

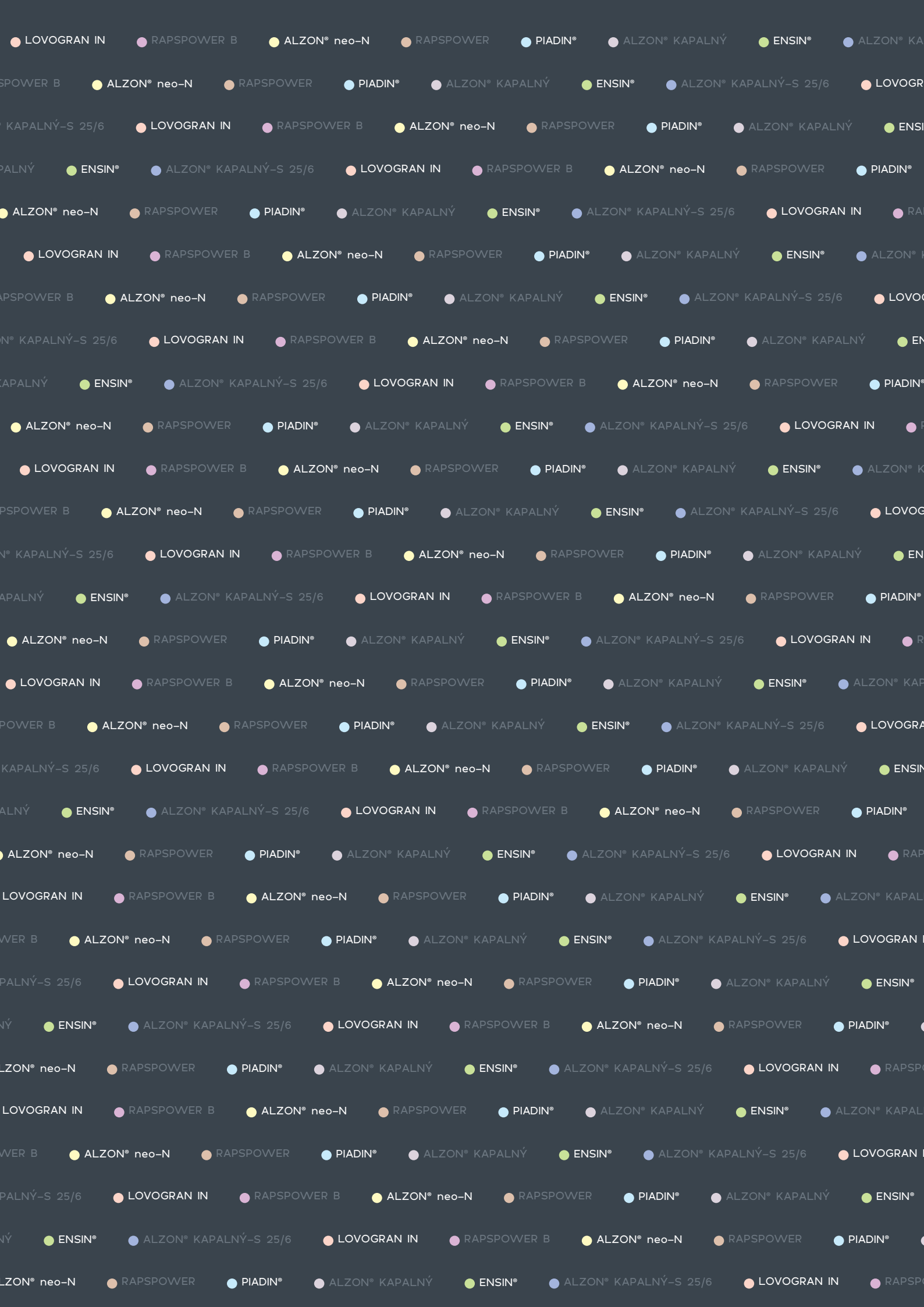


# SBORNÍK

---

KONFERENCE HNOJIVA 2.0.  
23–24/10/2018

 **AGROFERT**



# OBSAH

<b>Možnosti stabilizace hnojiv .....</b>	<b>4</b>
prof. Ing. Jiří Balík, CSc., Ing. Jindřich Černý, Ph.D., Ing. Martin Kulhánek, Ph.D. (Česká zemědělská univerzita v Praze)	
<b>Trendy v pěstování zemědělských plodin.</b>	
<b>Požadavky na změny výživy a hnojení z hlediska pěstitelských strategií. ....</b>	<b>17</b>
prof. Ing. Jan Vašák, CSc.; Ing. David Bečka, Ph.D.; Ing. Juraj Béreš (Česká zemědělská univerzita v Praze)	
<b>Používání hnojiv s inhibitory nitrifikace nitrifikace – výsledky a doporučení .....</b>	<b>34</b>
doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D., Ing. Jiří Antošovský (Mendelova univerzita v Brně)	
<b>Možnosti využití inhibitorů nitrifikace v podmínkách ČR z pohledu ÚKZÚZ .....</b>	<b>61</b>
Ing. Jaroslav Hynšt, Ph.D., Ing. Jaroslav Houček, Ing. Miroslav Florián, Ph.D. (ÚKZUZ)	
<b>All in one – ALZON® neo-N. The best urea in the world .....</b>	<b>66</b>
Dr. Maximilian Severin, SKW Stickstoffwerke Piesteritz	
<b>Vplyv aplikácie hnojiva s obsahom inhibitorov nitrifikácie na výšku úrody semena kapusty repkovej pravej (Brassica napus L.) .....</b>	<b>78</b>
Ing. Mária Varényiová, prof. Ing. Ladislav Dučas, Dr. (Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre)	
<b>Výživa máku setého s využitím hnojiv s inhibitory nitrifikace.....</b>	<b>82</b>
Ing. Pavel Cihlář, Ph.D. (Česká zemědělská univerzita v Praze)	
<b>DUSLO - Hnojivá s inhibítorom .....</b>	<b>83</b>
Ing. Vladimír Bartoš (DUSLO a.s.)	
<b>Hnojiva s inhibitory nitrifikace ve výživě máku a slunečnice .....</b>	<b>92</b>
Ing. Petr Škarpa, Ph.D., Ing. Marie Školníková (Mendelova univerzita v Brně)	

# Možnosti stabilizace hnojiv

Balík Jiří, Černý Jindřich, Kulhánek Martin

## 1 Úvod

Významným celosvětovým problémem je nízká efektivnost dusíkatých hnojiv v rostlinné produkci, což přináší značné ekonomické ztráty i škody na životním prostředí (ztráty vyplavováním  $\text{NO}_3$ , plynné ztráty  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ). Ideálním případem je sladit obsah minerálních forem dusíku v půdě s potřebami a odběrem rostlinami. V praxi je to téměř nedosažitelné. Ke zvýšení efektivnosti vedou cesty v oblasti technické (např.: lokální aplikace hnojiv, aplikace „pod patu“), v oblasti agronomické (lepší diagnostika potřeb hnojení, dělení dávek dusíku atd.) a dále v oblasti kvality používaných hnojiv. K zabezpečení potravinové soběstačnosti lidí na planetě se prozatím rostlinná produkce neobejde bez používání dusíkatých hnojiv. Přitom jejich produkce a spotřeba se stále zvyšuje. Celosvětová produkce dusíkatých hnojiv vzrostla v období 2001-2011 přibližně o 35 % a podíl močoviny se zvýšil z 60,9 % na 66,5 % ze sortimentu N hnojiv (IFA 2014). Využití dusíku z hnojiv v polních podmínkách je zpravidla kolem 35 - 45 % (dle analýz 15N), v nádobových pokusech může být vyšší než 50 % (Balík 1982). Jak uvádějí Subbarao et al. (2006), využití N v polních podmínkách výjimečně dosahuje hodnoty 40 % a v průměru je přibližně 32 %. V případech maximální harmonizace aplikace s odběrem dusíku rostlinami je využití maximálně 50 - 70 % (Wiesler 1998). Je varujícím zjištěním, že díky intenzivním systémům se výnosy důležitých plodin (kukuřice, pšenice, rýže) celosvětově více než zdvojnásobily, ale zároveň poklesla míra využití dusíku z hnojiv rostlinami. V tomto sdělení se budeme věnovat především používání inhibitorů nitrifikace.

## 2 Kvalita hnojiv a využití dusíku

Regulovaná rozpustnost hnojiva, případně přídavek inhibitorů mikrobiologických procesů (inhibitory ureázy, inhibitory nitrifikace) přímo k hnojivu nebo současně s jeho aplikací přispívají k lepšímu využití N z hnojiva a následně ke snížení ztrát. Cílem použití těchto hnojiv je dosáhnout:

- prodloužení přístupnosti N během celého vegetačního období,
- snížení rizika těkání plynných forem N do ovzduší,
- omezení uvolňování dusíku a dalších živin do kapalné půdní fáze, a tím i jeho vyplavování z půdního profilu,
- slabší narušení rovnováhy iontů v celém komplexu vazeb v půdním prostředí a tím pozitivního ovlivnění počátečního vývoje rostlin,
- snížení počtu aplikací N hnojiv během vegetace.

### 2.1 Pozvolna rozpustné sloučeniny

BDFs (break-down fertilizers) – hnojiva obsahující živiny ve formě omezeně rozpustných sloučenin, popřípadě sloučenin, z nichž jsou živiny přístupné pro rostliny až po jejich mikrobiálním rozkladu.

Uvolňování živin z BDFs hnojiv je výsledkem biologického rozkladu, hydrolýzy, rozpouštění a iontové výměny. Rychlost uvolňování je ovlivněna fyzikálně-chemickými vlastnostmi půdy, především pak teplotou, vlhkostí, hodnotou pH, složením a aktivitou půdní mikroflóry. Významným aspektem je povaha látek a jejich struktura v samotném hnojivu. Snížení rozpustnosti je zpravidla způsobeno tvorbou méně rozpustných produktů.

Jedná se především o produkty kondenzace močoviny s aldehydy:

- Močovinoformaldehyd (ureaform) – UF, 38 % N
- Isobutylidendimočovina – IBDU, 31% N
- Krotonylidendimočovina – CDU, 32,5% N
- Metaloammoniumfosforečnany –  $MgNH_4PO_4 \cdot x H_2O$
- Oxamid (diamid kyseliny šťavelové) – 32 % N
- Močovinoacetaldehyd – 33 % N
- Difurfuryltrimočovina – 28 % N

## 2.2 Obalovaná hnojiva

**FHBLs** (fertilisers having a barrier layer), **CRFs** (controlled-release fertilizers) jsou granule obalené vrstvou materiálu zpomalujícího uvolňování živin.

U **FHBLs** hnojiv dochází k uvolňování živin difúzí nebo osmózou přes ochrannou vrstvu obalu hnojiva, který může mít charakter polopropustné, celopropustné nebo pórovité membrány v závislosti na povaze obalujícího materiálu. Pro přípravu povrchových filmů mohou být použity různé anorganické materiály (elementární síra, silikáty, perlit, bentonit, sádra, fosforečnan hořečnato-amonný, cement atd.) nebo organické látky (parafin, různé oleje, vosky, pryskyřice, vysokomolekulární látky atd.), případně kombinace obou typů obalovacích materiálů. Výhodou obalovaných hnojiv je, že mohou být vyráběny z běžných granulovaných hnojiv, rychlost uvolňování dusíku je možno snadněji regulovat tloušťkou povrchového filmu či změnou obalovacího materiálu a potřebné živiny.

V současnosti připadá největší podíl obalovaných hnojiv na močovinu obalovanou vrstvou síry, která je zatím nejlevnějším účinným obalovacím prostředkem. Použití síry je vhodné pro její relativně nízký bod tání (156 °C). Vlastní úpravy bylo dosaženo postřikem granulí močoviny roztavenou sírou nebo jejím roztokem ve vhodném rozpouštědle (amoniak, sirouhlík). Granule jsou zpravidla po nástřiku síry ještě hydrofobně upraveny. Obaly tvořené sírou se v půdě rozkládají činností mikroorganismů. Z hnojiv se uvolňují živiny po dobu několika týdnů až měsíců. Komerčně vyráběná hnojiva mají 31 - 38 % N, 13 - 20 % S, 2 - 3 % tmelu, 2 % kondicionéru. Výhodou tohoto hnojiva je příznivá cena na rozdíl od močoviny obalované polymery, kde cena je 4 až 8 krát vyšší než klasická močovina (Detrich 1996).

## 3 Inhibitory ureázy

Z celosvětového měřítka je močovina nejvíce užívaná minerální dusíkaté hnojivo (Heffer et Prud'homme, 2005).

Močovina má řadu předností:

- vysoký obsah N (46%)
- relativně nízkou cenu dusíku
- velmi dobrou dostupnost na světových trzích
- malé korozivní účinky
- možnost využití jejích roztoků při foliární aplikaci
- dobrou přijatelnost i ve formě molekul
- poměrně malý okyselující efekt na půdu

Nevýhody močoviny jsou:

- vysoká hygroskopicita
- vysoký potenciál ztrát  $\text{NH}_3$  v důsledku volatilizace

Močovina je velmi rychle hydrolyzována (převážně v průběhu 3 - 10 dnů) působením enzymu ureázy. Tento enzym je produkován půdními mikroby, houbami, řasami i rostlinami. Ureáza byla prvním enzymem, který byl již v roce 1926 krystalizován (Sumner 1926). Tento enzym patří do malé skupiny enzymů, které obsahují Ni. Konečným produktem rozkladu je  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , který je velmi nestabilní a snadno může dojít ke ztrátám amoniaku volatilizací. Ztráty  $\text{NH}_3$  vykazují kladnou korelaci s obsahem písčitých částic v půdě a s rostoucí hodnotou pH (Black et al. 1985), naopak negativně koreluje s obsahem prachové a jílnaté frakce v půdě a s obsahem organického uhlíku (Martens et Bremner 1989). Vyšší ztráty jsou také u bezorebných systémů zpracování půdy ve srovnání s orebnými neboť při použití mělkého zpracování je vyšší aktivita ureázy.

Ve snaze zvýšit efektivnost močoviny byly vyvinuty látky, které částečně brzdí aktivitu ureázy - tzv. inhibitory ureázy (IU). Byla nalezena celá řada látek, které byly také testovány v laboratorních podmínkách. Z mnoha důvodů (účinnost, stabilita, toxická nezávadnost, rozpustnost, výrobní cena atd.) našly v současnosti uplatnění v zemědělství zejména tyto sloučeniny:

- N-(n-butyl) triamid kyseliny thiofosforečné (NBPT)
- fenyldiamid kyseliny fosforečné (PDA)
- N-(2-nitrofenyl) triamid kyseliny fosforečné (2-NPT)
- N-(propyl) triamid kyseliny thiofosforečné (NPPT)

Silva et al. (2017) provedli metaanalýzu dat z vědeckých článků publikovaných v posledním období. Byla zahrnuta data z Evropy, Ameriky, Austrálie i Asie. Jako inhibitor byl použit NBPT. Ve studii byla testována povrchová aplikace samotné močoviny (MO) ve srovnání s povrchovou aplikací močoviny ošetřené NPBT (MO + IU). Ze souboru všech výsledků byl vyvozen tento následující souhrn. Při aplikaci samotné močoviny činily celkové ztráty volatilizací amoniaku 31,0% z dávky N, při kombinaci MO + IU ztráty tvořily 14,8%, tj. působením inhibitoru se snížily o 52%. Maximální denní (za dobu 24 hod.) ztráty byly zaznamenány u samotné močoviny 4,8 den a u MO + IU 8,3 den po aplikaci hnojiva. Při hodnotě maximálního píku činily denní ztráty 5,8% (MO) a 1,8% (MO + IU) z dávky N. Následně dochází k poklesu a ztráty se blíží téměř nule u močoviny 10. den a u močoviny s inhibitorem 15. den. Je zajímavé, že nebyl prokázán vliv pH půdy na snížení ztrát  $\text{NH}_3$  na kyselých půdách. Příčinu vidí autoři ve skutečnosti, že v bezprostředním okolí granule se po hydrolyze zvýší pH na hodnoty 8,5 - 9,0 a to i na kyselých půdách. Sangoi et al. (2003) zaznamenali vyšší ztráty na písčitých půdách než na jílovitých a zdůvodňují to podstatnými rozdíly v kationtové výměnné kapacitě. Jak uvádějí Gioacchini et al. (2002) IU snížil na písčitých půdách ztráty o 86% a na jílovitých o 49%. Obecně platí, že na půdách s jemnou texturou jsou ztráty nižší než s hrubou. Hodnota výsledných ztrát je výsledkem komplexního působení všech faktorů: hodnota pH, obsah Corg, textura půdy, vlhkost půdy, teplota půdy a vzduchu, síla větru, množství srážek po aplikaci a jejich odstup od samotné aplikace hnojiva atd.

Protože ureáza je produkována také rostlinami, má na aktivitu ureázy vliv zejména pěstovaná plodina. Suter et al. (2011) zjistili 3,4 x vyšší aktivitu ureázy na travním porostu ve srovnání s porostem pšenice. Aktivita ureázy byla také nižší na orné půdě bez rostlinných zbytků ve srovnání s variantou s posklizňovými zbytky.

Značný vliv má také celková aplikovaná dávka močoviny. Při dávce přesahující 160 kg N/ha + IU činila redukce ztrát amoniaku 41% a při dávkách menších než 160 kg N/ha 63%. Ze studie Silva et al. (2017) dále vyplývá, že dostatečná dávka NBPT musí být vyšší než 530 mg/kg močoviny a neměla by přesáhnout 1060 mg/kg. Použitím IU bylo dosaženo zvýšení výnosů a to při dávce dusíku  $\geq 80$  kg/ha o 4,5% a při dávce  $\leq 80$  kg/ha o 8%. Vysvětlení nižší účinnosti při vysokých dávkách je zřejmé: dusík nebyl limitujícím faktorem výnosů. Působení IU bylo efektivnější na pozemcích s hodnotou pH 6,5-7,5 než na pozemcích s kyselým pH (5,5) nebo alkalickým pH (7,5).

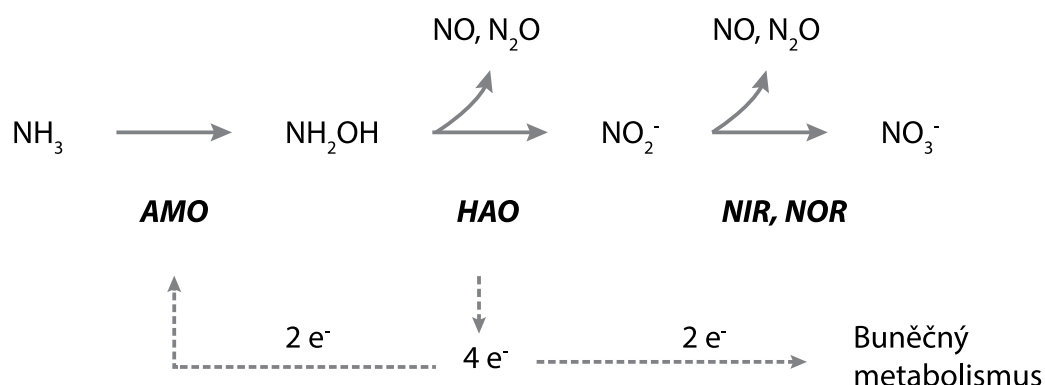


Závěrem lze konstatovat nespornou výhodu kombinace močoviny a inhibitoru ureázy. Významně jsou sníženy ztráty  $\text{NH}_3$  volatilizací a je i lepší využití dodaného dusíku rostlinami. V případech, kdy je močovina používána k základnímu hnojení a hnojivo je následně zapraveno do půdy, je zbytečné používat kombinaci s inhibitorem ureázy. O větším uplatnění močoviny s inhibitory ureázy rozhodne především cena za jednotku dusíku a její porovnání s dalšími N hnojivy.

