hnojivu LAD. To je podle Vaňka et al. (2007) nejzazší termín – jinak dochází k nepotřebnému nárůstu biomasy a větvení.

V polním pokusu byly sledovány jednotlivé znaky, zejména ty, které mají největší vliv na tvorbu hospodářského výnosu. Podle Vašáka et al (2010) a Cihláře (2011, pers. comm.) jsou to počet rostlin na m<sup>2</sup>, počet tobolek na jedné rostlině a hmotnost semen v jedné makovici. Po sestavení tabulky výnosových prvků (tab č. 40) a její bodové klasifikaci bylo ověřeno, že použití hnojiva Alzon má z uvedených variant nejlepší vliv na dosažení optimálních hodnot výnosotvorných prvků maximálního teoretického výnosu.

Edmeades (2004) dále uvádí, že jsou inhibitory nitrifikace preferovány na půdách lehčích. Z výsledků rozborů rostlin je patrné, že porost přijímající živiny z hnojiva Alzon má krátký, ale masivní kořenový systém s bočním větvením. Boční větvení kořene je podle Vaňka et al (2007) způsobeno jednostrannou amonnou výživou. Rostlina s dobře vyvinutým

kořenem lépe využívá živiny z půdního profilu, což je předpoklad pro vyšší výnos a lepší zdravotní stav. Při aplikaci Alzonu může být výhodou pěstování máku setého na těžkých nebo kamenitých půdách, kde není možné hluboké zakořenění. Horizontální rozprostření kořenů napomáhá ke zvýšení stability rostliny, což se zrcadlí ve faktu, že varianta s použitím hnojiva Alzon představuje nejvyšší odolnost vůči polehání, přestože porost disponuje nejvyšší rostlinou, tedy nejvyšším odporem větru. Nejmenší procento polehání je zaznamenáno na nehnojené kontrole, zde je však porost s nejmenší výškou. Firma Duslo (2012) reklamuje lepší zdravotní stav rostlin a vyšší výnosy při použití hnojiva DASA. Západní větry a přívalové srážky však nejvíce poškodily varianty porostů hnojené právě tímto přípravkem. Nastává zde statisticky průkazný jev v polehání mezi hnojivy Alzon a DASA. Hnojivo Alzon je vhodnějším přípravkem proti polehání rostlin. Jeho aplikace může být doporučena do nepříznivých povětrnostních podmínek.

Nejnižší hodnota HTS je sledována u varianty, kde byla předset'ově aplikována celková dávka N ve formě hnojiva Alzon. Tvorba semene je podmíněna příjmem kationtu zinku a vláhy v období pylových tetrad. Při jeho nedostatku nastává výrazná redukce tvořících se vajíček semen na plodolistech tobolky, to znamená snížení kvantity, ale i kvality makového merkantilu (Bechyně et al., 2001). Jak uvádí Vaněk et al (2007) jednostranná výživa amonným dusíkem vede k inhibici příjmu jiných kationtů. Příjem zinku se snižuje za suchých podmínek, které byly zaznamenány právě v období květu.

Zajímavý je údaj zjištěného nejvyššího zastoupení sušiny v kořeni a nejnižšího zastoupení sušiny ve stonku rostliny u varianty s hnojivem Alzon. Tato varianta vykazuje nejvyšší výnos. Ale Šimka et al. (2011) zmiňuje, že u varianty s nejvyšším dosaženým výnosem u řepky olejné bylo zjištěno nejvyšší zastoupení sušiny v nadzemní části. Dále Bečka et Šimka (2011) uvádí, že nadbytek vody v nadzemní části způsobuje nežádoucí přerůstání. Dále tvrdí, že vyšší obsah sušiny v kořeni je důležitý pro dobré zakořenění. Při použití hnojiva Alzon byl zjištěn největší poměr sušiny v kořenech rostlin máku, což je předpoklad dobrého příjmu živin. Tvorba výnosu je tedy ovlivněna i zastoupením sušiny v různých částech rostliny, především v kořeni.

Pro ověření výsledků je metodiku hnojení nutné opakovat i v dalších letech, aby se z co největší míry odstranil vliv nepříznivého počasí.