## 4 Princip nitrifikace

Proces nitrifikace je oxidace amonného iontu na nitrátový ( $\text{NH}_4 - \text{NO}_2 - \text{NO}_3$ ); (viz Obr.: 1).

Obr. 1 Schéma nitrifikace (Arp a Stein 2003)



AMO –  $\text{NH}_3$  - monooxygenáza,  
 HAO – hydroxylamin-oxidoreduktáza,  
 NIR – nitrit reduktáza,  
 NOR – NO - reduktáza

Půdní mikroorganismy zodpovědné za 1. stupeň oxidace jsou chemoautotrofní bakterie rodu: *Nitrosomonas*, *Nitrosovibrio*, *Nitrosospira*, *Nitrosolobus*, *Nitrosococcus* (Singh et Verma 2007). Druhý stupeň oxidace realizuje bakterie rodu *Nitrobacter*. Velmi silná intenzita nitrifikačního procesu zvyšuje množství  $\text{NO}_3$  v půdě a tím také vytváří potenciál pro ztráty dusíku vyplavením nebo emisemi.

Z celkového množství N v organických vazbách v půdě se asi 3 % za rok zmineralizují a uvolněný  $\text{NH}_4^+$  iont podléhá rychle nitrifikaci. Toto činí přibližně 45 - 140 kg N/ha/rok. Přitom dynamika nitrifikace se stále zvyšuje celosvětově v zemědělských půdách.

Příčiny podporující vysoký stupeň nitrifikace jsou:

- Málo různorodý osevní postup – používání jednoduchých osevních postupů.
- Vysoký stupeň specializace – oddělení rostlinné a živočišné produkce.
- Změny ve způsobu obdělávání půdy (minimalizace, mělké zpracování).
- Nárůst podílu závlah a na druhé straně nárůst odvodněných (meliorovaných) ploch.
- Nárůst minerálního dusíkatého hnojení, chlévský hnůj již není hlavním zdrojem živin. Používání minerálních dusíkatých hnojiv vedlo celosvětově ke snížení organické hmoty v půdě a ke zvýšení aktivity nitrifikace a zároveň ke snížení využití dodaného dusíku z hnojiv rostlinami.

Půdní faktory ovlivňující nitrifikaci:

- a) Fyzikální – textura, struktura půdy
- b) Chemické – pH, KVK, obsah organických látek, vodivost, poměr C/N.
- c) Environmentální – vlhkost, teplota, provzdušnění (obsah  $O_2$ ,  $CO_2$ ).
- d) Nitrifikační bakterie jsou soustředěny především na povrchu půdních částic, tj. v místech, kde je sorbován  $NH_4^+$  iont. Optimální intenzita nitrifikace je při obsahu kyslíku v půdním vzduchu cca 20% - obdobně jako v atmosféře. Nitrifikace může probíhat v širokém rozmezí pH: 3 - 10. Obecně platí, že při  $pH \geq 6,0$  významně stoupá a při  $pH \leq 5$  dochází ke zřetelné inhibici. Řada prací ukazuje, že po aplikaci amonných hnojiv nebo močoviny je stimulován růst populací nitrifikačních bakterií (Akijama et al. 2013, Di et Cameron 2011).

## 5 Inhibitory nitrifikace (IN)

První stupeň oxidace  $NH_4$  iontu je uskutečňován působením enzymu amonium monooxygenázy (AMO), který je poután na membrány nitrifikačních bakterií prostřednictvím mědi (Cu tvoří kofaktor) (Zahn et al. 1996). Je důležité, aby látky označené jako inhibitory nitrifikace ovlivňovaly především aktivitu AMO (tab.1). V případě inhibice enzymu hydroxylamin oxidoreduktázy (HAO) by docházelo k hromadění hydroxylaminu, který je toxický pro *Nitrobacter*. V současnosti je známo více než 60 substancí, které mohou být alternativním substrátem pro AMO (náhrada za amoniak) a mohou ovlivňovat aktivitu AMO. Další možnost je vázat měď a tím inaktivovat AMO pomocí tzv. chelátorů, jako např.: thiomčovina  $SC(NH_2)_2$ . Naopak přidavkem mědi se oxidace  $NH_4^+$  zvyšuje (Bírdard et Knowles, 1989). Nitrapyryn, DCD, DMPP patří do stejné skupiny Cu chelátorů. Přitom IN nemusí zřejmě působit na všechny rody nitrifikačních bakterií stejně. Shen et al. (2013) publikovali výsledky, potvrzující skutečnost, že nitrapyryn inhibuje především růst *Nitrosomonas*, ale nevýznamně inhibuje růst *Nitrosospora* a *Nitrosobolus*.

Tab. 1: Vybrané inhibitory nitrifikace

č.	Inhibitor	Zdroj
1.	Nitrapyryn (2-chlor-6-(trichlormethyl) pyridin)	Balík 1982, Goring 1962a, b
2.	DCD (dikyandiamid)	
3.	DMPP	Prasad et Power 1995
4.	AM (2-amin-4-chlor-6-methylpirimidin)	Ranney 1978
5.	ATC (4-amin-1,2,4-triazolhydrochlorid)	Guthrie et Bomke 1980
6.	CI 1580 (3,4-diamin-6-trichlormethyl-s-triazin)	McCarty 1999
7.	ASU (1-amid-2-thiomčovina)	
8.	MT (3-merkapt-1,2,4-triazol)	
9.	MAST (2-amin-4-methyl-6-trichlormethyltirazin)	
10.	ST (2-sulfanylamidthiazol)	Mitsui et Toatsu 1968
11.	DCS (N-2,5-dichlorfenyl sukcinamid)	Mosier et al. 1996
12.	MPC (3-methylpyrazol-1-karboxylamid)	McCarta et Bremner 1989
13.	$CS_2$	Balík 1982, Ashworth et al. 1977
14.	CP (2-kyanimino-4-hydroxy-6methylpirimidin)	
15.	ATS (thiosíran amonný)	Goos 1985
16.	AMP (Polykarboxlát amonný)	
17.	CCC/ECC (Voskovaný/kapslovaný karbid vápenatý)	Freney et al. 1993
18.	Dwell (etridiazol)	Varsa et al. 1981
19.	Thiouhličitan sodný	Hauck 1980
20.	ST (Thiosíran sodný)	



č.	Inhibitor	Zdroj
21.	Thiomočovina	Prasad et al. 1971
22.	ZPTA (Thiofosforyltriamid)	Radel et al. 1992
23.	Isothiokyanáty	
24.	Nitro- a haloaniliny	
25.	Xantháty	Slangen et Kerkhoff 1984
26.	Azid draselný	
27.	Thioacetamid	Hauck 1980
28.	Thiokarbamát sodný	Hauck 1980
29.	Thiosemikarbazid	Hauck 1980
30.	Difenylthiokarbazon	Hauck 1980
31.	Dithiokarbamát	Hauck 1980
32.	s-ethyl dipropylthiokarbamát	Hauck 1980
33.	Ethylen-bis-dithiokarbamát	Hauck 1980
34.	Ethylenmočovina	
35.	N-methyl dithiokarbamát	
36.	Ditethylthiokarbamát sodný	Bundy et Bremner 1973, Hauck 1980
37.	Phenyl mercuric acetate	
38.	Diethyl dithiokarbamát sodný	
39.	2-ethynylpyridin	McCarty et Bremner 1986
40.	3-methylpyrazol-1-karboxamid	
41.	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (acetylen)	Berg et al. 1982
42.	Fenylacetylen	McCarty et Bremner 1986
43.	Propyn	McCarty et Bremner 1986
44.	1-butyn	McCarty et Bremner 1986
45.	3-butyn-2	McCarty et Bremner 1986
46.	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (ethan)	McCarty et Bremner 1991
47.	3-chloracetanilid	
48.	2,5-dichloranilin	
49.	4-amino-1,2,4-triazol	Bundy et Bremner 1973
50.	N-(2,5-dichlorfenyl) sukcinamid	
51.	2-merkaptobenzothiazol	Hauck 1980, McCarty et Bremner 1986
52.	2-merkpto-1,2,4-triazol	Bundy et Bremner 1973
53.	3-merkpto-1,2,4-triazol	Hauck 1980
54.	2,5-dichloranilin	Bundy et Bremner 1973
55.	5-etoxy-3-trichlormethyl-1-124-thiodiazol	
56.	o-nitrofenol	Topalova et al. 1995
57.	m-nitroanilin	Hoeflich 1968
58.	o-nitroanilin	Hermann et al. 1967
59.	Benzotriazol	McCarty et Bremner 1989
60.	Pyrrazol	McCarty 1999
61.	1,2,4-triazol	McCarty 1999
62.	Pyridazin	McCarty 1999
63.	Indazol	McCarty 1999

## 5.1 Nitrapyrin

Tato látka byla vyvinuta Dow Chemical Company a prodávána pod názvem N-Serve. Chemicky se jedná o [2-chlór-6-(trichlór-methyl)-pyridin]. Je rozpustná v organických rozpouštědlech jako aceton, etanol, toluen, xylene, metylenchlorid a dále také v kapalném amoniaku. V USA je přidáván ke čpavku a společně jsou injektovány do půdy. Trenkel (1997) uvádí výměru jeho použití 1,82 mil. ha, což odpovídá asi 1,16% sklizňové plochy. Nevýhodou je vysoká těkavost a je nutné tlakové zapravení do hloubky 5 - 10 cm (Mc Call et Swann, 1978). V laboratorních testech v dávce 1,0 mg/kg půdy efektivně inhiboval *Nitrosomonas europaea* (Zacheri et Amberger, 1990). Inhibiční účinky se výrazně snižují zejména v půdách s vysokým obsahem organické hmoty. Velmi stabilní je v chladných podmínkách. Proto je v USA používán společně s kapalným amoniakem při podzimních dávkách u ozimých obilnin. Snižuje ztráty vyplavováním a denitrifikací (Killorn et Taylor 1994, Prasad et Power 1995). Další nevýhodou je, že má korozivní účinky a při jeho použití je i teoretická možnost exploze. Také z ekologického hlediska je použití problematické, [2-chlor-6-(trichlormethyl)pyridin].

## 5.2 Dikyandiamid (DCD)

Dikyandiamid (DCD) byl objeven již ve dvacátých letech minulého století (Prasad et al. 1971). DCD je rozpustný ve vodě, je netěkavý. Je vhodný pro povrchovou aplikaci na pevná dusíkatá hnojiva, jako je močovina nebo síran amonný, případně přímo zabudován do pevných hnojiv jako stabilizátor. V půdě je DCD rozkládán přes guanidin na močovinu. DCD bakterie rodu *Nitrosomonas* nezabíjí, ale pouze zpomaluje jejich aktivitu. DCD je inkorporován do amonných hnojiv v dávce 5 - 10% z obsahu N ve hnojivu. Je také vhodný v kombinaci se statkovými hnojivy, jako jsou kejda skotu, kejda prasat, digestát, případně močůvka. Při aplikaci na půdu je třeba použít dávku 10 - 50 mg/kg tak, aby byla zajištěna inhibice na dobu 4 - 8 týdnů (Amberger 1993). Značnou nevýhodou DCD je jeho snadná vymyvatelnost z kořenové zóny a tím i snížená účinnost. Efektivnost DCD jako inhibitoru nitrifikace a stabilizátoru N hnojiv byla potvrzena v řadě pokusů (Di et Cameron 2002, 2004). Určitou jeho nevýhodou pro použití v zemědělství je jeho poměrně vysoká cena. Výhodou je jeho rozklad v půdě bez zanechání ekologicky nebezpečných produktů.

## 5.3 DMPP, 3,4-dimethyl-1-(phosphonoxy)-1H-pyrazol-1-ium

Tento inhibitor je považován za velmi účinný a délka inhibice činí 4 - 10 týdnů při dávce 0,5 - 1,0 kg/ha (Zerulla et al. 2001). Vzhledem k dobrým inhibičním účinkům stačí, aby obsah DMPP tvořil pouze 1% z celkového obsahu  $N-NH_4^+$  + amidického obsahu N ve hnojivu. Je velmi stabilní v půdě při teplotách menších než 5 °C. Při 20 °C se délka zkrátila na 40 dnů (Zerulla et al. 2001). Velkou výhodou je, že je málo mobilní v půdě a že je sorbován v blízkosti  $NH_4^+$  iontů, což zvyšuje inhibiční schopnosti (Pasada et al. 2001). Byl prokázán jeho účinek na zvýšení výnosu i snížení ztrát vyplavováním i denitrifikací (Weiske et al. 2001). Tento inhibitor byl registrován na trhu jako nová látka, a proto musel projít přísnými toxikologickými a ekotoxikologickými testy (Roll 1999). Také jeho sloučeniny s dusíkatými minerálními hnojivy, případně organickým (kejda, močůvka) netvoří nebezpečné sloučeniny.

## 5.4 MPA : N-((3(5) - methyl-1H-pyrazol-1-yl) methyl) acetamid

Poměrně nedávno registrovaný inhibitor nitrifikace v Německu. Vhodný je pro použití s pevnými hnojivy, včetně močoviny. Dle literárních zdrojů významně snižuje plynné ztráty  $N_2O$ , až o 50%.

## Faktory ovlivňující efektivnost inhibitorů v půdách:

### a) Vlastnosti inhibitoru:

- Rozpustnost ve vodě,
- těkavost,
- sorpce na půdní koloidy (organickou hmotu, jílnaté částice).

### b) Chemické a fyzikální vlastnosti půdy:

- pH,
- obsah a kvalita organické hmoty,
- pórovitost,
- množství  $\text{NH}_4^+$  iontu z mineralizace půdní organické hmoty.

### c) Biologické vlastnosti půdy:

- Populace nitrifikačních bakterií,
- obsah N mikrobiální biomasy,
- obsah C mikrobiální biomasy.

### d) Abiotické faktory:

- Teplota (řada IN je fyzikálně a biologicky nestabilní při teplotě 15 °C), efektivita IN téměř lineárně klesá s nárůstem teploty. Poločas rozpadu nitrapyrin je 43 - 77 dnů při teplotě 10 °C, ale pouze 9 - 16 dnů při teplotě 20 °C (Slangen et Kerkhoff 1984). Inhibiční efekt DCD byl 80 dnů při teplotě půdy 8 °C, ale pouze 20 - 40 dnů při teplotě 20 °C (Vilsmeier, 1980). Inhibiční účinek DCD a DMPP byl 3 měsíce při teplotě 10 °C, ale pouze týden při teplotě 30 °C (Irigoyen et al. 2003).

### e) Ostatní faktory vztahující se k druhu hnojiva a způsobu jeho aplikace:

- hnojivo (močovina, síran amonný, atd.)
- aplikace: plošná, nebo lokální (do pásů)

Organická půdní hmota výrazně sorbuje inhibitory, což na jedné straně snižuje jejich efektivnost, ale zároveň zvyšuje jejich dobu existence v ornici, což může přispívat paradoxně ke zvýšení účinku (Keeney 1986). Inhibitory jsou velmi účinné v lehkých půdách s nízkým obsahem organické hmoty (< 1%  $C_{\text{org}}$ ). Např.: nitrapyrin byl vysoce účinný při obsahu  $C_{\text{org}}$  1% a téměř neúčinný při obsahu 5% (Hendrickson et Keeney 1979).

Nitrapyrin a DCD jsou méně stabilní na zamokřených půdách. Obecně platí, že nejvyšší efektivnost IN je při nižším obsahu vody v půdě, než je půdní vodní kapacita.

Nově otevřenou problematikou je využití biologických prostředků k regulaci procesu nitrifikace. Současné výsledky výzkumu ukazují, že kořenové exudáty rostlin inhibují či stimulují proces nitrifikace. Předpokládá se, že zejména staré odrůdy mají inhibiční vlastnosti. Je známo, že především leguminózy stimulují průběh nitrifikace. Značná produkce kořenových exudátů u leguminóz významně ovlivňuje mikrobiální procesy v půdě. Exudáty podporují nodulaci rhizobií, ale zároveň stimulují nitrifikaci.

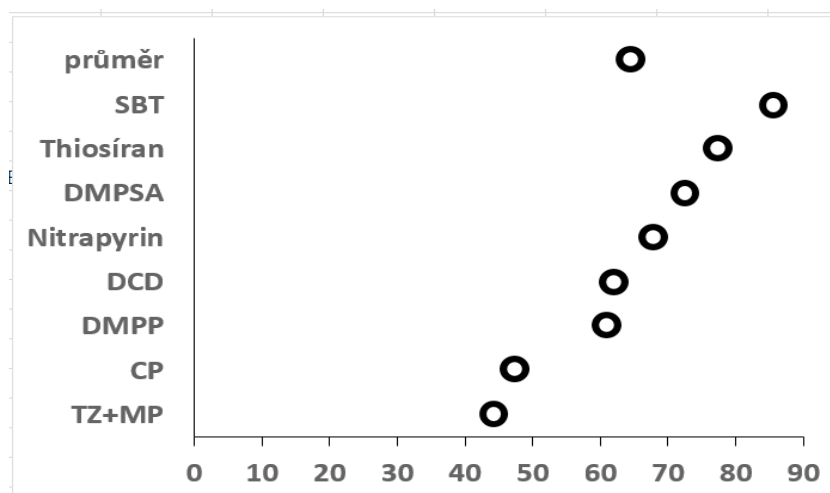
## 6 Plynné ztráty dusíku ( $N_2O$ , $NO_x$ , $N_2$ )

Emise dusíku jsou významné ztráty z ekonomického hlediska s velkým dopadem na kvalitu životního prostředí. Z hlediska narušení ozonové vrstvy atmosféry má dominantní vliv především  $N_2O$ . Zdvoujnásobení obsahu  $N_2O$  v atmosféře proti současnosti může mít za následek 10 % snížení ozonové vrstvy a dále zvýšení intenzity ultrafialového záření dosahujícího povrchu země až o 20 % (Grutzen et Ehhalt, 1977). Potenciál působení globálního oteplení (The global warming potential - GWP) je u  $N_2O$  296 x vyšší, než u  $CO_2$  a 13 x vyšší, než u metanu. Od začátku industrializace v 19. století se zvýšila koncentrace  $N_2O$  v atmosféře z 44 ppb na 319 ppb (IPCC 2007). Každoročně se koncentrace  $N_2O$  kontinuálně zvyšuje o 0,75 % (Mosier 1993, Smith et al. 1997). Přitom poločas rozpadu  $N_2O$  je poměrně dlouhý – 114 let. Je odhadováno, že na celkové produkci  $N_2O$  se přibližně z 1/2 podílejí emise ze zemědělské půdy. Celosvětová emise  $N_2O$  z obdělávané půdy činí každoročně přibližně 3,5 Tg a z toho 1,5 Tg je způsobeno díky používání minerálních hnojiv (Smith et al. 1997).

Produkcí plynných ztrát dusíku ( $N_2O$ ,  $NO$ ,  $N_2$ ) lze rozdělit do 3 okruhů:

- V průběhu biologické oxidace  $NH_4^+$  se tvoří  $N_2O$  díky aktivitě nitrifikačních bakterií. Inhibitory nitrifikace významně snižují emise  $N_2O$ . Z řady vědeckých publikací vyplývá značný rozptyl v uváděných hodnotách a v průměru je shoda na snížení o 35 % (graf 1). Ztráty  $N_2O$  z nitrifikace tvoří přibližně 2 % z množství nitrifikovaného dusíku, výjimečně se mohou blížit až 4% (Duxbury et Mc Connaughey 1986). Ukazuje se, že cestou ke snížení emisí  $N_2O$  je používání inhibitorů nitrifikace (Akiyama et al. 2013).

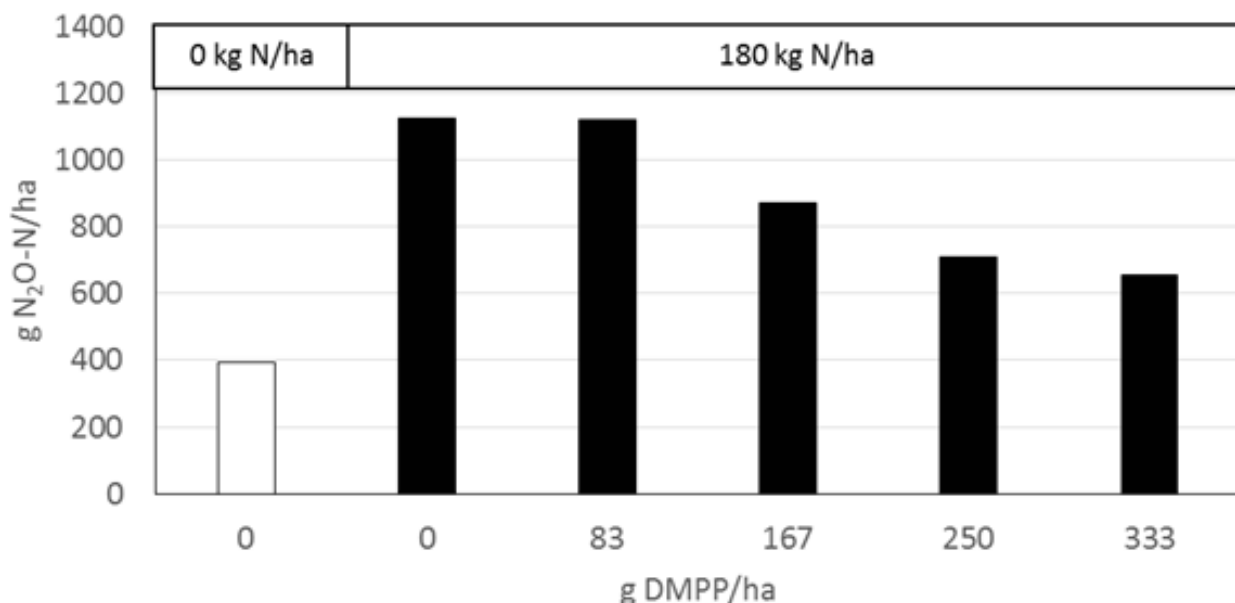
Graf 1: Emise  $N_2O$  při použití inhibitorů nitrifikace ve srovnání s kontrolou (100 %); upraveno dle Ruser et Schulz (2015)



Zvýšení dávky DCD z 10 na 20 mg/kg prodloužil poločas rozpadu asi o 45 %, ale množství emisí  $N_2O$  nebylo signifikantně ovlivněno (Singh et al. 2008). Při laboratorních testech ztráty emisí  $N_2O$  se projevují především v prvních několika týdnech, později jsou malé díky stabilním vlhkostním a teplotním podmínkám. Proto prodloužení poločasu rozpadu v laboratorních podmínkách se následně neprojevuje snížením emisních ztrát. Di et Cameron (2012) nestanovili rozdíly v emisích  $N_2O$  při použití inhibitoru DCD a inhibitoru DMPP v polních podmínkách. Proti tomu Weiske et al. (2001) uvádějí významné snížení emisí u DMPP ve srovnání s DCD v polních podmínkách a připisují to zejména délce poločasu rozpadu inhibitorů. Často řešenou otázkou je nutné množství použitého inhibitoru potřebné k významnému omezení emisí  $N_2O$ .

Jak je zřejmé z výsledků Haussing (2014), dávka 167 g DMPP/ha byla dostatečnou (graf 2). Při vyšších dávkách již nedocházelo k signifikantním změnám. V pokusech Häussing (2014) bylo použito hnojivo síran + dusičnan amonný v dávce 180 kg N/ha. Ztráty byly měřeny v průběhu jarního období u ozimé pšenice.

Graf 2: Vliv stupňovaných dávek DMPP na kumulativní emise  $N_2O$  v průběhu vegetace ozimé pšenice (Häussing 2014)



Obecně lze konstatovat, že běžně používané dávky DCD, DMPP za účelem snížení dynamiky procesu nitrifikace a dále za účelem lepšího využití dusíku rostlinami jsou dostatečné i ke snížení emisí  $N_2O$ . Vyšší dávky IN by již nevedly k dalšímu signifikantnímu snížení ztrát  $N_2O$ . Toto však zřejmě neplatí pro nitrapyrin, kdy se zvýšenou dávkou snižují ztráty  $N_2O$  z procesu nitrifikace.

V aerobních podmínkách (50% půdních pórů zaujímá voda) se na tvorbě  $N_2O$  podílí především nitrifikace. V anaerobních podmínkách převažuje denitrifikace (Mosier et al. 1996). Těmito 2 procesy se uvolní téměř 90% z množství  $N_2O$  uvolněného ze zemědělských systémů (Smith et al. 1997).

- b) V anaerobních podmínkách jsou tvořeny v procesu denitrifikace plyny  $N_2O$ ,  $NO_x$  a  $N_2$  a to díky heterotrofním půdním bakteriím: *Achromobacter aerogenes*, *Aspergillus flavus*, *Pseudomonas sp.*, *Micrococcus sp.*, *Penicillium atrovenerum* (Mosier et al. 1996). Denitrifikace výrazněji nastává, když jsou póry naplněny vodou z více než 70% a to již po 24 hod. V anaerobních podmínkách může být ztraceno téměř 60 až 80% z množství  $NO_3$  v půdě (Mosier et al. 1996). Při pěstování rýže, kdy se střídají období sucha a závlahy je denitrifikace hlavním zdrojem ztrát dusíku. Rostliny zvyšují aktivitu heterotrofních bakterií vylučováním rostlinných exudátů, bohatých na uhlík (Cheng et Coleman 1998). Přitom existují významné rozdíly mezi jednotlivými rostlinnými druhy. Bobovité plodiny (jetel, vojtěška, sója) produkují větší množství  $N_2O$  než např.: obilniny (Smith et al. 1997). Hlízkové bakterie produkují značné množství  $N_2O$  (Mosier et al. 1996).

Díky tomu, že IN snižují obsah  $NO_3$  v půdě, také tím výrazně snižují potenciál pro následnou denitrifikaci. Tento nepřímý efekt je určitě nejdůležitějším způsobem jak redukovat emise  $N_2O$ . Z některých prací je zřejmé, že IN nesnižují celkové množství plyných ztrát, ale významně mění poměr  $N_2O/NO_x + N_2$ . Hatch et al. (2005) inkubovali zeminu s přidavkem kejdy + DCD a s přidavkem kejdy + DMPP v laboratorních podmínkách. V první aerobní fázi se u IN významně snížily ztráty  $N_2O$ . V následujících anaerobních podmínkách se celkové množství vyprodukovaných plynů nelišilo na neošetřené kontrole od IN.

Významně se však měnilo zastoupení  $N_2O$ . U kontroly činil podíl  $N_2O$  75 % a u IN pouze 10 %. Také toto je významný aspekt pro doporučení aplikace inhibitorů nitrifikace společně s dusíkatými hnojivy.

Je také nutno objektivně zdůraznit, že ztráty  $N_2O$  (především denitrifikací) probíhají často v mimovegetačním období. Vrchol nastává při rozmrzání půdy (Singurind et al. 2009). V průběhu zimního období činily ztráty  $N_2O$  76 % z celoročního množství (Flessa et al. 1995). Kaiser et Ruser (2000) odhadují ztráty v zimním období na 50 % z celkových ztrát pro většinu území Německa, kde dochází ke střídavému zamrzání půd. Proto použití inhibitorů nitrifikace může částečně přispět ke snížení emisí  $N_2O$ , ale tuto problematiku je nutno řešit komplexně v rámci celého systému hospodaření na půdě, zejména v mimovegetačním období. Právě dosud chybí rozsáhlejší data o tom, jak IN ovlivňují ztráty v mimovegetačním období.

- c) Při asimilaci  $NO_3$  rostlinami a jeho transformaci na  $NH_4^+$  dochází díky aktivitě enzymů (nitrit a nitrátreduktáza) k tvorbě  $N_2O$  (Smart et Bloom 2001). Je odhadováno, že tímto způsobem je uvolněno 5 – 6 % z celkového množství  $N_2O$  produkovaného zemědělskými systémy (Schleisinger 1997).

## 7 Organická hnojiva a inhibitory nitrifikace

Kombinace IN + organických hnojiv je velmi účinná zejména při aplikaci hnojiv v podzimním a zimním období. Např.: Fanguiero et al. (2009) stanovili nárůst výnosu jílku jednoletého o 32 % při kombinaci kejda + DCD až o 54 % při kombinaci kejda + DMPP. Přitom se také zvýšilo využití N z hnojiv o 34 %, respektive o 68 % ve srovnání s variantou bez inhibitoru. Obdobné výsledky uvádějí také Di et Cameron (2007) při aplikaci močůvky s inhibitory na pastevní porosty. Při posuzování efektivnosti IN s org. hnojením záleží významně na termínu aplikace. Schröder et al. (1993) v dlouhodobých pokusech (8 let) zjistili významné snížení ztrát  $NO_3$  vyplavováním při kombinaci DCD + kejdy skotu aplikované v podzimním termínu na písčitéch půdách. Toto se projevilo v následujícím roce nárůstem výnosu silážní kukuřice. Při jarní aplikaci se rozdíl mezi oběma variantami snížily a dokonce neošetřená varianta dala vyšší výnos než kombinace pozimní kejda + DCD. Účinnost inhibitoru a konečný výsledek závisí na:

- Termínu aplikace (značný rozdíl je mezi aplikací v říjnu nebo v prosinci),
- půdním druhu,
- množství srážek v průběhu zimy,
- teplotě v průběhu zimy.

Inhibitory nitrifikace mohou významně snížit emise  $N_2O$  na trvalých travních porostech a na pastvinách. Merino et al. (2002) prokázali okamžité snížení ztrát  $N_2O$  o 60 % po aplikaci kejdy + DCD na travní porost. Autoři dále aplikovali DCD na travní porost po předcházejícím hnojení močůvkou a zjistili 76 % snížení emisí  $N_2O$  při podzimním termínu (délka inhibice 6 měsíců), na jaře to bylo dokonce 78 % (délka inhibice 3 měsíce). Merino et al. (2005) zdůrazňují vyšší efektivitu DMPP proti DCD v kombinaci s kejdou skotu. V závislosti na teplotě půdy byly ztráty  $N_2O$  sníženy o 48 – 69 %. Jak zdůrazňují Flessa et Beese (2000) po aplikaci kejdy se zvýší v půdě obsah lehce přístupného uhlíku, což následně vyvolá jeho rychlou oxidaci a v půdě se vytvoří silné redukční prostředí (- 200 mV). V případě dostatku  $NO_3$  iontu v půdě nastává silná denitrifikace. Proto je velmi důležitá desynchronizace nabídky  $NO_3$  a lehce hydrolyzovatelného uhlíku, což mohou zajistit inhibitory nitrifikace. Proto je potenciál ve snížení emisí  $N_2O$  vyšší u organických hnojiv než u minerálních. Vallejo et al. (2006) použili kejdu prasat a DCD a ztráty  $N_2O$  se snížily o 83 % a  $NO_3$  o 77 %. Inhibitory jsou účinné také při injektážním zapravení kejdy do travního porostu. V kombinaci kejdy + DMPP byly ztráty nižší o 32 % proti kontrole. Dobrým indikátorem pro odhad účinnosti IN je kvalita organického hnojiva, vyjádřená poměrem C/N (Meijide et al. 2007).



## Směs látek Triazol/3MP 1H-1,2,4 Triazol+ 3 mathylpyrazol v poměru 2:1

Jedná se o účinný přípravek pro použití v kombinaci s kejdou, digestátem případně s močůvkou. Již po několik let jsou zaznamenávány pozitivní výsledky s tímto inhibitorem nitrifikace (obchodní název PIADIN) v Německu, zejména v kukuřici. Jedná se o roztok (pH 6 - 7) a doporučené dávky jsou v závislosti na plodině a termínu aplikace 4 - 7 l/ha (u kukuřice při technologii „Strip Till“ pouze 3 l/ha). V pokusech uskutečněných na technické univerzitě Mnichov s injektáží kejdy + IN před setím kukuřice byl zaznamenán nárůst výnosu sušiny silážní hmoty o 3,5 % (+ 1,9 t sušiny/ha). Aplikovaná dávka činila v závislosti na ročníku 111 - 140 kg N/ha. Přitom se také významně zvýšilo využití dusíku (odběr - kg N/ha: kejda - 197, kejda + IN 224). Velmi zřetelně se také snížily emise  $N_2O$  a to o 84 %. Díky použití injektážního způsobu aplikace kejdy + IN byla stanoven délka inhibice v rozmezí 5 - 6 týdnů (Schmidthaler et al. 2011). Obdobně také Jacobs et Remmersmann (2012) zaznamenali pozitivní vliv IN při společné aplikaci s kejdou a technologií hnojení „pod patu“. Byl stanoven lepší rozvoj kořenového systému i vyšší obsah chlorofylu v listech. Na Univerzitě Osnabrück použili digestát + IN také při hnojení kukuřice „pod patu“ (Lausen 2014). Byl zaznamenán poměrně malý nárůst biomasy u IN (o 2,6 %), ale výrazně se zvýšil odběr dusíku (téměř o 6 %).

## 8 Inhibitory nitrifikace a změny ve výživě rostlin

Použití inhibitorů nitrifikace vede ke zvýšenému příjmu  $NH_4^+$  iontu a vyvolává komplexní pozitivní efekt u rostlin. Jedná se zejména o tyto aspekty:

- Změna hodnoty pH rhizosféry rostlin – okyselující efekt, což vede ke zvýšené mobilitě fosforu a železa a jejich lepšímu příjmu (Gentry et Below, 1993).
- Nižší spotřeba energie na asimilaci  $NH_4^+$  do organických látek, než u  $NO_3^-$  (Pasda et al. 2001). Na 1 mol  $NO_3^-$  je třeba energie 20 mol ATP, ale na 1 mol  $NH_4^+$  stačí pouze 5 mol. Ušetřená energie při výživě  $NH_4^+$  iontem by měla vést k vyššímu nárůstu biomasy.
- Změny v metabolismu rostlin a v hormonálním systému.

Nitrát a nehydrolyzovaná močovina podporují růst nadzemní části rostliny ve srovnání s kořeny. Fyziologická aktivita v souvislosti s peptidickými vazbami je proto dominantní v listech a v prýtech. Proto jsou nitrátový dusík a močovina často označovány jako dominantní formy pro tvorbu nadzemní části. Fyziologická aktivita močoviny v peptidových vazbách je podstatně větší než u nitrátů.

Amonný iont je přijímán rostlinou a v kořenové špičce a je zabudován do organických sloučenin. Vytváří se zde sink-efekt pro transport sacharidů z listů (nadzemní část rostliny) ke kořenům. To znamená, že na rozdíl od výživy  $NO_3^-$  iontem a močovinou je sacharidy následně lépe zásoben celý kořenový systém a obdobně i stonek, případně bulva nebo hlízy, které se nacházejí mezi nadzemní částí a kořenovou zónou. Také peptidické vazby jsou podobně ovlivněny. Transport amidů a aminokyselin (jako přímo asimilovaných sloučenin) k vegetačním vrcholům ovlivňuje pozitivně peptidové vazby v kořenech, stonku, bulvách, hlízách. Transport asimilovaného amonného dusíku (aminokyselin, amidů) probíhá přímo do mladých rostoucích částí a ne do starých vyvinutých listů, jako je tomu u nitrátů. Současně je také výrazně omezeno stárnutí starších a zastíněných listů, což je typické pro výživu nitráty a močovinou. Pro výživu  $NH_4^+$  iontem je dominantní podpora rozvoje kořenového systému.

Jak uvádí Kreusel (1992), rostliny pěstované v systémech se zvýšenou výživou  $NH_4^+$  iontem vykazují zvýšenou odolnost proti stresům způsobeným nedostatkem vody. K tomu je zřejmě několik důvodů: větší rozvoj kořenů, rozdíly v síle buněčných stěn, nižší transpirační koeficient, lepší využití přijaté vody, změna poměru nadzemní část rostliny / kořeny.

Při změně poměru  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  dochází k celkové změně v hormonálním systému rostliny, což je především popsáno u obilnin. V průběhu vegetativního růstu obilnin probíhá syntéza auxinů a giberelinů v nadzemní části a cytokininů v kořenové špičce. Při výživě  $\text{NH}_4^+$  iontem je s rozvojem kořenů zároveň podpořena syntéza cytokininů ve srovnání se syntézou auxinů a giberelinů.

Dochází ke zvýšení kvality produkce – aplikace IN vede ke snížení obsahu nitrátů v rostlinách, což je důležité zejména u zeleniny (salát, ředkvička, špenát) (Irigoyen et al. 2003). V některých případech vede zvýšená syntéza aminokyselin k následné zvýšené tvorbě chlorofylu, což se projevuje sytě zeleným zabarvením listů.

Samozřejmě, že v polních podmínkách se jedná o kombinaci obou forem výživy ( $\text{NH}_4^+$  i  $\text{NO}_3^-$  ionty). Při použití inhibitorů nitrifikace však vzrůstá podíl  $\text{NH}_4^+$  iontu v celkovém množství přijatého dusíku, což je výhodné. Z praxe je známo, že nejvyšších výnosů bývá dosaženo, když přibližně 2/3 tvoří výživa  $\text{NO}_3^-$  iontem a 1/3 výživa  $\text{NH}_4^+$  iontem.