## 7 Závěr

Cílem pokusu bylo zjistit vliv působení předseťově aplikované stabilizované močoviny na bázi inhobitoru nitrifikace, tedy Alzonu, na výnos semen máku. Autor může konstatovat, že **cíle práce byly dosaženy**, protože zjištěné **výsledky** autora pokusu **potvrzují výchozí hypotézu**. Lze tedy tvrdit, že dusíkatá hnojiva s přidaným inhibitorem nitrifikace zlepši příjem dusíku a tím zajistí vyšší výnos semen. S tím se shodují i výsledky předchozích let uvádějící zřetelné navýšení výnosu semen po aplikování hnojiva Alzon. Z provedeného pokusu vykazuje hnojivo Alzon, stabilizovaná močovina, pozitivní vliv na nárůst výnosu semen máku setého oproti nehnojené kontrole o 69 %. Porosty byly založeny v roce 2012 na moloparcelkách u Výzkumné stanice Červený Újezd. Nejvyšší výnos je ovlivněn inhibicí přeměny dusíku při procesu nitrifikace, takže rostlina může přijímat dusík rovnoměrněji po delší dobu, protože nedochází ke ztrátám N z půdního profilu. Kvantita výnosu je ovlivněna suchým obdobím ve fázi tvorby květu. Za suchého počasí vykazují inhibitory nitrifikace nižší účinnost.

Porost na pokusné ploše, kde bylo použito hnojivo Alzon, vykazuje nejlepší vlastnosti proti polehání. Pro zajištění dobrého výnosu je to výchozí předpoklad u každé pěstované plodiny. Hnojivo Alzon přináší kladný efekt na tvorbu sušiny v kořeni, zlepšující příjem živin. Předseťová aplikace celkové dávky N ve hnojivu Alzon se negativně projevila na hodnotě HTS, která byla ze všech variant nejnižší.

Při použití hnojiva Alzon je potřeba brát zřetel na půdních a klimatických vlastnostech pěstební lokality. Dále je třeba brát v úvahu průběh zimního počasí (srážky a teploty). Tím je významně ovlivněna hodnota a forma dusíku v půdě. Při výnosu 1 t semena, odčerpá makový porost z půdního profilu 70 kg dusíku. Při stanovení dávky N hnojiv je proto důležité vycházet z naměřených hodnot  $N_{\min}$  v půdě a aktuálního výživného stavu porostu (Vašák et al., 2010).

Z pěstitelského hlediska se doporučuje aplikace stabilizovaných močovín zapravených před setím. Přinášejí tak zjednodušení v pěstitelské technologii, ale hlavně navýšení výnosu. Z výše uvedených výsledků pokusu je patrné, že nejlepší vliv na výnos semen máku vykazuje použití hnojiva Alzon, zajišťující rovnoměrné vzcházení a stabilitu porostu, s následným dohnojením ve fázi 6. listu. Pozdější aplikace N látek vede k nežádoucímu větvení. Dobré vzcházení je ovlivněno zpomalením procesu nitrifikace, tedy pozvolným přeměnám a

uvolňováním N ze sorpčního komplexu. V pozdějších vývojových fázích se nároky na příjem N zvyšují. Příjem N rostlinou máku vrcholí ve fázi kvetení, proto je třeba zajistit přítomnost N v půdě již zmiňovaným včasným dohnojením.

Při potřebě dodání 100 kg čistých živin na ha jsou náklady na použítá hnojiva téměř shodné: Alzon (46 % N) – 2 561 Kč/ha, LAD (27 % N) – 2 738 Kč/ha, DASA (26 % N) – 2 695 Kč/ha (Černý, 2013, pers. comm.). Avšak při předset'ovém použití Alzonu dochází k navýšení výnosu o 13 % více než při předset'ovém použití hnojiva LAD a o 29 % více než při předset'ovém použití hnojiva DASA. Koncem léta 2012 dosahovala výkupní cena máku hranice 45 Kč za 1 t semena. Po odečtení nákladů na hnojivo z tržby za prodej semena, vykazuje nejvyšší zisk z ha varianta číslo jedna (Alzon): 31 639 Kč z 1 ha. Varianta číslo dvě (LAD) vykazuje zisk 27 412 Kč z ha a u varianty číslo tři (DASA) získáme 23 855 Kč z ha. Pokud nehnojíme, vyděláme pouze 20 250 Kč z ha. Hnojivo Alzon je vhodné i z hlediska ekomického, kdy při stejných cenách za použité hnojivo dosahujeme vyšších výnosů, tedy i finančních zisků.

Pro agrotechnickou praxi je autorem práce doporučován následující systém hnojení máku setého:

- předset'ová aplikace 2/3 celkové dávky N ve hnojivu Alzon – močovina s inhibítorem nitrifikace,
- dohnojení 1/3 z celkové dávky N hnojivem v 6. - 8. listu hnojivem DASA popř. LAD (dle aktuálního výživného stavu porostu),
- pro zvýšení HTS je žádoucí aplikovat listová hnojiva zinku před květem rostlin máku,
- při stanovení základní aplikační dávky vycházíme z  $N_{\min}$  v půdě a dopočítáme potřebu dodání živin N pro předpokládaný výnos 2 t/ha makového semena. V případě dohnojení musíme vycházet především z aktuálního výživného stavu rostlin.

## 8 Seznam použité literatury

- Abbasi, M. K., Adams, W. A. 2000. Estimation of simultaneous nitrification and denitrification in grassland soil associated with urea-N using  $^{15}\text{N}$  and nitrification inhibitor. *Biol Fert Soils*. 31. p. 38-44.
- Agromanuál. Přípravky (online). 2013 (cit. 21. 3. 2013). Dostupné z <http://www.agromanual.cz/cz/pripravky/>.
- Amberger, A. 1989. Research on dicyandiamide as a nitrification inhibitor and future outlook. *Communication in soil science and plant analysis*. 20. p. 1933-1955.
- Amberger, A. 1993. Efficient management of nitrogen fertilization in modern cropping systems. In: Fragoso, M. A. C. and van Beusichem, M. L. (Eds.). *Optimization of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- Baier, J., Baierová, V. 1985. *Abeceda výživy rostlin a hnojení*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 360 s.
- Barth, G., von Tucher, S., Schmidhalter, U. 2001. Influence of soil parameters on the effect of 3,4 dimethylpyrazole-phosphate as a nitrification inhibitor. *Biol. Fert. Soils*. 34. p. 98-102.
- Bayer. *Herbicidey* (online). 2013 (cit. 21. 3. 2013). Dostupné z <http://www.bayercropscience.sk/produkty-a-riesenia/ochrana-rastlin/herbicidey/>.
- Bečka, D., Šimka, J. 2011. Regulácia repky na jeseň. *IPO. Poradca pestovateľa*. 3. p. 2 – 3.
- Bechyně, M., Kadlec, T., Vašák, J., a kol. 2001. *Mák*. Agrospoj. Praha. 127 s.
- Bechyně, M., Novák, J. 1987. *Biologie máku a systém jeho produkce*. Vysoká škola zemědělská Praha. Praha. 94 s.
- Belser, L. W., Schmidt, E. L. 1981. Inhibiting effect of nitrapyrin on three genera of ammonia oxidizing nitrifiers. *Appl. Environ. Microbiol.* 41: 819 – 821.
- Bouma, D. Jak uplatnit inhibitory nitrifikace (online). Profi Press s.r.o. 5.3.2007 (cit. 18. 8. 2012). Dostupné z [http://www.uroda.cz/@AGRO/informacni-servis/Jak-uplatnit-inhibitory-nitrifikace\\_\\_s457x27260.html](http://www.uroda.cz/@AGRO/informacni-servis/Jak-uplatnit-inhibitory-nitrifikace__s457x27260.html).
- Bouma, D. Mák je stále zajímavý (online). Profi Press s.r.o. 9. 3. 2009 (cit. 18. 8. 2012). Dostupné z [http://www.uroda.cz/@AGRO/informacni-servis/Mak-je-stale-zajimavy\\_\\_s457x32943.html](http://www.uroda.cz/@AGRO/informacni-servis/Mak-je-stale-zajimavy__s457x32943.html).
- Brenner, K. 1991. Versuchsergebnisse zur Wirkung stabilisierter Stickstoffdüngen auf den Ertrag von Kartoffeln, Mais und Zuckerrüben (Results from field trials investigating the effect of stabilized N-fertilizers on the yield of potatoes, corn and sugar beets). In: *Stabilisierte Stickstoffdünger – ein Beitrag zur Verminderung des Nitratproblems*. 15./16. Würzburg. BASF Aktiengesellschaft, Limburgehof, SKW Trostberg AG, Germany.

Cabrera, M. L., Kissel, D. E., Davis, R. C., Qafoku, N. P., Segars, W. I. 2001. Design and ammonia-recovery evaluation of a wind speed-sensitive chamber system. *Soil Sci Soc Am J.* 65. p. 1302-1306.

Cihlár, P. 28. 11. 2011. pers. comm.

Cihlár, P. 20. 12. 2012 in litt.

Cihlár, P., Vašák, J., Kosek, Z., Zúkalová, H. 2005. Technologie máku setého pro výnos semen nad 2 t. In: Kolektiv autorů (eds.). *Řepka, mák, slunečnice a hořčice: Sborník konference s mezinárodní účastí. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 191s. s. 108-111. ISBN: 80-213-1289-0.*

Cihlár, P., Vašák, J., Pšenička, P., Mikšík, V. 2008. Efektivní pěstování máku. In: Kolektiv autorů (eds.). *Prosperující olejninu 2008: Sborník konference s mezinárodní účastí. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 178 s., s. 10-12. ISBN: 978-80-213-1860-1.*

Creason, G. L., Schmidt, M. R., Douglass, E. A., Hendrickson, L. L. 1990. Urease inhibitory activity associated with N-(n-butyl)thiophosphoric triamide is due to formation of its oxon analog. *Soil Biol. Biochem.* 22. p. 209-211.