## 9 Závěr

Na základě dosavadních znalostí se ukazuje dobrá perspektiva použití inhibitorů nitrifikace a to jak v kombinaci s minerálními, tak také s organickými hnojivy. Tento závěr je podporován těmito skutečnostmi:

- a) Poměrně nízká cena ve srovnání s obalovanými N hnojivy (Prasad et al. 2014).
  - močovina obalovaná polymerem/močovina klasická: 8 - 12x vyšší cena,
  - močovina obalovaná sírou/močovina klasická: 2x vyšší cena,
  - močovina s IN / močovina klasická: o 30 - 60% vyšší cena.
- b) Snížení emisí plynů dusíku, zejména  $\text{N}_2\text{O}$  o 30 - 35 % (Weiske et al. 2001).
- c) Snížení ztrát vyplavováním  $\text{NO}_3^-$  (Scheffer et Barteles 1998). V případě nižších ztrát  $\text{NO}_3^-$  vyplavováním dochází také k omezení ztrát kationtů z půdy, zejména vápníku a hořčíku, což snižuje okyselující proces v půdě a v konečném důsledku snižuje i náklady na případné vápnění.
- d) Nižší ztráty dusíku a vyšší výživa  $\text{NH}_4^+$  iontem vedou ke zvýšení výnosů (Prasad et Power 1995).
- e) Lepší utilizace N rostlinami (Zerulla et Lutz 1992), zvýšení kvality produkce-zejména snížení obsahu dusičnanů v rostlinách.
- f) Úspora v aplikačních nákladech (možnost jednorázové aplikace namísto dělení dávek). Flexibilita v aplikaci – aplikace se dá lépe přizpůsobit podmínkám na stanovišti (např. vyloučení aplikace na přemokřený pozemek, zejména v předjarním a jarním období) (Dochler 1993).
- g) IN používat v případě, že jednorázová dávka je vyšší než 60 kg N/ha a celková dávka je vyšší než 80 kg N/ha, v závislosti na pěstované plodině.
- h) Inhibitor nitrifikace používat u hnojiv s  $\text{NH}_4^+$  formou, případně amidickou formou a tyto 2 formy tvoří dohromady  $\geq 60\%$  z celkového obsahu N ve hnojivu.
- i) V závislosti na půdně - povětrnostních podmínkách by měla účinnost inhibice být v intervalu 4 - 10 týdnů. Měla by být použita taková dávka, která splňuje tento požadavek.
- j) Výhodná je zejména kombinace IN s kejdou skotu, prasat, s digestátem, močůvkou.
- k) Pozitivní efekt lze očekávat zejména na lehkých půdách s nízkým obsahem organických látek (1%) a na stanovištích s vyšším množstvím srážek, případně na závlahách.
- l) Uplatnění v široké zemědělské praxi bude rozhodovat především výnosový efekt, tj. výnos při použití klasického hnojiva (např.: močoviny, ledku amonného s vápencem) ve srovnání s hnojivem s IN.

## Použitá literatura

je k dispozici u autorů

# Trendy v pěstování zemědělských plodin. Požadavky na změny výživy a hnojení z hlediska pěstitelských strategií.

prof. Jan Vašák, CSc.; Ing. David Bečka, Ph.D.; Ing. Juraj Béreš (Česká zemědělská univerzita v Praze)

Evropa letos – od Ruska po EU – bude až na výjimky sklízet o dost méně lež loni. Ovšem **Evropa je jen malá část světa. Navíc se chová odlišně.** Všude jinde ve světě půda přibývá, v Evropě ubývá. Všude jinde na světě se stala kukuřice hlavní plodinou. EU ji musí importovat. EU nestačí ani vlastní agrární produkce, takže dováží. Žije ze strojírenství a chemického průmyslu. Podíl zemědělství na HDP v EU je ubohých 2-3%, ale na agrodotační Unie vydává skoro 40% z rozpočtu.

Unie má obojaký vztah k Ruské federaci – je to významný zdroj surovin a energií, ale i země, na kterou se uvalují sankce. Ty agrární už udělali z Ruska hlavního exportéra pšenice na světě, když z prvního místa sesadilo EU. **Svět žije z kukuřice, rýže a sóji, Evropa z pšenice.** Údaje o sklizni jsou v tab.1. Platí, že světová agroprodukce (v tab.2 vezmi % přírůstku spotřeby jako % přírůstku produkce) roste rychleji než přírůstek populace a podíl lidí ohrožených hladomory se snižuje (tab.2). Roste životní úroveň a konzum potravin hlavně v tzv. „třetím světě“ s nosným středem v zemích BRICS.

Tab.1. Produkce hlavních agrárních produktů z rostlinné výroby ve světě a u vybraných zemí (mil.tun) – zaokrouhleno. Dle USDA srpen 2018 a prosinec 2012. Využito i FAO.

Komodita/Rok	2010/11	2016/17	2017/18	2018/19 srpen
<i>Obiloviny celkem svět</i>	2199	2609	2561	2559
USA	398	473	437	442
Čína	436	501	499	503
Indie	220	240	254	250
Rusko	59	114	127	105
EU <sup>1)</sup>	279	300	307	290
<i>Pšenice svět</i>	652	752	758	730
USA	60	63	47	51
Čína	115	129	130	128
Indie	81	87	99	97
Rusko	42	73	85	68
EU <sup>1)</sup>	136	145	152	138
<i>Rýže bez pluch svět</i>	449	487	489	488
USA	8	7	6	7
Čína	137	145	146	142
Indie	96	110	110	109
Rusko	1	1	1	1
EU <sup>1)</sup>	2	2	2	2

<b>Komodita/Rok</b>	<b>2010/11</b>	<b>2016/17</b>	<b>2017/18</b>	<b>2018/19 srpen</b>
<i>Kukuřice a jiné obilí svět</i>	1098	1370	1315	1342
USA	330	403	384	385
Čína	183	227	223	233
Indie	43	44	45	44
Rusko	16	41	42	36
EU <sup>1)</sup>	141	153	153	150
<i>Olejnata semena svět<sup>2)</sup></i>	458	574	573	603
USA	100	127	131	136
Čína	58	57	60	61
Indie	35	37	34	34
Rusko	7	15	16	17
EU <sup>1)</sup>	29	32	35	32
<i>Bavlna svět</i>	116	107	124	121
USA	18	17	21	19
Čína	31	23	28	27
Indie	26	27	29	29
Rusko	0	0	0	0
EU <sup>1)</sup>	1,2	0,4	0,5	0,4
Počet lidí svět <sup>3)</sup>	6,8 miliardy			7,8 miliardy
USA	309 milionů			327 milionů
Čína	1,34 miliardy			1,39 miliardy
Indie	1,15 miliardy			1,35 miliardy
Rusko	142 milionů			143 milionů
EU <sup>1)</sup>	501 milionů			512 milionů

Poznámky 1) EU27 = EU v roce 2010/11 bylo bez Chorvatska (asi 3,5 milionů obyvatel). 2) Jde o semenné olejniny, tedy chybí palmový olej (= asi 40% z produkce rostlinných olejů světa). 3) Využity Wikipedie, odhady jsou pro rok 2017 či 2018. Je s korekcemi využita i pro rok 2010

Tab.2. Průměrné roční přírůstky ve světě za roky 2000-2010. Vypočteno z FAO.

<b>Ukazatel</b>	<b>Meziroční změna v %</b>
Přírůstek lidstva	+1,2
Přírůstek spotřeby masa celkem	+2,6
Přírůstek spotřeby mléka celkem	+2,5
Přírůstek spotřeby vajec	+2,5
Přírůstek produkce obilovin	+2,1
Přírůstek produkce olejnatých semen	+5,0
Kalorický příjem: 2000 = 2717 Kcal, v roce 2014 již činil 2903 Kcal na osobu a den světoobčana.	

## Vlivy a změny agroprodukce v ČR a SR.

Základním posláním každého z nás je uživit se. Také svoji rodinu, blízké, obyvatelstvo země. U zemědělců to výrazně ovlivňují počasí, změny v ekonomice, ve stravování, v obchodní síti, v transportu atd. – v realitách daného času. A k tomu přistupují nové poznatky, objevy, populační změny a přesuny, netržní opatření typu volného pohybu zboží po EU, cla, sankce, dotace, zákony a vyhlášky - mnoho jiného. Včetně různých nároků plodin, zvířat, biologické podstaty zemědělství. Za rozhodující se dá považovat ekonomika výroby a zpracování. To platí pro čistý trh, ale ten není. Proto se zemědělství chová racionálně, ale až po zohlednění vnějších podmínek.

**Dokladem změn je skoro úplné vymizení přadných rostlin – hlavně lnu – z polí EU.** Návazně i ze zpracoven. Domácí textilie prohrály v soutěži s produkcí bavlny a šičkami z Asie. **Dnešní trend jasně směřuje proti cukru z cukrovky. Asi zůstanou vybrané cukrovary, ale ne plodina. Nastoupí třtinový cukr. Podobně tomu bude pravděpodobně u řepky.** Už nyní (2018/19) její výměra poklesne. Nejen v ČR/SR, ale i v EU. Má před sebou jen omezenou budoucnost na snad 15 let. Pak ji zcela nahradí palmový a sójový olej. Z domácích zdrojů zůstane olivový a slunečnicový olej = jsou v naší kultuře. Hlavní vliv má ale ekonomika produkce – zóny vhodnosti. Třtina i palma jsou plodiny tropického pásu a na ten nestačíme.

**Jsou velké změny v počasí. Prší zhruba stejně, možná přívalově.** Jsou ale vyšší teploty. Například naše výzkumná stanice (405 m n.m.) Červený Újezd je na planině letiště Praha Ruzyně.

Evidujeme tyto teploty:

Roční normál 1901 – 1950 byl	7,2°C
Roční normál za roky 1960-1990 uvádíme	8,0°C
Řepková desetiletka (1.8.2009-31.7.2018) měla v průměru	8,95°C
Řepkový rok (1.8. 2016 až 31.7.2017) měl v průměru	9,94°C
Řepkový rok (1.8. 2017 až 31.7.2018)	
činil i přes velké a opakované mrazy v březnu	9,88°C

Oteplování je výraznější ve vyšších polohách

### Oteplování se projevuje i v nástupu kvetení:

V desetiletí 1996-2006 začala u Prahy řepka kvést v průměru	25.4.
V letech 2006-2015 již	22.4.
Loni	21.4.2017
Letos	19.4.2018

V roce 1997 ale výdroly řepky vykvétaly již 5.3., protože zima byla skoro bez mrazů a ve velkém přezimovala bílá hořčice, kterou ničí mrazy -7°C.

Také svět se oteplil. I když zohledníme kolísavost teplot, je nynější průměrná teplota světa asi 15°C, pře sto lety zhruba 14°C. Obsah CO<sub>2</sub> vzrostl ze školních 0,3% na 0,4% - v době ledové prý bylo jen 0,2% CO<sub>2</sub>. Teplo, CO<sub>2</sub> jdou rostlinám k „duhu“. Zvláště my severní národy to vidíme. Voda ale v řadě míst světa kriticky chybí. Zemědělec tam seje podle vláhy – dokáže při dostatku vody udělat 2-3 úrody za rok. Nejen v zahradnictví, ale i na polích. Nejen v subtropích a tropech, ale i u nás (tab.3).

Tab.3. Dvouúrodový systém v oblasti Sobranec 2014 (východní Slovensko, 122 m n.m. 48°44' sev. šířky), pozemek 38 ha. Béřeš – os. sdělení.

Plodina - odrůda	Datum setí	Datum sklizně	Výnos semen (t/ha)
Řepka ozimá - Artoga <sup>H</sup>	27. 8. 2013	2. 7. 2014	3,8
Sója luštinatá - Annushka	3. 7. 2014	12. 10. 2014	2,9

K suchu z horka pomáhá velká větrnost, jak je v atmosféře více energie. Ale i stálý růst výnosů plodin = transpirační koeficient. „Normální“ Vánoce jsou i v podhůří „na blátě“. Trvalejší mrazy přichází až v lednu a obvykle končí únorem. Ovšem mrazové epizody, při kterých zmrznou rajčata mohou nastat už v září – letos někde již 27.8.2018. V posledních letech louže zamrzají ve velkém rozpětí od 8.11.2016 do 9.12.2014. Pak rozmrznou. Jarní mrazy, které letos nebyly, jsou ale stejně časté jako dříve. Možná i častější. Ty znemožňují pěstování subtropických plodin, jako jsou citrusy, granátová jablka, fíkovníky apod. Pokud ale tyto plodiny dokážu ochránit před jarními mrazy, pak u nás dozrají. Mrazy v dubnu až polovině května rozhodují o úrodách broskví, meruněk, révy vinné: zahrádkáři ve vyšších polohách je proto před nimi chrání. I tak je jižní ovoce a teplomilná zelenina hodně závislá na průběhu jara a vegetační délce podzimu. Nástup agronomického jara zůstává mimořádně kolísavý. Za posledních 24 let na rovinách kolem Prahy se na polích začalo s půdou pracovat od 16.2.1998 do 8.4.2013 – letos 27.3.2018.

Na výběr a zastoupení plodin má ohromný vliv ekonomika. Ta až do vstupu do EU v květnu 2004 omezovala v ČR i SR vývozy komodit. V agru přežili jen zdatní – zhruba pětina lidí proti konci socialismu. Začala růst supermarketová síť, ohromně vzrostly dovozy levné živočišné produkce, zeleniny, ovoce ze zemí s menšími farmami a nutností se i tam uživit. Proto u nás – půda byla levná a skoro se rozdávala, přišly i dotace „na plochu“, - výrazně klesly stavy hospodářských zvířat i počet zemědělců. Z polí mizely pícniny, přišla éra fotovoltaiky a nepoměrně přijatelnějších bioplynek. Odrazilo se to ve struktuře plodin (tab.4). Mnohonásobně narostl travní „ekobyznys“ s dotacemi. Proto – nejen pro výstavbu logistických center – se výrazně snížila plocha osévané a sklizené půdy. V pohraničí se pole zatravnila a slouží pro pastvu skotu. Někomu se to i líbí. Každopádně je to odraz systému, dotací, byznysu, dříve dostupné půdy. Zemědělec to nemůže kritizovat – musí se přizpůsobit.

**Každý zemědělec přirozeně reaguje jak na změny v ekonomice, odbytu, poptávce, tak i na změny v počasí spojené s oteplováním a suchem.** Vliv mají i politická rozhodnutí typu (dříve) levné a dostupné půdy na úvěr od státu, vstup do EU, dotace atd. Roli hraje také velikost podniků, požadavek na volný čas, výchova a dostupnost další generace. Novinkou posledních let v ČR (začalo i v SR) je vznik několika desítek agropodniků s výměrami nad 10 i nad 20 tisíc hektarů. A související požadavky na agronomy, poradenství. Půdu bohužel získávají také investiční skupiny, pro které jde o jistotu zisku. Žijí s vědomím, že zhruba každých 50 let se nějak zásadně mění vztah k půdě jako k majetku (výkup roboty 1850, Masarykova pozemková reforma po roce 1920, socialistická a „sudetská“ reforma po 2. světové válce, privatizace po roce 1989..... Co je posvátné – majetek, půda, život....???

**Ve struktuře plodin se současné změny promítly zcela zásadně, jak ukazují tab. 4-6. Obecně se rozšířil podíl ozimů, hlavně ozimé pšenice a ozimé řepky (tab.5). Kukuřice, v socialismu určená hlavně pro siláže se z důvodu poklesu živočišné výroby – s tím je spojený pokles víceletých pícnin – výrazně snížila své zastoupení. S nástupem bioplynek se ale její výměra začala rychle zvyšovat (tab.6). Na Slovensku bioplynky nemají takové zastoupení jako v ČR. Ale roste rozsah zrnové kukuřice – otepluje se a kukuřice dává proti pšenici o cca 20% vyšší výnosy zrna. V Česku jejímu zrnovému rozšíření zatím stojí v cestě potřeba sušení.**

Slovensko po oteplení a růstu zpracovatelské i spotřebitelské poptávky vedle přirozeně velké výměry slunečnice a kukuřice na zrno zvýšilo i zastoupení ozimého dvouřadého sladovnického ječmene. Mimořádné je SR velkou výměrou pšenice tvrdé – ozimé z 88% a jarní z 12%. Semolinová pšenice už v SR zaujímá 11,8% (sklizeň 2018) z pšenice celkem – v ČR skoro 0%. Česko naopak rozšířilo zastoupení máku, výroby osiva, bioplynek, bohužel i fotovoltaiky a větrníků. Na rozdíl od Slovenska udrželo zčásti domácí šlechtění plodin a má větší živočišnou produkci. Také české ovocnářství je v lepším stavu, obecně ale nedostatečném. Zelinářství upadlo, také na Slovensku, které má v Podunají pro ně skvělé podmínky. Španělsko ale lepší. I za cenu nechutných tvrdoslupkatých odrůd, s nízkým obsahem vody a cukru – aby se zelenina v marketech dlouho nekazila a vydržela ohmatávání.



Tab.4. Zastoupení vybraných plodin (1930 a 1990 sklizňové plochy) na orné půdě ČR a SR. Vypočteno ze statistických úřadů ČR a SR.

Plodina a rok	1930		1990		2018*	
	ČR	SR	ČR	SR	ČR	SR
<i>Obiloviny</i>	58,6	64,1	50,5	55,0	54,4	55,3
pšenice	10,7	20,0	25,2	27,0	33,3	30,0
žito	21,7	11,5	3,8	3,0	1,0	1,0
oves	16,0	10,5	2,4	0,9	1,7	1,0
ječmen jarní	9,8	17,0	10,3	10,8	9,0	6,5
kukuřice - zrno	0,3	5,1	0,9	10,0	3,3	13,2
<i>Olejniny</i>	0,2	0,2	4,0	4,6	19,9	20,9
řepka	0,0	0,0	3,3	2,1	16,7	11,5
hořčice	0,0	0,0	0,3	0,1	0,5	0,3
mák	0,2	0,2	0,3	0,3	1,1	0,3
slunečnice	0,0	0,0	0,2	1,9	0,8	5,1
sója	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	3,4
<i>Luskoviny</i>	1,9	1,8	1,7	0,8	1,4	0,8
Brambory	11,5	10,4	3,4	3,6	0,9	0,6
Cukrovka	4,7	2,5	3,6	3,3	2,6	1,6
Jednoleté píce	1,5	2,1	18,2	18,0	11,2	6,4
Víceleté píce	22,4	10,3	15,4	12,3	7,9	9,9
Sklizňová plocha v % (tis. ha)	100% (3836)	100% (1757)	85% (3271)	88% (1543)	64%* (2472)*	77%* (1348)*

\* osevní plocha

Tab. 5. Podíl ozimých plodin\* ČR a SR ve vybraných letech. Vypočteno ze statistik ČR a SR.

Stát/Rok	1990	2000	2018
ČR	39%	46%	55%
SR	35%	37%	44%

\*ozimé plodiny = ozimá pšenice, ozimý ječmen, žito celkem, triticales, ozimá řepka, odhad ozimé luskoviny, mák

Tab. 6. Podíl kukuřice v ČR a SR ve vybraných letech. Vypočteno ze statistik ČR a SR.