Český statistický úřad, 2013. Spotřeba hnojiv za hospodářský rok 2011/2012 (cit. 3.4.2013). Dostupné z [http://www.czso.cz/csu/2013edicniplan.nsf/t/1000218C24/\\$File/21021329.pdf](http://www.czso.cz/csu/2013edicniplan.nsf/t/1000218C24/$File/21021329.pdf).

Černý, M. 14. ledna 2013. pers. comm.

Dachler, M. 1993. Die Wirkung dicyandiamidhaltiger Stickstoffdünger zu Hackfrüchten. 2. Mitteilung: die Wirkung bei Körnermais und Kartoffeln. 44. p. 11-125.

DEFRA. 2006. Component reports of Defra project NT2605 (CSA 6579). Work package 3 Optimum use of nBTPT (Agrotain) urease inhibitor. 44 p.

Di, H. J., Cameron, K. C. 2004. Effects of temperature and application rate of a nitrification inhibitor, dicyandiamide (DCD), on nitrification rate and microbial biomass in a grazed pasture soil. *Aus. J. Soil Res.* 42. p. 927-932.

Di, H. J., Cameron, K. C., Shen, J. P., Winefield, C. S., O'Callaghan, M., Bowatte, S., He J. Z. 2010. Ammonia oxidizing bacteria and archaea grow under contrasting soil nitrogen conditions. *FEMS Microbiol Ecol.* 72. p. 386-394.

Di, H. J., Cameron, K. C., Shen, J. P., Winefield, C. S., O'Callaghan, M., Bowatte, S., He, J. Z. 2009. Nitrification driven by bacteria and not archaea in nitrogen rich grassland soils. *Nat Geosci.* 2. p. 621-624.

Dinnes, D. L., Karlen, D. L., Jaynes, D. B., Kaspar, T. C., Hatfield, J. L., Colvin, T. S., Cambardella, C. A. 2002. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile drained midwestern soils. *Agron. J.* 94. p. 153-171.

- Dittert, K., Bol, R., King, R., Chadwick, D., Hatch, D. 2001. Use of a novel nitrification inhibitor to reduce nitrous oxide emission from (15)N – labelled slurry injected into soil. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 15. p. 1291-1296.
- E – agro. Herbicidy (online). 2013 (cit. 21. 3. 2013). Dostupné z <http://www.agromanual.cz/cz/pripravky/>.
- Edelbauer, A., Stangl, J. 1993. Nährstoffentzug durch den Waldviertler Graumohn (*Papaver somniferum* L.) im Verlauf der Vegetationszeit. *Journal für landwirtschaftliche Forschung.* 44. p. 15-27.
- Edmeades, D. C. 2004. *Nitrification and Urease Inhibitors.* 32 p. ISSN: 1175-9372
- Fábry, A., a kol. 1992. *Olejníny.* Ministerstvo zemědělství ČR. Praha. 419 s. ISBN: 80-7084-043-9.
- Fialová, Z. 2012. Zemědělci zvýšili spotřebu hnojiv (online). Profi Press s.r.o. 27.7.2012 (cit. 3.4.2013). Dostupné z [http://www.agroweb.cz/Zemedelci-zvysili-spotrebu-hnojiv\\_\\_s43x60868.html](http://www.agroweb.cz/Zemedelci-zvysili-spotrebu-hnojiv__s43x60868.html).
- Fecenko, J., Kotvas, F., Ložek, O. 1998. *Metodika hnojení a výživy rostlin.* AT Publishing. Bratislava. 112 s. ISBN: 80-967812-1-9.
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D. W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D. C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R. G., Raga, G., Schulz, M., Van Dorland, R. 2007. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M., Miller, H. L. (Eds.). *Climate Change 2007: the Physical Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press. Cambridge. p. 129-234. 996 s.
- Frey, W. 2005. Nitrification inhibition for nitrogen efficiency and environment protection. IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers. Frankfurt, Germany. 28-30. 8 p.
- Giochini, P., Natri, A., Marzadori, C., Antisari, L. V., Gessa, C. 2002. Influence of urease and nitrification inhibitors on N losses from soils fertilised with urea. *Biology and Fertility of Soils.* 36. p. 129-135.
- Havel, J. a kol. 2010. Mák setý, ozimý, jarní forma. In: Baranyk, P a kol. (eds.). *Olejníny.* Profi press s.r.o.. Praha. 206 s., s. 81-112. ISBN: 978-80-86726-38-0.
- Hendrickson, L. L., Douglass, E. A. 1993. Metabolism of the urease inhibitor N-(n-butyl)thiophosphoric triamide (NBPT) in soils. *Soil. Biol. Biochem.* 25 (11). p. 1613-1618.
- Hůla, J. 1997. Půda, operace a postupy zpracování půdy. In: Hůla, J., Abrham Z., Bauer, F. (eds.). *Zpracování půdy.* Brázda s.r.o. Praha. 144 s. ISBN: 80-209-0265-1.
- Chen, D. 2008. Enhanced efficiency fertilisers for agricultural sustainability and environmental quality in Australia. In: *IFA Crossroads Asia-Pacific.* Melbourne, Australia. 12 p.



- Kapoor, L. D. 1995. Opium poppy – opium, chemistry and pharmacology. The Harworth press inc. New York. 299 s. ISBN: 1560249234.
- Keerthisinghe, D. G., Freney, J. R., Mosier, A. R. 1994. Effect of wax-coated calciumcarbide nad nitrapyrin on nitrogen loss and methane emission from dry seeded flooded rice. *Biol. Fertil. Soils* 16. p. 71-75.
- Kelliher, F. M., Clough, T. J., Clark, H., Rys, G., Sedcole, J. R. 2008. The temperature dependence of dicyandiamide (DCD) degradation in soils: a data synthesis. *Soil Biol. Biochem.* 40. p. 1878-1882.
- Kiss, S., Simihaian, M. 2002. Improving Efficiency of Urea Fertilizers by Inhibition of Soil Urease Activity. The Netherlands. Kluwer Academic Publisher. 458 p.
- Kolář, L. 1987. Výživa rostlin a hnojení (zvláště vyšších poloh). VŠZ Praha, AF v Českých Budějovicích. České Budějovice. 154 s.
- Knop, K., Bezděk, V., Kozel, V., Mutinský, J., Regal, V. 1970. Močovina V zemědělství. VŠZ v Praze. Praha. 55 s.
- Kumhála, F., Heřmánek, P., Mašek, J., Kvíz, Z., Honzík, I. 2007. Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. Česká zemědělská univerzita v Praze - Powerprint s.r.o. Praha. 438 s. ISBN: 978-80-213-1701-7.
- Leitgeb, S. 1983. Mikrobiologie: určeno pro posluchače oboru FYTO, ZOO, tropické a subtropické zem. Vysoká škola zemědělská. Praha. 337 s.
- Li, H., Liang, X., Chen, Y., Lian, Y., Tian, G., Ni, W. 2008. Effect of nitrification inhibitor DMPP on nitrogen leaching, nitrifying organisms, and enzyme activities in a rice-oilseed rape cropping system. *Journal of Environmental Sciences.* 20 (2), p. 149-155.
- Lošák, T., Richter, R. 2004. Split application of nitrogen in the Poppy (*Papaver somniferum* L.) nutrition. *Oilseed Crops.* s. 145-150.
- Lošák, T., Richter, R., Hlušek, J., Popp, T., Antonkiewitz, J., Ducsay, L. 2005. Potassium and its forms in the nutrition of poppy (*Papaver Somniferum* L.). *Fertilizers and Fertilization.* 3 (24). p. 379-383.
- Lovochemie, a.s. LOVODASA (online). 2011 (cit. 18.8.2012). Dostupné z <http://www.lovochemie.cz/Produkty/Produkt/LOVODASA-2512S.html>.
- Lovochemie, a.s. LOVOFERT LAD 27 (online). 2007 (cit. 18.8.2012). Dostupné z <http://www.lovochemie.cz/Produkty/Produkt/LOVOFERT-LAD-27.html>
- Malhi, S. S., Grant, C., Johnston, A., Gill, K. 2001. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: a review. *Soil & Tillage Resarch.* 60. p. 101-122.