Stát/Rok	1990	2000	2018
ČR kukuřice celkem	13,3%	9,0%	12,4%
ČR kukuřice na zrno	1,4%	1,7%	4,0%*
SR kukuřice celkem	22,0%	18,1%	18,9%
SR kukuřice na zrno	10,0%	11,3%	15,0%*

\*vlastní odhad. Proti statistickým úřadům bude v r.2018 u zrnové kukuřice vyšší (porovnej s tab.4) u silážní nižší a to pro velké sucho a horko.

Obě země zvyšují podíl ozimých plodin, hlavně pšenice a řepky (tab.5). Ty zůstávají na polích 9-11 měsíců. Jařiny – mimo kukuřice, zčásti slunečnice – hlavně jarní ječmen, oves, luskoviny atd. uzrávají již za 5 měsíců. Netěží z dlouhé vegetační doby a nemají k dispozici podzimní, zimní a předjarní měsíce. Během nich ozimy netrpí suchem – jsou nízké teploty – a rostou. Pro nadzemní růst postačí noční teploty kolem +3°C, pro úrody velmi důležité kořeny rostou celý den v půdě vyhřáté na +2°C – tedy skoro celou zimu.

## Změny v pěstitelských technologiích – vybrané výsledky.

**Většina (odhadem 50-60%) pěstitelů ozimé řepky v ČR a nejméně pětina výměry slovenské řepky dává na základě našich výzkumů asi 40-50 kg/ha N na přelomu října a listopadu. Hnojení má v případě teplých zim účinek na výnos semen i nad 10%. Ale i v relativně tvrdých zimách – jsou stále výjimečnější – přidá k úrodě semen cca 3-4%. Práh ekonomické návratnosti je při dnešních sklizních a cenách asi 2% (tab.7). Toto hnojení probíráme dále samostatně.**

Tab. 7. Podzimní hnojení dusíkem 2009/10 - 2015/16 ozimé řepky. Výnos semen (t/ha). Přesné pokusy ČZU-Červený Újezd, úrodná těžká hnědozem, 405 m n.m., nepřerostlá řepka s krčky cca 8 mm, cca 35 rostlin/m<sup>2</sup>.

Hnojení N / Rok	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	průměr
Na podzim 46 kg N/ha	4,36	3,81	3,29	4,84	5,93	6,53	5,75	4,93
0 kg N/ha podzim	4,13	3,51	3,12	4,67	5,41	5,79	5,18	4,54
Rozdíl (t/ha)	0,23	0,30	0,17	0,17	0,52	0,74	0,57	0,39

Naše výsledky se nedají paušálně přenést na ozimou pšenici. U ní totiž chceme tak 500-600 klasů/m<sup>2</sup>, tedy u liniové odrůdy cca 2 klasy na rostlinu. Pokud hnojíme před zimou, nebo husté pšenice velmi brzy na jaře, výnos zrna zpravidla neklesne, ale ani nevzroste, jen dusík a práci jsem dal zbytečně. Je to problém plevelných – nadbytečných odnoží, bez klasu. Spíše je potřebujeme redukovat, určitě neposilovat. Dělal jsem přesné pokusy s hybridním ozimým ječmenem Hyvido – mívá tak 4-5 klasů/rostlinu, tedy zhruba 2x více než liniová odrůda. Ani zde hnojení před zimou nepřineslo pozitivní, ani negativní efekt. Jen stálo práci a peníze. Řepka není obilí. Proto se hnojí na jaře co nejdříve, správně i před zimou (tab. 8). Obilí naopak před zimou nehnojit. Na jaře dát zavčas regenerační dávku jen na řídké porosty, u ostatních porostů hnojit později. .

Tab. 8 Agronomické rozdíly mezi ozimou řepkou a pšenicí. Hodnoceno (sledujeme) období 3-4 týdny po zasetí do cca 5.3. (začátek agrožara).

Znak	Řepka ozimá	Pšenice ozimá
Celková hmotnost na 1 m <sup>2</sup> na jaře (%)	380%	100%
Nárůst hmotnosti kořenů/rostlinu za sledované období	17 krát	5 krát
Nárůst nadzemní části/rostlinu za sledované období	7 krát	9 krát
Suma hmotnosti čerstvých kořenů (g/m <sup>2</sup> )	320 g	140 g
Suma hmotnosti čerstvé nadzemní biomasy (g/m <sup>2</sup> )	1500 g	340 g
Počet odnoží (u řepky větvi)	Co nejvíce	Liniové odrůdy cca 2 klasy/rostlinu slabé odnože=plevel=škodí
Předzimní hnojení dusíkem	Ano	Ne
Hnojení regenerační N v předjaří (od 15.2.)	Ano	Ne (hnojit jen u slabých, řídkých porostů)

Ohromně závisí na kvalitě osiva (tab.9 a,b). Na sucho je nutné reagovat i hustotou porostu = výsevky a ošetřením osiva. V oblastech – nebo letech - s nedostatkem srážek - je potřeba volit vyšší výsevky, aplikovat hydrogel. Stimulant (v našem případě AG 070) je vždy přínosem. Ve skvěle vlhkém období pro řepku po setí 2017 nebyly výsledky dost průkazné (tab.9b) a hydrogel dokonce za vlhka vzcházivost snižoval (i na poloprovozních pokusech), jak také odpovídá tabulce 9a. To je ale úděl agronoma – srpen 2018 pro sklizeň 2019 byl opačně od 2017/18 pro vzcházení řepky dlouho nepříznivý.

Doporučujeme na základě přesných i poloprovozních pokusů zvýšit výsevky ozimé řepky z 50 semen na 70-80 semen/m<sup>2</sup>. Doporučení platí pro suché oblasti (tam kde zpravidla neudělají kvalitní sladovnický ječmen), i při předpokladu suchého roku. V oblastech vlhkých (udělají kvalitní sladovnický ječmen) postačí 50 semen/m<sup>2</sup> (tab.10 a,b). Něco podobného platí i pro obilí. Jasně má vliv odrůda, termín setí apod.

Tab.9a. Laboratorní vzcházivost řepky ozimé se slovenským hydrogelem Pewas v miskách (ČZU Ing. Procházka, červenec 2017). Laboratorní klíčivost byla 93%.

Varianta/Podmínky	Standardní podmínky	Velmi mokro	Velmi sucho	Zaseto hluboko
Osivo kontrolní	50	15	25	12
Osivo hydrogel Pewas	16	3	74	10

Tab.9b. Polní vzcházivost liniové řepky ozimé Orex na přesném pokuse Č.Újezd. se stimulací osiva a hydrogelem (stanoveno 5.9.2017, velmi vlhký podzim a vynikající podmínky pro vzcházení).

Varianta	Počet rostlin/m <sup>2</sup> (výsevek 50 semen/m <sup>2</sup> )	Výnos semen (t/ha) průměr ze 4 opakování
Nemořeno (jen fungicid Vitavax)	44	4,63 t = 100%
Stimulant Ag070 (+fungicid Vitavax)	52*	4,77 t = 103%
Stimulant Ag070 a hydrogel Pewas (+fungicid Vitavax)	26	4,63 t = 100%
Hydrogel Pewas do secího stroje (mořeno jen fungicidem Vitavax)	27	4,78 t = 103%

\*Řepka po řepce jde za 6 let. I tak zůstává v půdě zásoba semen, které vzejdou.

Tab.10 a. Výsevky v různých oblastech ČR a SR – poloprovozní pokusy. Výnosy semen (t/ha).

Rok sklizně	2015	2016	2017	Průměr
Počet lokalit	6	6	8	Celkem 20
Výsevek 50 semen/m <sup>2</sup>	4,16	4,10	3,73	3,97
Výsevek 80 semen/m <sup>2</sup>	4,58	3,96	3,81	4,09
Rozdíl v kg semen/ha	+429	-104	+80	+120

Tab.10 b. Hustoty a výnosy semen ozimé řepky. Odrůdové pokusy v ČR a SR – celkem 30 poloprovozních pokusů a cca 700 údajů.

Oblast	2015/16 (t/ha semene)		2016/17 (t/ha semene)		Průměr (t/ha semene)	
	Husté 45 rostlin/ m <sup>2</sup>	Řídké (22 rostlin/ m <sup>2</sup> )	Husté (40 rostlin/ m <sup>2</sup> )	Řídké (23 rostlin/ m <sup>2</sup> )	Husté (43 rostlin/ m <sup>2</sup> )	Řídké (22 rostlin/ m <sup>2</sup> )
Kvalitní slad*	4,17	4,22	3,88	4,26	4,07	4,23
Nekvalitní oblast*	4,46	4,11	4,05	3,68	4,30	3,94

\*poznámka. Sladařsky kvalitní oblast – z našich lokalit tam řadíme Humberky o.H.Králové, Jedlá o.H.Brod, Kelč o.Vsetín, Liptovský Mikuláš, N.Město na M. o.Žďár n.S., Petrovice o.Benešov, Rostěnice o.Vyškov, Prašice o.Topolčany, Slatiny o.Jičín, V.Hošnice o.Opava

Za sladařsky nevhodné oblasti považujeme z pokusných míst: Bechlín o.Mělník, Hul o.N.Zámky, Hrotovice o.Třebíč, Chrástany o.Rakovník, Koloveč o.Domažlice, Tršice o.Olomouc, Úpor o.Třebišov, Žichlice o.Plzeň.

K hodnocení osiva nestačí stanovení klíčivosti za ideálních laboratorních podmínek. Kvalitu osiva máme ověřovat stresovými (zátěžovými) testy. Ty mají simulovat neideální = polní podmínky. Stimulace vzcházení (ne ale za cenu přestimulování, chorob apod.), pomáhá příjmu vody (lze dát hydrogely – ale jen za sucha), nebo chránit kořenový systém před chorobami je dobré. Chce to agronomický, komplexní, výzkum. Nemůže se rozvíjet jen šlechtění. Se suchem se dá spíše než odrůdami – aniž bychom je podceňovali - bojovat výběrem vhodných druhů, zpracováním půdy, setím, osivem stimulatory, hydrogely apod. Ale i konference, odborná setkání a hlavně práce. Třeba i typu „nadfiremní organizace Agrofert“ ve vazbě praxe/výzkum. Vysoká agronomická úroveň českých i slovenských pěstitelů také v letošním velmi suchém roce přinesla na rozdíl od např. SRN, Polska, ale i Francie relativně k nim velmi dobré výsledky (tab.11).

Tab.11. Produkce, výnosy (2017) a odhady u vybraných plodin ČR, SR, SRN v r.2018 (stat. úřad ČR k 15.8., SR k 15.8., SRN červenec/srpen, zveřejněno 24.8.2018).

Rok	Plodina	Výnos (t/ha)			Produkce (tis.tun)		
		ČR	SR	SRN	ČR	SR	SRN
2017	Hustě seté obilí	5,43	4,57	7,27	6859	2415	45557
2018 (odhad)		5,30	4,52	6,02	6621	2557	34520
2017	Pšenice celkem	5,67	4,74	7,64	4718	1771	24482
2018 (odhad)		5,51	4,82	6,64	4309	1948	20142
2017	Ječmen celkem	5,23	4,53	6,93	1712	545	10853
2018 (odhad)		5,04	4,03	5,78	1653	501	9625
2017	Řepka celkem	2,91	2,99	3,27	1146	449	4276
2018 (odhad)		3,42	3,08	2,99	1407	476	3649

**Cestou jak zvýšit výnosy řepky jsou hnojiva Lovo CaN (7% N) a Lovo CaN T (13% N) s aplikací v době plného květu** (tab.12).. Vedle dusíku je ceněný vápník (13% CaO). Vápník ovlivňuje aktivitu enzymů, zpevňuje buněčnou stěnu, stabilizuje pletiva a má detoxikační účinky. Nejlépe vychází Lovo CaN T do květu v dávce 200 l/ha (106 %).

Tab. 12: Výnosové výsledky (t/ha) řepky ozimé po aplikaci hnojiv řady LovoCaN.

Regenerace	Produkce	Kvetení	Výnos (2014/15-2016/17)
LAD (200 kg/ha)	Ensin (450 kg/ha)	-	100 % (5,26 t/ha)
LAD (200 kg/ha)	Ensin (450 kg/ha)	LovoCaN (400 l/ha)	101 % (98-106%)
LAD (200 kg/ha)	Ensin (450 kg/ha)	LovoCaN T (200 l/ha)	106 % (101-109%)

Pozn. Výzkumná stanice Červený Újezd (o. Praha západ) – přesné maloparcelkové pokusy.

Do praxe je přeneseno více poznatků (tab.13). **Poměrně široce se uplatňuje princip páskové přípravy půdy a současného výsevu (Strip till). Jde o využití principu rosného bodu – chladná půdy se dostává na povrch a na ní se srazí rosa. Takže jednou je hrudka budka (u obilí od konce září, kde vyklíčení závisí na kapilární vodě). Jindy je hrudka hrobka – řepka se vysévá v srpnu, jen velmi mělce 1-2 cm, hrudky v noci vystydnou a vysají rosnou vodu.**

Zásadně platí, že cesta navyšování vstupů („německá cesta“), bez agronomické vazby není správná (tab. 13) – porovnat Farmet intenzita a Farmet velké úspory. To platí pro důvěru v růst výnosů semen podle výše vstupů. Základem úspěchu je správné termínování vstupů, jejich výše, agronomie. To platí i pro hnojení „pod patu“, tedy do růstové zóny mladé rostlinky. Optimálně vyhnojené místo vede ke vzniku „balíčkového efektu“ kdy kořínky dlouho nechtějí opustit vyhnojené místo.

Tab. 13. Tříleté výsledky z přesných pokusů u řepky ozimé Marcopolos (KWS). Č.Újezd 2014/15 až 2016/17.

Varianta	Příprava půdy	Secí stroj	Výsevek (semen/m <sup>2</sup> ) N pod patu (kg/ha)	Hnojení N před zimou (kg N/ha)	Podzimní regulace	Jarní aplikace (hnojení, škůdci stejně)	Výnos semen v t/ha a v %
Kontrola (tradiční technologie)	Orba	Oyord	50/0	0	Tilmor	Fung.Bumper s.	5,06 t 100 %
Farmet strip till na orbě	Orba	Falcon 6	80/5	46	Tilmor, Horizon	3x listová výživa, stimulator, fung. Amistar X.	5,53 t/ha 109 %
Farmet intenzita	Podmítka	Falcon 6	80/5	46	Tilmor, Horizon	3x listová výživa, stimulator, fung. Amistar X.	5,45 t/ha 108 %
Farmet malé úspory	Podmítka	Falcon 6	80/0	46	Tilmor, Horizon	Fung.Amistar Xtra	5,37 t/ha 106 %
Farmet velké úspory	Podmítka	Falcon 6	50/0	46	Tilmor	Fung.Bumper s.	5,23 t/ha 103 %

V tab. 14- 16 uvádíme některé výsledky z pokusů od společnosti Agrofert. S touto společností, i s některými jinými firmami, spolupracujeme snad více než 20 let. Výsledky jsou jak z přesných, maloparcelkových, tak i z poloprodučních pokusů na území ČR a SR. Řešíme pšenici ozimou, ječmen jarní, v posledních letech i kukuřici. Na našich celkem nahodile vybraných výsledcích z posledních let je nejzajímavější to, že společnost

AGROFERT se vždy umísťuje na předních místech v soutěži firem. Nebo že postupy podle Agrofert mají benefit proti kontrole – tj. v praxi obvyklém postupu, hnojivu.

Tab. 14. Výsledky z poloprovozních pokusů (Bechlín, Koloveč, Tršice, Žichlice) s listovými hnojivy u pšenice ozimé v roce 2017.

Varianta	2. kolénko	Před metáním	Poč. kvetení	Pořadí dle skutečného výnosu zrna
Agrofert	Moddus 0,4 l/ha Lovohumine NP+Zn 5 l/ha	Cuprosol 12 l/ha a fungicid	Fungicid	1
Chemap	Moddus 0,2 l/ha Sunagreen 0,5 l/ha	Aktifol Mag 1 l/ha a fungicid	Aktifol Sulf 2 l/ha a fungicid	3
Klofáč	Moddus 0,4 l/ha konec odn. + Sulfika SNP Zn Pak Fumag 6 NK Cu 2,5 l/ha	Sulfika SNP Zn 2,5 l/ha a fungicid	Fumag 6 NK – Cu 2,5 l/ha a fungicid	4
Fertistav a Biaktiv	Konec odn. CCC 1 l/ha + Plant aktiv 1 kg/ha	Fungicid	Aminocat 0,5 l/ha a fungicid	2
Agra group	Forte alfa+ N Fenol max 4+0,2 l/ha, Moddus 0,4 l/ha	Fungicid	Fungicid Nanofyt Si 0,3 l/ha	6
Kontrola	Technologie podniku			5

Tab. 15 Metodika a výsledky poloprovozního pokusu 2017 u ječmene jarního. Lokality Jedlá, Slatiny, Velký Týnec

Varianta /aplikace	Polovina odnožování	Konec odnožování	Praporcový list	Výnos zrna t/ha (pořadí)
AGROFERT	Herbicid Lovohumine NP+Zn 5,0 l/ha	Fungicid Mikrokomplex 3l/ha	Fungicid Lovohumine K 5,0 l/ha	7,83 (2)
FERTISTAV BIOAKTIV	Herbicid PlantAktiv 1,0 kg/ha CCC 0,6 l/ha	Fungicid Florone 0,4 l/ha CCC 0,5 l/ha	Fungicid Aminocat 0,5 l/ha	8,01 (1)
CHEMAP	Herbicid	Fungicid Aktifol Sulf 2,0 l/ha Sunagreen 0,5 l/ha	Fungicid Aktifol Mag 1,0 l/ha	7,72 (3)
DITANA	Herbicid Rooter 1,0 l/ha + CCC 0,6 l/ha	Fungicid Quick NPK Humin 3 l/ha Moddus 0,3 l/ha	Fungicid	7,71 (4)
AGRA GROUP	Herbicid Forte-gama+NF-Max 4 l/ha + 0,2 l/ha	Fungicid	Fungicid RetafosSprim 5 l/ha	7,59 (5)
Podniková technologie	Herbicid + podniková aplikace	Fungicid + podnik. aplikace	Fungicid + podniková aplikace	7,31 (6)

Regulace polehnutí BBCH 37-39 Cerone 0,5-0,7 l/ha dle počasí. Varianty Fertistav a Ditana = vlastní regulace poléhání bez Cerone



Tab. 16 Kukuřice silážní – přesné pokusy Č.Újezd. Suchá hmota v t/ha.