- Manunza, B., Deiana, S., Pintore, M., Gessa, C. 1999. The binding mechanism of urea, hydroxamic and N-(n-butyl) thiophosphoric triamide to the urease active site. A comparative molecular dynamics study. *Soil. Biol. Biochem.* 31 (5). p. 789-796.
- Menéndez, S., Merino, P., Pinto, M., González-Murua, C., Estavillo, J. M. 2009. Effect of N-(n-butyl) thiophosphoric triamide and 3,4 dimethylpyrazole phosphate on gaseous emissions from grasslands under different soil water contents. *J. Environ. Qual.* 38. p. 27-35.
- Mengel, K., Kirkby, E. A. 2001. *Principles of Plant Nutrition*. 5th Edition. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht London. 849 p.
- Merino, P., Estavillo, J. M., Graciolli, L. A., Pinto, M., Lacuesta, M., Munoz-Rueda, A., Gonzalez-Murua, C. 2002. Mitigation of N<sub>2</sub>O emissions from grassland by nitrification inhibitor and Actilith F2 applied with fertilizer and cattle slurry. *Soil Use and Management*. 18 (2). p. 135-141.
- Mosier, A. R., Duxbury, J. M., Freney, J. R., Heinemeyer, O., Minami, K. 1998. Assessing and mitigating N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils. *Climatic Change*. 40 (1). p. 7-38.
- Munzert, M. 1984. Freilandversuche mit Alzon zu Kartoffeln. *VDLUFA-Schriftenr.* 11. p. 231-238.
- Musiani, F., Arnofi, E., Casadio, R., Ciurli, S. 2001. Structure-based computational study of the catalytic and inhibition mechanisms of urease. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*. 6. p. 300-314.
- Nelson, D. W. 1982. Gaseous losses of nitrogen other than through denitrification: Nitrogen in agricultural soils. *American Society of Agronomy*. p. 327-363.
- Nerad, J. 1996. *Hnojení plodin (metodika)*. ÚKZÚZ-Brno. Brno. 17 s.
- Novák, J., Preininger, V. 1981. *Taxonomické a fytochemické hodnocení rodu Papaver (Papaveraceae)*. Vysoká škola zemědělská v Praze. Praha. 157 s.
- ODDA. 1995. *Dicyandiamide – General Data, Product Range, Applications*. ODDA Smelteverk Amsterdam.
- Ondrejčák, F. Major (online). *Výzkumná a šlechtitelská stanice Malý Šariš*. (cit. 12.6.2012). Dostupné z <http://www.makovepole.sk/index.php/mak-siaty/slovenske-odrody-maku-siateho>.
- Páleníček, L. 2006. *Osobní sdělení*. MZLU v Brně. Brno.
- Pasda, G., Hähndel, R., Zerulla, W. 2001. Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (=3,4-dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural and horticultural crops. *Biol Fertil Soils*. (in press).
- Prasad, R., Power, J. 1995. Nitrification inhibitors for agriculture, health and the environment. *Advances in Agronomy*. 54. p. 233-281.

- Reeves, D. W., Toughton, J. T. 1986. Relative phytotoxicity of dicyandiamide and availability of its nitrogen to cotton, corn, and grain sorghum. *Soil Sci Soc Am J.* 50. p. 1353-1357.
- Richter, R., Hlušek, J. 1999. Výživa a hnojení rostlin 1 – Obecná část. Dotisk. MZLU v Brně. Brno. 171 s. ISBN: 80-7157-138-5.
- Richter, R., Lošák, T. 2004. Aktuální otázky výživy máku. *Sdružení Český mák informuje.* 4. s. 27-31.
- Römheld, V. 1986. pH-Änderungen in der Rhizosphäre von verschiedenen Arten von Kulturpflanzen in Abhängigkeit von der Versorgung mit Nährstoffen. *Kali-Briefe.* 18 (1). p. 13-30.
- Růžek, P., Pišánová, J. 2007. Možnosti usměrnění přeměn N v půdě s využitím inhibitorů ureasy a nitrifikace. In: kolektiv autorů (eds.). *Racionální použití hnojiv zaměřené na problematiku současných trendů hnojení dusíkem.* Sborník z 13. mezinárodní konference. ČZU v Praze. Praha. 155 s. s. 34-38. ISBN: 978-80-213-1707-9.
- Ryant, P., Richter, R., Hlušek, J., Fryščáková, E. *Multimediální texty z výživy rostlin* (online). MZLU v Brně. 2003. 16.11.2006 (cit. 17.8.2012). Dostupné z [http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/index.htm](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/index.htm).
- Serna, M., Legaz, F., Primo-Millo., E. 1995. Improvement of the N fertiliser efficiency with dicyandiamide (DCD) in citrus trees. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 43. p. 137-142.
- Scheffer, B. 1994. Application of nitrogen fertilizers with nitrification inhibitors in water drainage areas. *GWF, GasWasserfach.* 135 (1). p. 15-19.
- Sigunda, D. O., Janssen, B.H., Oenema, O. 2002. Ammonia volatilization from Vertisols. *European Journal of Soil Science.* 53. p. 195–202.
- Skw Piesteritz. ALZON® 46 – princip působení (online). 2012. Dostupné z [http://www.skwp.de/%C4%8De%C5%A1tina/main-nav/v%C3%BDrobky/zem%C4%9Bd%C4%9Blsk%C3%A1\\_chemie/alzon%C2%AE\\_46/princip\\_p%C5%AFsoben%C3%AD.htm](http://www.skwp.de/%C4%8De%C5%A1tina/main-nav/v%C3%BDrobky/zem%C4%9Bd%C4%9Blsk%C3%A1_chemie/alzon%C2%AE_46/princip_p%C5%AFsoben%C3%AD.htm).
- Soares, J. R., Cantarella, H., Menegale, M. L. de C. 2012. Ammonia volatilization losses from surface-applied urea with urease and nitrification inhibitors. *Soil Biology & Biochemistry.* 52. p. 82-89.
- Sommer, K. 1992. Controlled uptake long term ammonium nutrition for plants. 'CULTAN' – cropping system. *Agriculture nitrogen cycling and leaching in cool and wet regions of Europe.* Europäische Gemeinschaften Kommission Brussels. p. 58–63.
- Sommer, K. 2005. *CULTAN – fertilization.* Verlag Th. Mann. Gelsenkirchen. p. 218.
- Stevenson, F. J. 1982. *Origin and Distribution of Nitrogen in Soil: Nitrogen in Agricultural Soils.* Madison, American Society of Agronomy. p. 1-42.

- Sturm, H., Buchner, A., Zerulla, W. 1994. Targeted fertilizers: integrated - economical - environmentally acceptable. Gezielter dungen: integriert - wirtschaftlich – umweltgerecht. 471 p.
- Subbarao, G. V., Ito, O., Sahrawat, K. L., Berry, W. L., Nakahara, K., Suenaga K. 2006. Scope and Strategies for regulation of nitrification in agricultural systems-challenges and opportunities. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 25. p. 303-335.
- Šimka, J., Bečka, D., Vlažný, P., Vašák, J. 2011. Hnojení řepky ozimé s využitím stabilizovaných močovín. In: Sborník z konference Prosperující olejny. ČZU. Praha. p. 53 – 57.
- Trenkel, M. E. 1997. Improving fertilizer use efficiency - controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. Ed. by IFA. Paris. 157 p.
- Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Vydavatelství odborného tisku Profi Press. Praha. 176 s. ISBN: 976-80-86726-25-0
- Vašák, J., a kol. 2010. Mák. Powerprint s.r.o.. Praha. 342 s. ISBN: 978-904011-8-1.
- Vilsmeier, K. 1980. Dicyandiamidabbau im Boden in Abhängigkeit von der Temperatur. *Z Pflanzenernaehr Bodenkd*. 143. p. 113-118.
- Vittory, A., Marzadori, C., Gioacchini, P., Ricci, S., Gessa, C. 1996. Effects of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphorioic triamide in low concentrations on ammonia volatilizaion a evolution of mineral nitrogen. *Biol Fertil Soils*. 22. p. 196-201.
- Vlažný, P. 14. Srpna 2012. pers. comm.
- Watson, C. 2005. Urease Inhibitors. IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers. 16 p.
- Watson, C., Akhonzada, N. A., Hamilton, J. T. G., Matthews, D. I. 2008. Rate and mode of application of the urease inhibitor NBPT on ammonia volatilization from surface-applied urea. *Soil Use and Management*. 24. p. 246-253.
- Weiske, A., Benckiser, G., Herbert, T., Ottow, J. C. G. 2001. Influence of the nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) in comparison to dicyandiamide (DCD) on Nitrous emissions, carbon dioxide fluxes and methane oxidation during 3 years of repeated application in field experiments. *Biol Fertil Soils*. (in press).
- Williamson, J. C., Menneer, J. C., Torrens, R. S. 1996. Impact of dicyandiamide on the internal nitrogen cycle of a volcanic, silt loam soil receiving effluent. *Appl. Soil Ecol*. 4. p. 39-48.
- Wollnerová, J. 2011. Využití dusíku z močoviny rostlinami ozimé pšenice při používání inhibitorů ureasy a nitrifikace a při různém zpracování půdy. ČZU v Praze. Praha. 125 s.

Wozniak, H., Michel, H. J., Fuchs, M. 1999. Nitrification inhibitors for economically efficient and environmentally friendly nitrogen fertilization. IFA Agricultural conference on managing Plant nutrition. Barcelona. 9 p.

Zaman, M., Nguyen, M. L., Blennerhassett, J. D., Quin, B. F. 2008. Reducing NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and NO<sub>3</sub> - N losses from soil with urease or nitrification inhibitors and elemental S - amended nitrogenous fertilizers. *Biology and Fertility of Soils*. 44 (5). p. 693-705.

Zerulla, W., Barth, T., Dressel, J., Erhardt, K., von Locquenghein, K. H., Pasda, G., Radle, M., Wissmeier, H. 2001 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) – a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. *Biol. Fertil. Soils*. 34. p. 79-84.