Varianta/rok	2016	2017	Průměr%
160 kg N v Mo před setím	15,31	16,43	100%
před setím LOVOGRAN IN 130 kg N pod patu CORN STARTER 200 kg/ha	18,01	16,58	111
před setím SA 100 kg N pod patu Lovostart GSH NP 6-28+7S 200 kg/ha, 6 týdnů po setí DAM 60 kg N	15,45	17,95	105*

\* podobná var. s Piadinem do DAM a Lovohumine NP+Zn dala 109%

## ZKUŠENOSTI S PŘEDZIMNÍM HNOJENÍM OZIMÉ ŘEPKY.

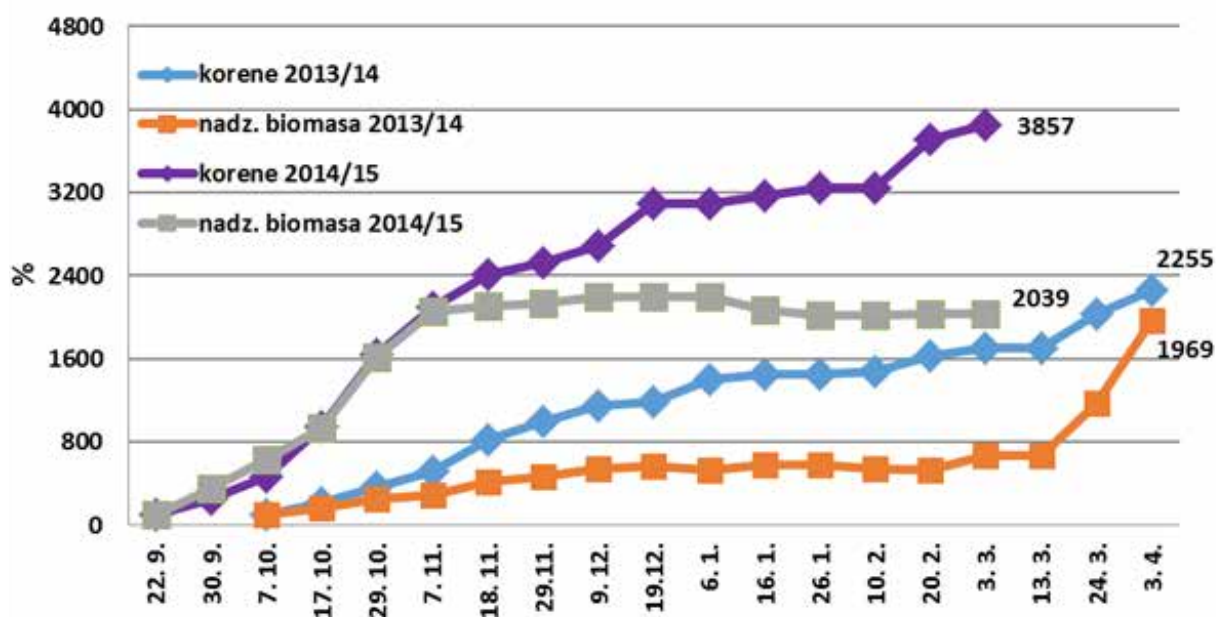
Jedná se o výtažky z publikací v rámci připravované doktorské disertační práce Ing. Juraje Béréše. Proto jsou některé grafy a texty slovensky. Dále byly použity výsledky pro ozimou pšenici z doktorské disertační práce Ing. Simony Ličkové.

### Obecně se u předzimního hnojení ozimé řepky opíráme o tato teoretická východiska:

- řepka v nadzemní biomase roste hlavně v noci a to při teplotách nad +3°C
- kořeny řepky rostou v půdě a to při teplotách +2°C – nerozlišují den a noc
- mezi nočními teplotami vzduchu a teplotami v půdě jsou velké rozdíly. V řadě zim teplota půdy i v malé hloubce cca 10 cm bývá pod minimální teplotou růstu jen několik dnů
- kořeny během zimy tedy rostou daleko intenzivněji než nadzemní biomasa. Ta může svoji hmotnost dokonce snižovat = omrzají listy a návazně uhnívají.

Vybrané výsledky u ozimé řepky uvádí graf č.1. V grafu č.2 jsou uvedeny výsledky u ozimé pšenice. Z porovnání grafů je jasně vidět, že ozimá řepka během zimy přirůstá hlavně v hmotě kořenů, zatímco ozimá pšenice u nadzemní biomasy (viz i tab.8)

Graf 1. Dynamika růstu ozimé řepky v teplých zimách (čerstvá hmota – 2013/14 a 2014/15 v %) Dle J.Béréše

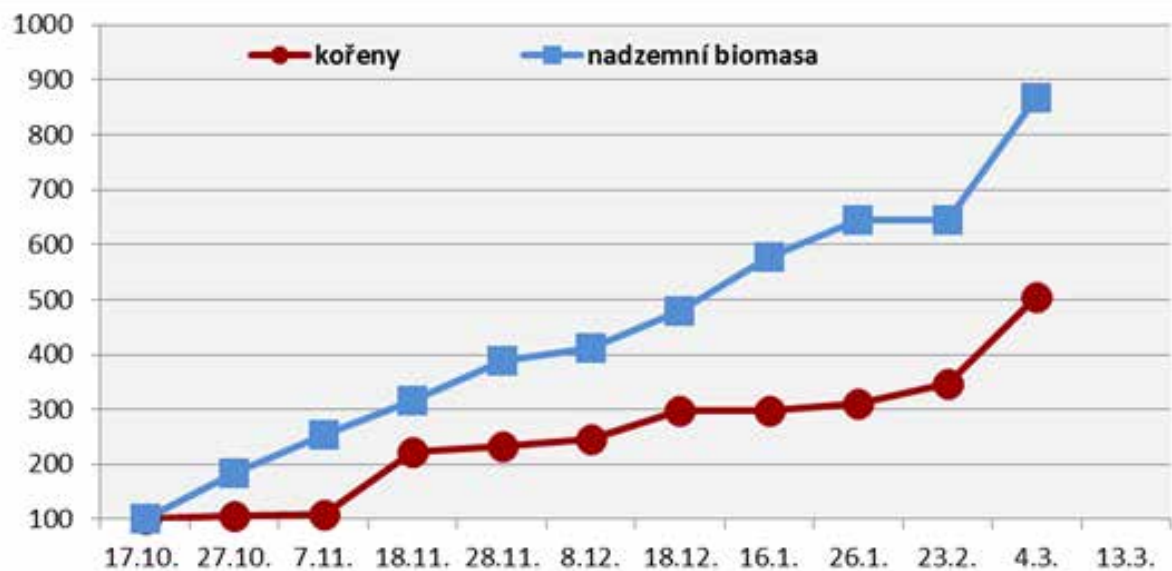


**2013/14:** První odběr 100%: kořeny – 2,8 g/10 rostlin; nadzemní biomasa – 25,8 g/10 rostlin  
promrznutí půdy do asi 10 cm trvalo 14 dní

**2014/15:** První odběr 100%: kořeny – 5,4 g/10 rostlin; nadzemní biomasa – 59,6g/10 rostlin  
promrznutí půdy do asi 10 cm trvalo 18 dní

Lokalita Červený Újezd (za letištěm Praha Ruzyně) 405 m. n. m.

Graf 2. Dynamika růstu pšenice ozimé v teplé zimě (čerstvá hmota 2014/15 v %). Dle S.Ličkové



**2014/15:** První odběr 100%: kořeny – 1,873 g/25 rostlin; nadzemní biomasa – 2,699 g/25 rostlin  
promrznutí půdy do asi 10 cm trvalo 18 dní

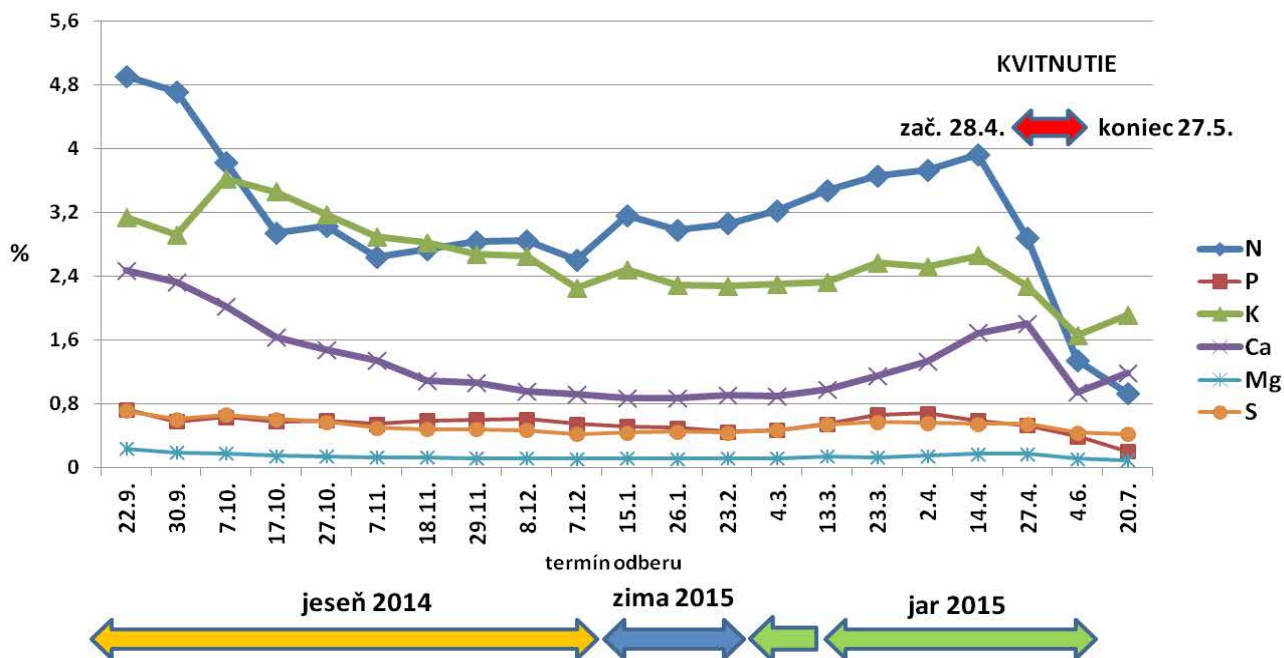
Lokalita Červený Újezd (za letištěm Praha Ruzyně) 405 m. n. m.

Už radu rokov odporúčame jesenné prihnojenie. **Pokiaľ prihnojíme repku na konci októbra – hnojíme skutočne na zimu?** Je potrebné pripomenúť, že pokiaľ aplikujeme hnojivo v tomto termíne: repka má k dispozícii celý mesiac november poprípade december (teplá zima) na príjem živín z aplikovanej dávky. Aj pri príchode skorej decembrovej zimy postačuje jeden mesiac. Posunieme sa ale k príjmu dusíka počas vegetácie. **Dusík zohráva vo výžive najdôležitejšiu úlohu.** Ako je uvedené v grafe 3, dusík v nadzemnej biomase dosiahne na jeseň svoje maximum. Následne sa jeho obsah znižuje (na úkor koreňovej sústavy) a neskôr stagnuje až do obnovy vegetácie. Repka do konca jesenného obdobia využije nadz. biomasou približne 40 – 60 kg N/ha. Ďalším dôležitým faktom je, že repka pri nižších teplotách prijíma dusík hlavne v nitrátovej forme. Naproti tomu pšenica v amónnej forme.

**U draslíka je to podobné ako u dusíka, ale ten má svoje jesenné maximum posunuté do neskoršej fázy. Draslík má veľmi dôležitú úlohu v prezimovaní repky. Existuje priamy vplyv obsahu draslíka v terminálnom vrchole repky - čím vyšší obsah, tým lepšie prezimovanie.** Spomenuté kvôli priamemu využitiu listových hnojív s obsahom K pred zimou (hlavne u odrôd s horším prezimovaním).

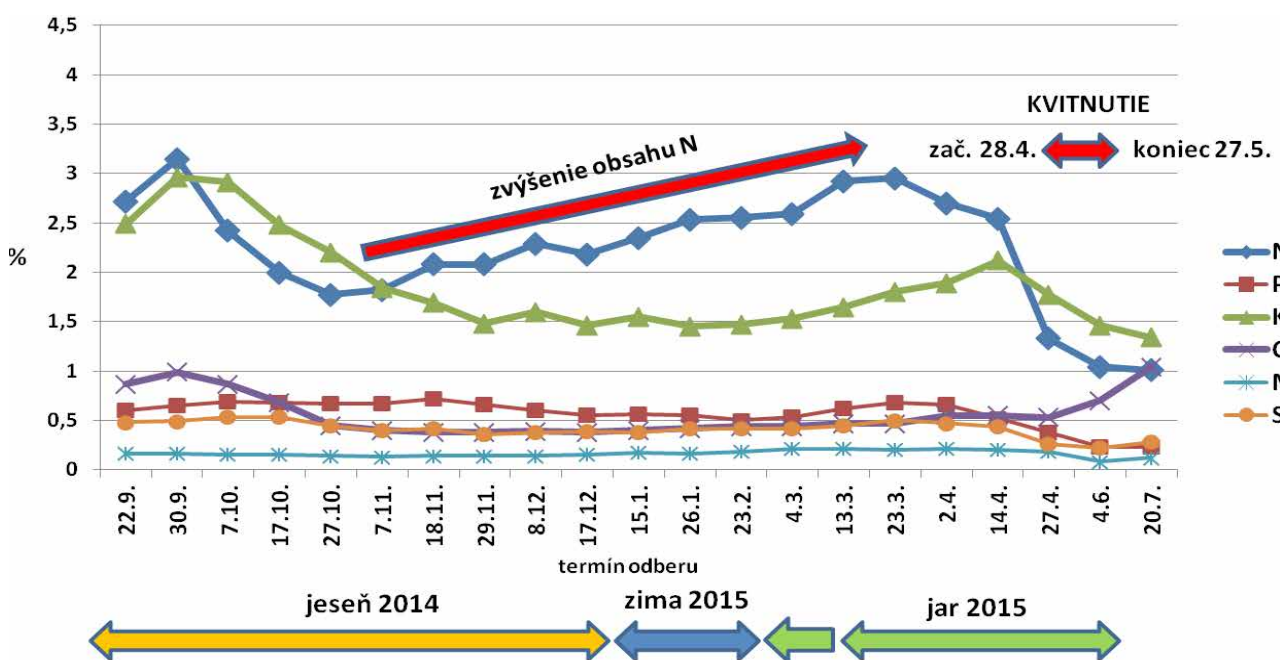
Pokus dynamika rastu - bez hnojenia na jeseň, na jar 180 kg N v LAD

Graf 3: Rozbor nadzemnej biomasy – obsah živín v % (Pokusný rok 2014/15 – teplá a krátka zima)



Príjem živín je závislý na plynulom zásobovaní asimilátmi z nadzemnej biomasy. Rast koreňov je tak závislý ako na príjme živín, tak aj na asimilácii. Toto tvrdenie zo staršej literatúry je čiastočne protichodné našim výsledkom. Tvrdíme, že korene počas zimy významne rastú, ale predsa v zime dochádza k asimilácii u repky len veľmi obmedzene. To znamená, že rast koreňov síce je závislý na asimilácii – v skutočnosti počas zimy len minimálne. Podľa všetkého korene čerpajú potrebné cukry (resp. asimiláty) z uloženej jesennej zásoby. **Podstatnú úlohu počas zimy majú aj tzv. „teplé dni“ repke stačia 2 až 4 dni po rozmrznutí aby dokázala opäť prijať živiny zo zásoby.** Tieto teplé dni by sa mali počas zimy opakovať aspoň dva až trikrát.

Graf 4: Rozbor koreňov – obsah živín v % (Pokusný rok 2014/15 – teplá a krátka zima)



Dusík v koreňoch dosiahne taktiež na jeseň svoje maximum a následne spadne. To však trvá len do začiatku novembra, dusík sa začne v koreňoch postupne kumulovať (graf 4). Repka vloží do koreňov počas jesene a zimy približne 10 – 30 kg N/ha. Celkovo repka odčerpá do nástupu jari 50 – 90 kg N/ha. V posledných teplých zimách nie sú výnimkou ani hodnoty blížiac sa 100 kg N/ha. Fosfor je uvoľňovaný z ťažko dostupných fosfátov pomocou výlučkou, ktoré produkuje koreňový systém repky. Korene rastú priamo k zdrojom fosforu v pôde. Repka má s dĺžkou koreňových vláskov 1,3 mm väčšiu schopnosť príjmu fosforu na centimeter koreňov ako napr. kukurica s dĺžkou len 0,7 mm. Korene, ktoré postupne rastú do nových oblastí prekorenenia majú značný vplyv na rizosféru a následne dostupnosť fosforu a ďalších živín. V zime je ale príjem fosforu obmedzený, takže to čo si repka načerpá pred zimou je len v jej vlastný prospech. **Dostatočne vitálne a silné rastliny pred zimou sú základným predpokladom vysokého výnosu a ochranou voči prípadnému suchu na jar.**

V tab. 17 jsou uvedeny výsledky výnosů semen ze stupňovaných dávek dusíku aplikovaného před nástupem zimy (konec října až začátek listopadu). Z výsledků je jasná velmi pozitivní reakce řepky na předzimní dávku N a to i při (neekonomické) výši 120 kg N/ha.

Tab.17. Vliv předzimní dávky dusíku na výnos semen ozimé řepky (%). Přesné pokusy Č.Újezd

Dávka (kg N/ha)/Rok	2014	2015	2016	Průměr
0	100	100	100	100
40	110	113	109	111
80	110	108	105	108
120	117	116	117	117
100% = t/ha	5,41	5,79	5,18	5,46

Výsledky výnosů semen v % v tab. 18 ukazují, že mimo ledkovou formu (LAV) se dají použít skoro všechna běžná N hnojiva z produkce AGROFERT. **Zajímavý je výsledek u pevného hnojiva NPK.** Příznivou odezvu výnosů semen na toto obecně půdní hnojivo přičítáme pozitivnímu působení nejen dusíku, ale i draslíku, na který je řepka velmi náročná. Velmi dobře vychází hnojivo Urea s inhibítorem ureázy. Jeho volba pochopitelně záleží i na ekonomické kalkulaci, zvláště pak v konkurenci s formou ALZON® neo-N (ten jsme zde nezkoušeli), který obsahuje inhibitor nitrátreduktázy i ureázy.

Tab.18. Vliv zvoleného hnojiva\* u předzimní dávky dusíku na výnos semen ozimé řepky (%)\*. Přesné pokusy Č.Újezd.

Forma hnojiva při dávce 40 kg N/ha/Rok	2014	2015	2016	Průměr
Kontrola	100	100	100	100
LAV	100	102	107	103
Ensin	110	105	106	107
DAM	103	107	112	107
Močovina	107	111	102	107
NPK	-	108	115	-

\*Kladné výsledky byly získány i u hnojiv Urea Stabil, Sulfammo, SAM.