## 9 Přílohy

### Příloha 1: Meteorologické údaje

Souhrnný přehled průběhu počasí na Výzkumné stanici Červený Újezd v roce 2012.

Meteorologické údaje na VS Červený Újezd vegetace

Měsíc		VIII 11	IX 11	X 11	XI 11	XII 11	I 12	II 12	III 12	IV 12	V 12	VI 12	VII 12	VIII	IX 12
1. dekáda 1. – 10.	Teplota*	18,18	16,61	13,2	6,33	3,53	3,78	-12,82	3,5	5,49	15,80	14,42	20,93	19,72	16,02
	Srážky**	11,5	11,9	3,5	0	21,5	8,7	3,2	2,5	5,4	14,8	12,9	104,2	12,6	0,5
2. dekáda 11. – 20.	Teplota*	18,81	15,52	6,32	0,04	1,83	0,4	-3,86	7,21	6,9	11,10	18,27	16,78	18,46	13,36
	Srážky**	40,8	20,4	16,2	0,9	6,6	16,4	8,8	3,0	30,5	8,3	37,3	21,8	2,5	50,4
3. dekáda 21. – 31.	Teplota*	19,59	13,19	5,85	1,06	2,88	-2,1	3,22	8,76	13,3	17,20	19,39	19,49	19,95	12,57
	Srážky**	24,5	0	6,0	2	8	17,4	2,9	4,7	7,5	10,0	5,4	9,8	48,6	7,4
<b>Měsíc celkem</b>	Teplota*	<b>18,88</b>	<b>15,59</b>	<b>8,37</b>	<b>2,67</b>	<b>2,66</b>	<b>0,67</b>	<b>-4,41</b>	<b>6,7</b>	<b>8,56</b>	<b>14,78</b>	<b>17,36</b>	<b>19,08</b>	<b>19,37</b>	<b>14,00</b>
	Srážky**	<b>76,8</b>	<b>32,3</b>	<b>25,7</b>	<b>2,9</b>	<b>36,1</b>	<b>42,5</b>	<b>14,9</b>	<b>10,2</b>	<b>43,4</b>	<b>33,1</b>	<b>55,6</b>	<b>135,8</b>	<b>63,7</b>	<b>58,3</b>
	Počet dešt. dnů 1-5 mm	3	3	7	1	7	9	6	4	2	5	8	3	4	2
	Počet dešt. dnů 5-10 mm	3	0	0	0	0	1	1	0	3	2	1	4	3	0
	Počet dešt. dnů < 10 mm	2	2	0	0	1	1	0	0	1	1	1	2	1	3
Normal	Teplota*	17,4	13,1	7,7	2,5	-0,9	-2,1	-1,0	3,0	7,4	12,6	15,6	16,6	17,4	13,1
	Srážky**	69	42	35	29	26	22	22	26	41	54	63	64	69	42

\* °C

\*\* mm

Zdroj: Výzkumná stanice Červený Újezd, 2012

### Příloha 2: Fáze 6. listu

Pro dosažení dobrého výnosu je vhodné v této fázi aplikovat zbývající část dusíku – dávku volíme především dle výživného stavu porostu.



Zdroj: Cihlář, 2012



*Příloha 3: Fáze růžice*

*Nerovnoměrné vzcházení – mezerovitost velice negativně ovlivňuje koncový hospodářský výsledek. Cílem agronoma má být 70 rostlin na m<sup>2</sup>, tj. 100 makovic na m<sup>2</sup>.*



*Zdroj: Cihlář, 2012*

*Příloha 4: Nálet mšice makové*

*Od fáze přízemní růžice do zelené zralosti makovice je třeba věnovat pozornost náletu mšice makové (*Aphis fabae*). S chemickým ošetřením se začíná pokud je napadeno více než 5 % rostlin. Vhodným přípravkem je Cyperkill v dávce 0,1 l/ha.*



*Zdroj: Cihlář, 2012*



*Příloha 5: Dozrávání tobolek a semen*

*Po použití hnojiva Alzon můžeme dosáhnout velmi dobrého hospodářského výnosu.*

*Předpokladem je i takto dobře zapojený porost. Protože mák nerovnoměrně dozrává, tak posledním zásahem agronoma před sklizní je desikace porostu.*



*Zdroj: Cihlár, 2012*

*Příloha 6: Polní den*

*V rámci polních dnů, pořádaných Českou zemědělskou univerzitou v Praze, je cílem seznámit nejen zemědělskou společnost s novými trendy pěstování máku setého. Jak je z obrázku patrné, varianta s aplikovaným hnojivem Alzon zaujala.*



*Zdroj: Cihlář, 2012*