## Pěstitelské strategie a hledání cest pro vzestup agry.

Oteplování, sucho, měkké zimy včetně změn ekonomických podmínek se řadu let promítají v rostlinné výrobě. Na to reagujeme vyšším zastoupením ozimů (tab.5) a růstem podílu kukuřice (tab.6). Podle současných názorů z našeho výzkumu je potřeba:

- **Zlepšit kvalitu osiva** a také systém kontroly této kvality (viz i tab.9a,9b)
- Rozšířit v suchých oblastech ošetření osiva „poutači vody“ hydrogely (tab.9b nejen u řepky ozimé)
- **U porostů s problémovým vzcházením (ozimá řepka za sucha, jarní mák) uplatnit strip till secí stroje.** Tedy výsev současně s páskovou či celoplošnou přípravou půdy (tab.13). Tzv. hnojení „pod patu“ s více než cca 10 kg N/ha je problematické, protože kořeny dlouho zůstávají v luxusně vyživené půdě („balíčkový efekt“)
- **V suchých oblastech a v letech s předpokladem sucha zvýšit výsevky.** Příkladem jsou pokusy u ozimé řepky (tab.10a, 10 b)
- **U ozimé řepky uplatnit předzimní hnojení** (tab.17 - 18, grafy 1,3,4) poznatky ale nepaušalizovat, protože co je dobrého u řepky (větvení je přínosem), u ozimých obilovin (neproduktivní odnože jsou záporem) nevychází (tab.8, graf 2).
- **Nepodceňovat listovou výživu** (tab. 14 -15), která dobře vychází u ozimé pšenice, jarního ječmene i u ozimé řepky. U ozimé pšenice vychází i listové hnojivo Cuporosol, když dokáže zčásti nahradit fungicid.
- **Podobně velmi dobře vychází hnojení ozimé řepky po odkvětu** (tab. 12), stejně jako jsou průkazné rozdíly v systémech hnojení kukuřice (tab. 16).
- **Za přínos považujeme rozšíření hnojiv se stabilizátorem inhibitorů nitrifikace či ureázy, nebo s oběma stabilizátory** (Alzon Neo). **Včetně možnosti výrazně omezit ztráty dusíku z organických hnojiv** (kejda, hnůj) aplikací Piadinu, ale i z močoviny přidavkem StabilUrenu.
- Řízení výživy rostlin pomocí rozšířeného a kvalitativně nového sortimentu hnojiv představuje v posledních cca 10-15 letech kvalitativně nový přístup k výživě. Zvláště jde o použití stabilizovaných (s inhibitorem ztrát dusíku do ovzduší = inhibitor ureázy, tak i do vody a půdy = inhibitor nitráreduktázy).
- Podobně se dívám na možnosti, které při ochraně rostlin přináší biopreparáty (Polyversum, Prometheus...), ale i listová fungicidní hnojiva (Cuprosol) a agrotechnické postupy.
- **Novou strategií je orientace na ochranu kořenového systému.** Speciálně u ozimé řepky mohou mít kořeny zásadní vliv u výnosů semen (tab. 19). Jde o nový výzkum (zatím roky 2016/17 a 2017/18). Zatím neuvádíme výsledky – předběžně fungicid Topsin s aplikací na podzim či na jaře spolu s ošetřením na stonkové krytonosce. V praxi u řepky ověřujeme i Rooter. Každopádně má mít strniště po sklizni dřev ve stonku a nesmí se rozpadat – trouchnivět. Musí držet v půdě – samotná zelenkáva brava je toho sice signálem, ale může jít i o falešnou hlášku. Záleží na kořeni a krčku. Biologicky činné půdy hnojené organicky s více lety odstepu mezi pěstováním řepky dávají asi o čtvrtinu vyšší výnosy semen proti „standardní“ produkci.

Tab.19 Vliv poškození krčku a kořenů ozimé řepky na výnos semen. (odběry 10 dnů před sklizní z ochranného okraje přesných pokusů, nehnojeno N a bez fungicidu). Č.Újezd 2018

Druh poškození	% výskytu	Výnos semen na 1 rostlinu (g)	Výnos semen (t/ha) při 40 rostlinách/m <sup>2</sup> (%)
Bez poškození	19%	9,15g	3,66 t (100%)
V krčku skvrna	28%	7,36g	2,94 t (80%)
V krčku skvrna + rzivý kanálek v kořeni	53%	6,61g	2,64 t (72%)



## Vize zemědělství ČR a SR.

**Vizi může modifikovat řada vlivů. Od cen energií, pohybů populací, přes ekonomické, politické a netržní vlivy, až po další změny počasí. Vycházíme z toho, že zůstane lidský rod, bude žít z potravin, nebudou globální katastrofy typu světových válek, stamilionových migrací, pandemií atd. Pomíjíme menší vlivy, jako třeba záměrné ovlivnění dešťů, nové zdroje energií, politické revoluce...Počítáme s dalším oteplováním, s rozvojem světového obchodu (i přes obchodní války a tím využívání nejlepších oblastí pro tu kterou plodinu, s možností záměny jedné potraviny za druhou, s nezhrouteným systémem států, ekonomiky, peněz. Ale počítáme i s růstem pohodlnosti a „neumětelsví“ v tzv. vyspělém světě...a nejen tam.**

V agro oblasti očekávám:

- Růst významu zemí s přijatelným klimatem – hlavně vody a nízkou hustotou obyvatelstva (Argentina, Brazílie, Kanada, Rusko, USA, obecně spíše na severní polokouli - u palmy olejné a cukrové třtiny i v tropickém pásmu – tam je ale velká hustota obyvatelstva)
- Růst ekonomik a spotřeby potravin, včetně těch více zhodnocených v tzv. třetím světě“ hlavně v Číně.
- Růst významu tropického pásu a obecně nejlepších zón vhodnosti pro tu kterou pěstovanou plodinu.
- Růst produkce palmy olejné – už nejméně 10 let hlavní olejninu světa – a sóji luštěnaté – hlavního zdroje bílkovin světa a druhého hlavního tuku světa. Výrazně vzroste také produkce cukrové třtiny a kukuřice.
- S tímto růstem a s nemožností konkurovat, bude tak do roku 2025 spojený zánik cukrovky v EU i Evropě. Nezaniknou ale přímořské a velké cukrovary. Přibližně – pokles ploch je v EU už nyní – po roce 2035 se v dnešním EU přestane pěstovat řepka. Olej z palmy olejné a sóji se bude dovážet, u sóji i získávat v olejárnách. Z olejnin bude EU dál pěstovat - a asi ji rozšíří - slunečnici a olivovníky.
- Evropa, podobně ČR i SR rozšíří zastoupení ozimých plodin a také relativně suchovzdornou kukuřici. Kukuřičná mouka plošně pronikne i do jídelníčku ČR,SR. Pravděpodobně se rozšíří domácí produkce zeleniny a ovoce mírného pásu. Ale i přes oteplování se nebudou ve významnějším pěstovat subtropické plodiny typu citrusů, fíků. Teplomilné plodiny našeho pásma jako fazole, cizrna, rajčata, papriky, dýně, melouny, batáty, vinná réva atd. zvýší plochu i produkci.
- Změní se zemědělské technologie a více se přizpůsobí konkrétním podmínkám. Jde například o růst nároků na kvalitu osiva včetně stimulace, šetření vláhy např. strip till technologiemi, hydrogely, zlepšení výživy rostlin hnojivy s řízeným uvolňováním živin, s listovou výživou, s hnojením „pod patu“ při nízkém obsahu N v hnojivu atd.
- Dojde k omezení zemědělských dotací (ale ne řádově), omezí se využití plodin na výrobu energie. Ceny agrárních komodit i spotřebitelské přes politický odpor narostou. Zčásti na úkor nákladů na bydlení. Budou zachovány – a ještě se posílí – zásahy společnosti, nově i do výroby.
- EU, stejně jako ČR a SR má teoretický prostor pro produkci a vývoz potravin. Nestačí ale rozsah půdy. Také cesta intenzifikace je dost vyčerpaná. Pravděpodobně se rozšíří dvouúrodový systém.
- Díky relativnímu dostatku vody (a pícnin) se hlavním produktem EU, ČR, SR stane kravské mléko (tab20). Po usušení se bude vyvážet do třetího světa, hlavně do Číny. Tento nosný program vyžaduje tak 10-20 let: vybudování ustájovacích kapacit, zástav dobytka, postavení a provoz sušáren mléka, vybudování obchodních vazeb. Otázkou je sýrašství – v Číně se sýry ani máslo prakticky nekonzumují. USA na rozdíl od EU spotřebovává odtučněné sušené mléko. Obecně jsou stravovací zvyklosti velmi různé (odchylky asiatické/“bělošské“ země/Indie)
- Díky mlékařství se na pole ČR,SR vrátí jetel, vojtěška, bude se pečovat o louky a obnovu pastvin. Nutně naroste i výměra silážní kukuřice.
- Vzniknou nová rizika spojená s majetkem půdy a relativní nezávislostí zemědělců na společnosti.



- Na úkor supermarketů se díky počítačovému systému rozšíří dodávky objednaných potravin od vybraných producentů. Vzniknou úložny, možná i domácí. Do kuchyní proniknou nové technologie přípravy jídla včetně dalšího rozšíření těstovin, kukuřičné mouky apod. Vedle toho ale naroste význam různých „fast foodů“ (singl domácnosti + „neumětelství“).
- Slovensko na rozdíl od Česka ještě výrazněji zvýší rozsah kukuřice na zrno, slunečnice a dále poroste zastoupení pšenice tvrdé z osevu pšenice celkem. Pšenice tvrdá se rozšíří i na jih Moravy. Česko bude mít proti Slovensku větší relativní zastoupení potravinářského máku, hořčice, kmínu, množení a šlechtění osiva.
- S růstem požadavku na kvalitu se obnoví zelinářství, ovocnářství. Ale i semenářství, vinařství a vinohradnictví. Omezí se vzdálené zahraniční dovozy.
- Agro bude nutně prosperovat. Mimo jiné i z nenahraditelného majetku a z nenahraditelné výroby. Podobně ale budou úspěšné všechny odborné a „lidsky“ potřebné činnosti.

Tab. 20. Produkce mléka v kilogramech na osobu za rok. Vypočteno z USDA VII/2018, využito FAO, Wikipedia, vlastní výpočty

Země(rok)	2014	Červenec 2018	Poznámka
Svět	65	66	Jako tekuté je spotřeba asi 36% z produkce
EU	288	304	Jako tekuté je spotřeba asi 23% z produkce. Jako plnotučné sušené se spotřebuje 7,6 kg/osobu/rok
USA	292	302	Jako tekuté je spotřeba asi 27% z produkce
Rusko	214	215	Jako tekuté je spotřeba asi 27% z produkce
Čína	27	27	Jako tekuté je spotřeba asi 40% z produkce. Jako plnotučné sušené se spotřebuje 13,3 kg/osobu/rok
Indie	48	56	Jako tekuté je spotřeba asi 88% z produkce
N.Zéland	3982	3890	Jako tekuté je spotřeba asi 2% z produkce

# Používání hnojiv s inhibitory nitrifikace – výsledky a doporučení

DOC. ING. PAVEL RYANT, PH.D., ING. JIŘÍ ANTOŠOVSKÝ  
ÚSTAV AGROCHEMIE, PŮDOZNALSTVÍ, MIKROBIOLOGIE A VÝŽIVY ROSTLIN



Agronomická  
fakulta

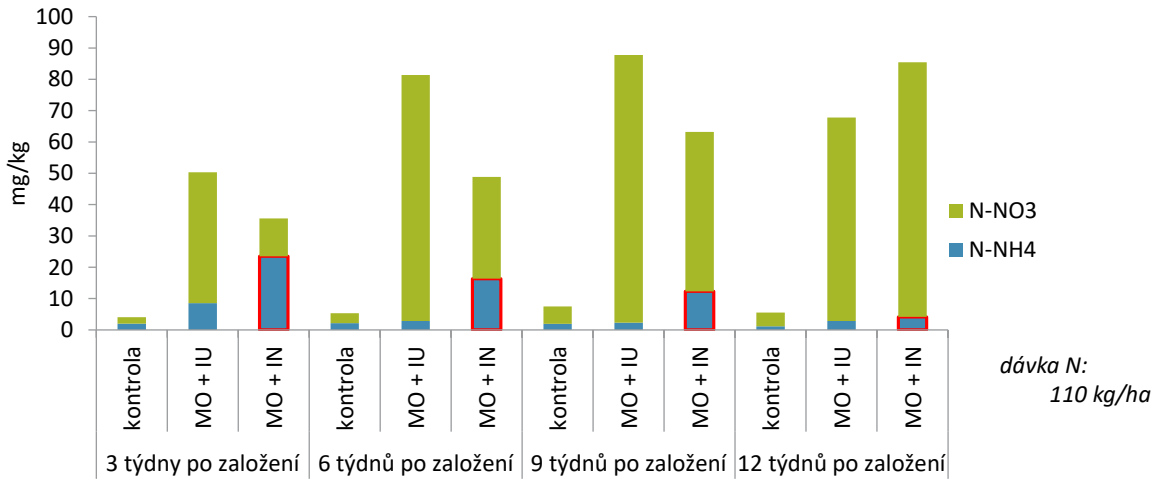
Mendelova  
univerzita  
v Brně

## Osnova

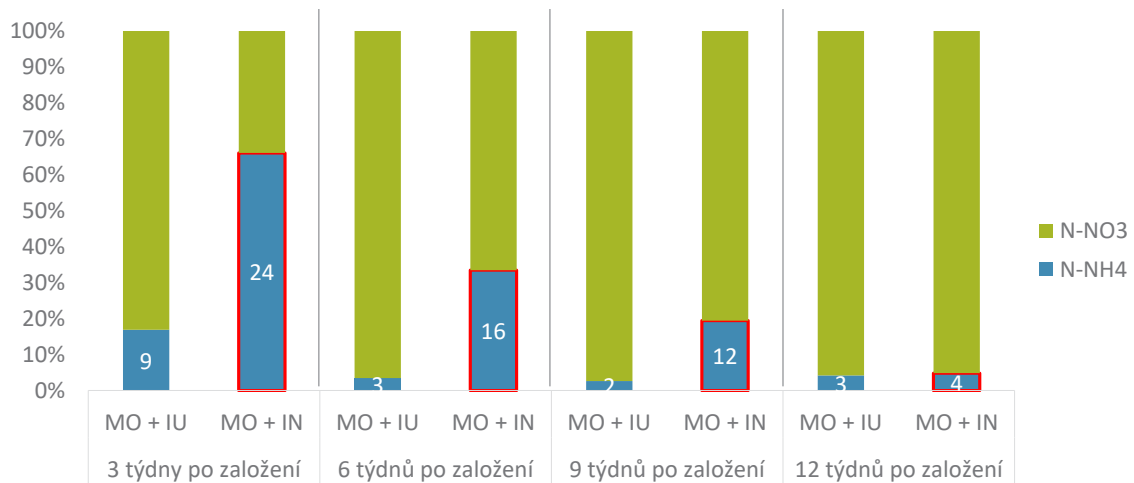
- Pokusy v řízených podmínkách
  - pokus v klimaboxu
  - laboratorní pokus
- Pokusy v polních podmínkách
  - řepka ozimá
  - pšenice ozimá
  - kukuřice setá



## Pokus v klimaboxu - 2007



## Pokus v klimaboxu - 2007



## Laboratorní pokus - 2008

Richter 2008

Schéma pokusu:

1. Kontrola
2. Mo
3. Mo + IU
4. Mo + IN ALZON 46
5. Mo + IU + IN dnes ALZON Neo

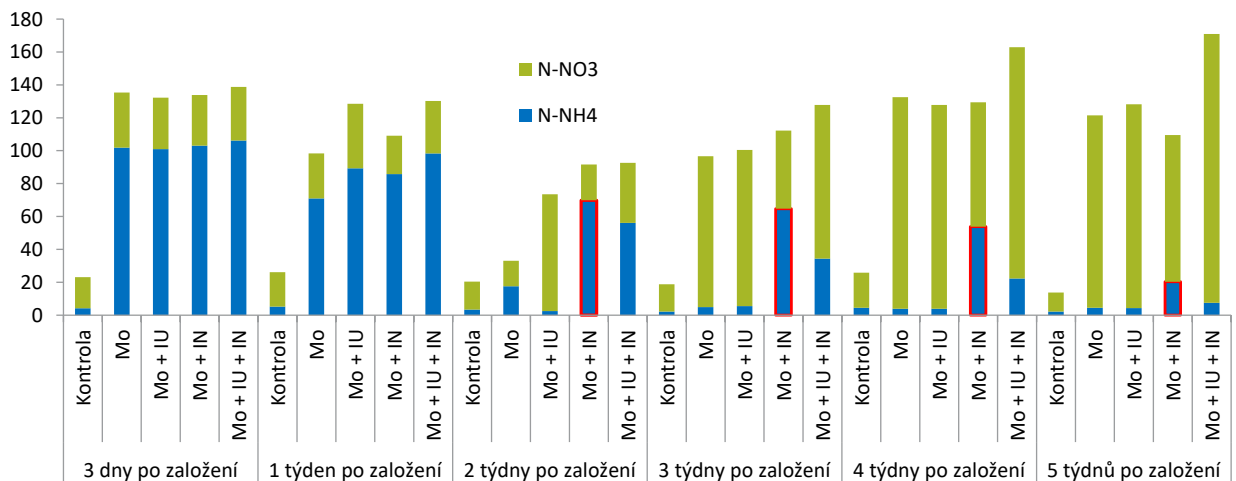
- dávka N: 200 mg/kg

- bez vegetace

- pokojová teplota

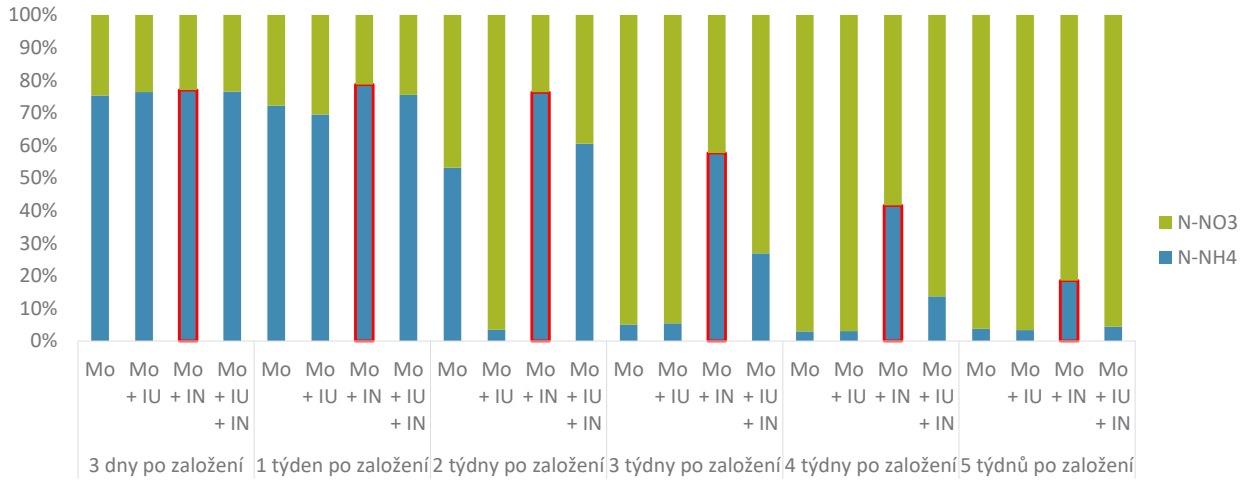
## Laboratorní pokus - 2008

Richter 2008



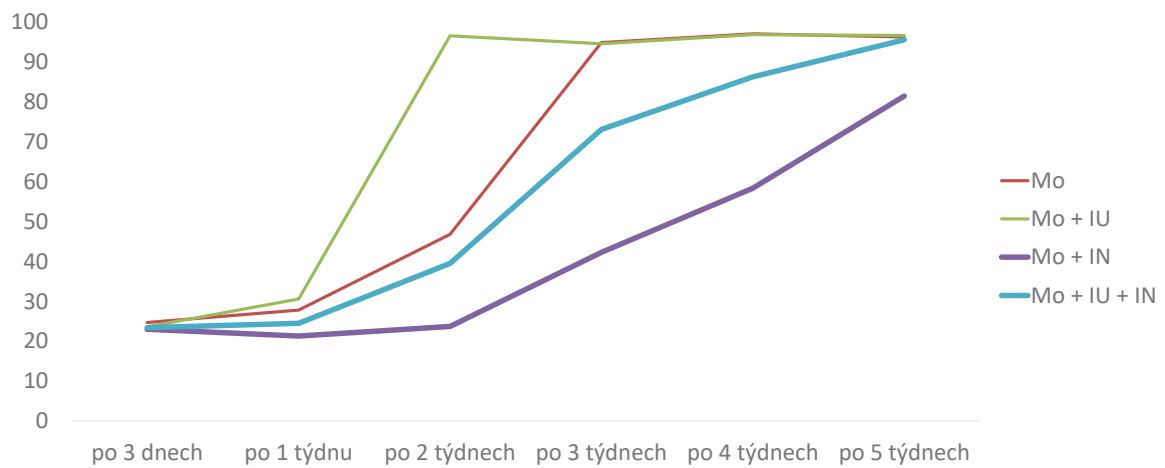
Richter 2008

## Laboratorní pokus - 2008



Richter 2008

## Podíl N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> na celkovém N<sub>min</sub> v zemině



## Polní experimenty



## Polní pokusná stanice Obora – Žabčice





## Polní pokusná stanice Žabčice

- 30 km jižně od Brna
- kukuřičná výrobní oblasti
- v blízkosti řeky Svratky (Dyjsko-svratecký úval)
- nadmořská výška - 184 m
- roční suma srážek - 480 mm
- průměrná roční teplota - 9,2 °C
- půdní typ - fluvizem, subtyp glejová
- půdní druh - převážně středně těžká až těžká (jílovitohlinitá až jílovitá) půda



## Výzkumná pícninářská stanice - Vatín



## Výzkumná pícninářská stanice - Vatín



## Výzkumná pícninářská stanice - Vatín

- 6 km jižně od Žďáru nad Sázavou
- bramborářská výrobní oblast
- Českomoravská vrchovina
- nadmořská výška - 560 m
- roční suma srážek - 617 mm
- průměrná roční teplota – 6,9 °C
- půdní typ - kambizem typická
- půdní druh – písčitohlinitá půda



## Řepka ozimá



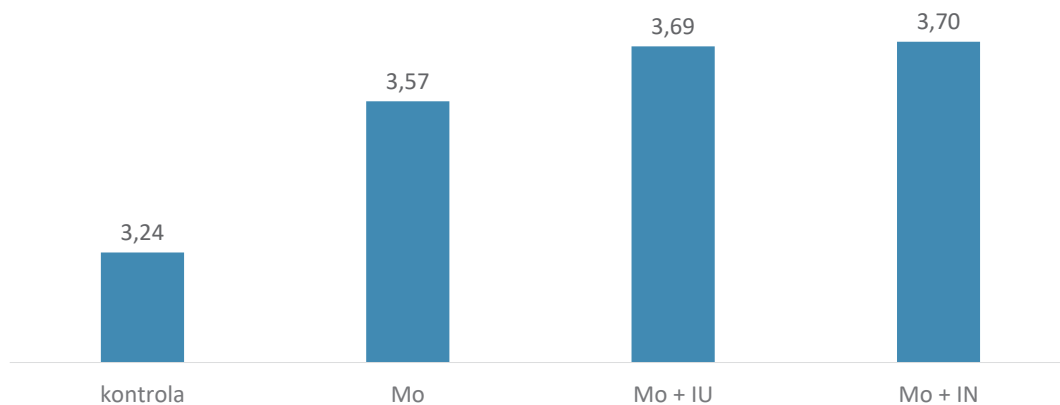
- inhibované močoviny
  - podzimní aplikace
  - jarní aplikace
- inhibovaná DASA → ENSIN
  - podzimní aplikace
  - jarní aplikace – dva termíny a dvě dávky
- směsné hnojivo ALZON a SA → Raps Power
  - ALZON 46 + SA gran.
  - ALZON neo-N + LOVOGRAN IN

## Inhibované močoviny - podzimní hnojení – Žabčice - řepka ozimá (2010-12)

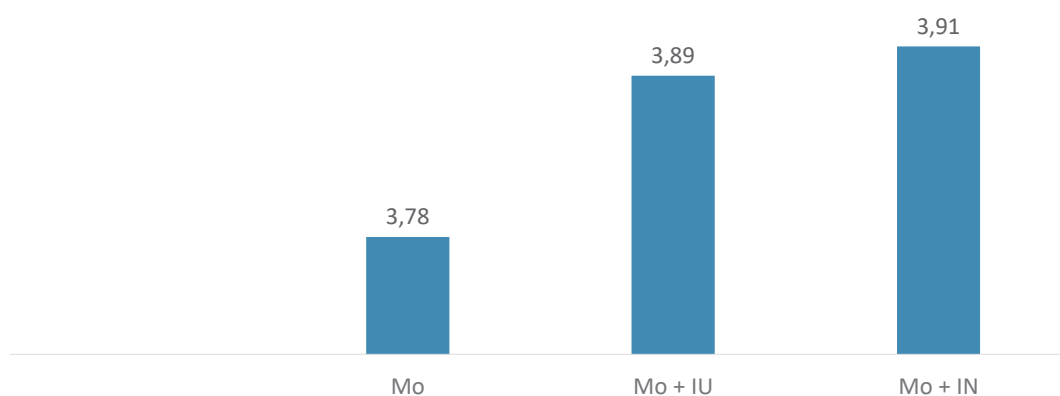
Varianta	Podzim		Jaro	
	Podzimní hnojení (4. list)	Regenerační hnojení	Produkční hnojení I	Produkční hnojení II
<b>kontrola</b>	-	DASA (300 kg/ha, tj. 78 kg N/ha)	DAM 390 (150 l/ha)	DAM 390 (150 l/ha)
<b>Močovina (Mo)</b>	Močovina (40 kg N/ha)			
<b>Mo + IU</b>	UREA Stabil (40 kg N/ha)			
<b>Mo + IN</b>	ALZON 46 (40 kg N/ha)			



## Inhibované močoviny - podzimní hnojení – Žabčice - výnos - řepka ozimá (2010)

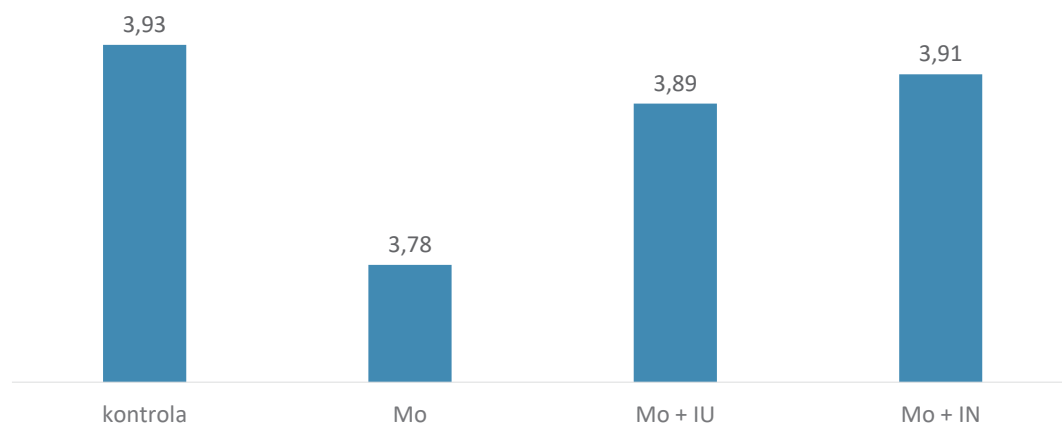


## Inhibované močoviny - podzimní hnojení – Žabčice - výnos - řepka ozimá (2011)



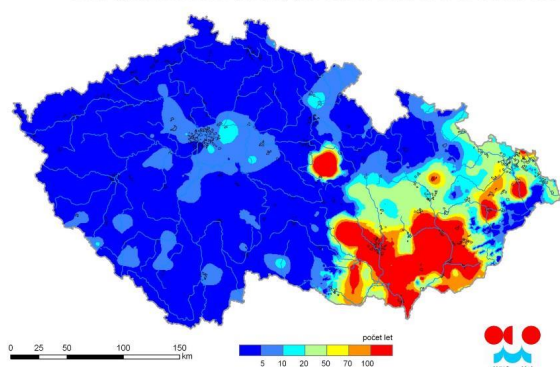


## Inhibované močoviny - podzimní hnojení – Žabčice - výnos - řepka ozimá (2011)



## Inhibované močoviny - podzimní hnojení – Žabčice – výnos - řepka ozimá (2012)

Doba opakování suché periody pro období srpen 2011 až květen 2012



- průměrný výnos semen 88 kg/ha



- nehodnotitelné výsledky

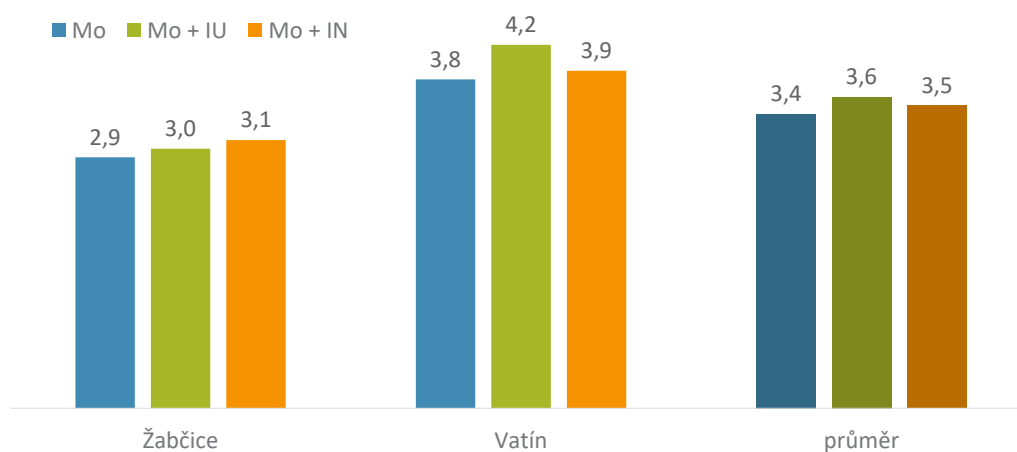


## Inhibované močoviny – Žabčice + Vatín - řepka ozimá (2010-15, 2013-15)

Varianta	Jaro		
	Regenerační hnojení	Produkční hnojení I	Produkční hnojení II
Mo	Močovina (194 kg N/ha)	-	-
Mo + IU	UREA Stabil (194 kg N/ha)	-	-
Mo + IN	ALZON 46 (194 kg N/ha)	-	-

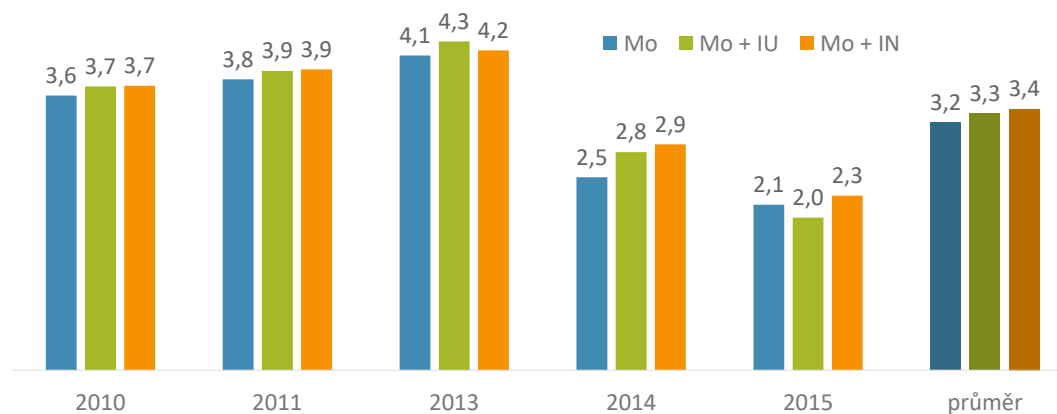


## Inhibované močoviny – Žabčice + Vatín – výnos - řepka ozimá (2013-15)





## Inhibované močoviny - Žabčice – výnos - řepka ozimá (2010-15)

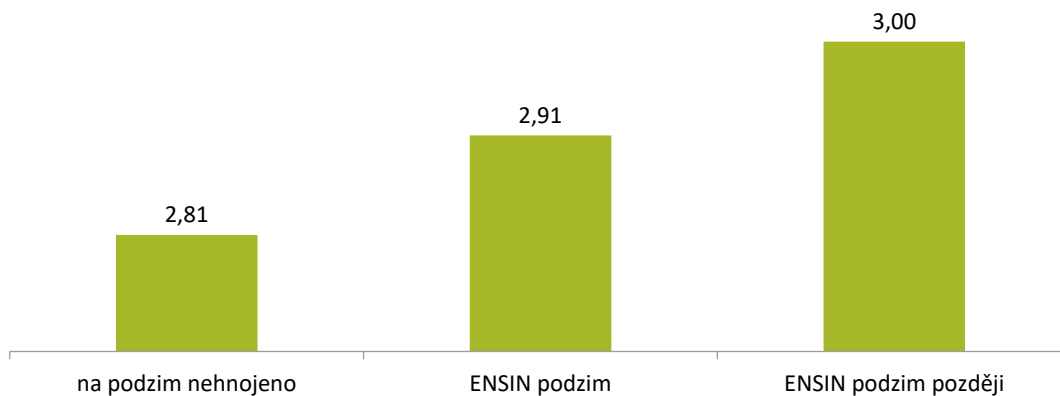


## ENSIN – inhibitor nitrifikace v DASA - Žabčice - podzimní hnojení - řepka ozimá (2013-15)

Varianta	Podzimní hnojení	Jaro		
		Regenerační hnojení	Produkční hnojení I	Produkční hnojení II
na podzim nehnojeno	-	DASA (300 kg/ha, tj. 78 kgN/ha)	DAM 390 (150 l/ha)	DAM 390 (150 l/ha)
ENSIN podzim	ENSIN 40 kg N/ha (4. list)			
ENSIN podzim později	ENSIN 40 kg N/ha (konec října - počátek listopadu)			



## ENSIN – inhibitor nitrifikace v DASA - Žabčice - podzimní hnojení - řepka ozimá (2013-15)



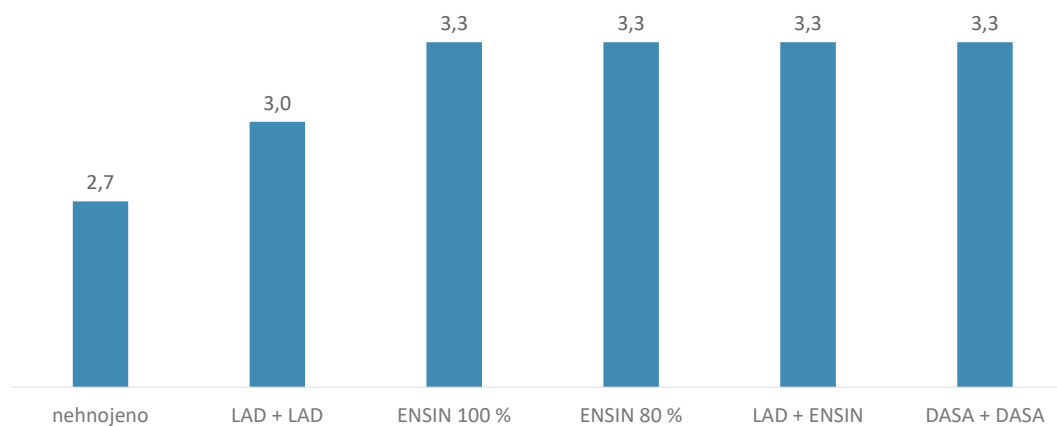
## ENSIN – inhibitor nitrifikace v DASA - Žabčice + Vatín - řepka ozimá (2013-15)

Varianta	Jaro		
	Regenerační hnojení	Produkční hnojení I	Produkční hnojení II
nehnojeno			
LAD + LAD	LAD (78 kg N/ha)	LAD (58 kg N/ha)	DAM 390 (150 l/ha)
ENSIN 100 %	ENSIN (194 kg N/ha)		
ENSIN 80%	ENSIN (155 kg N/ha)		
LAD + ENSIN	LAD (78 kg N/ha)	ENSIN (116 kg N/ha)	
DASA + DASA	DASA (78 kg N/ha)	DASA (58 kg N/ha)	DAM 390 (150 l/ha)



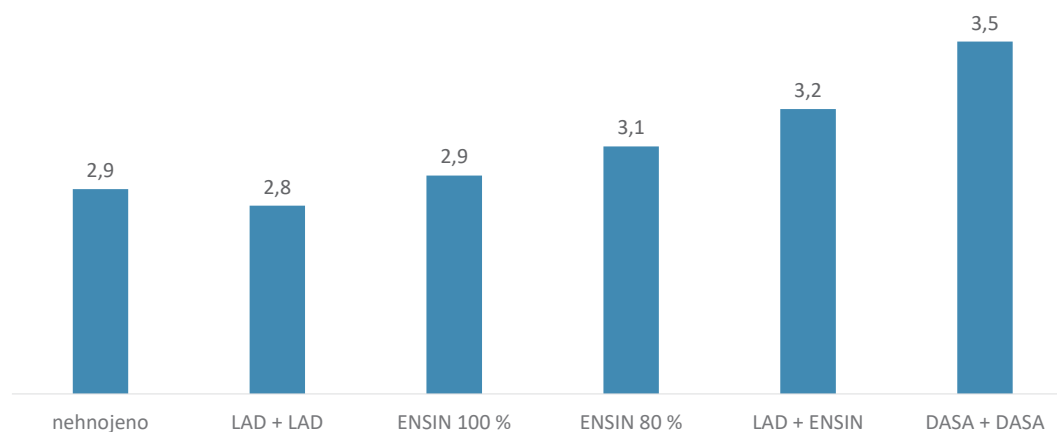
## ENSIN - výnos řepky ozimé

(průměr z let 2013-15 a ze dvou lokalit – Žabčice a Vatín)



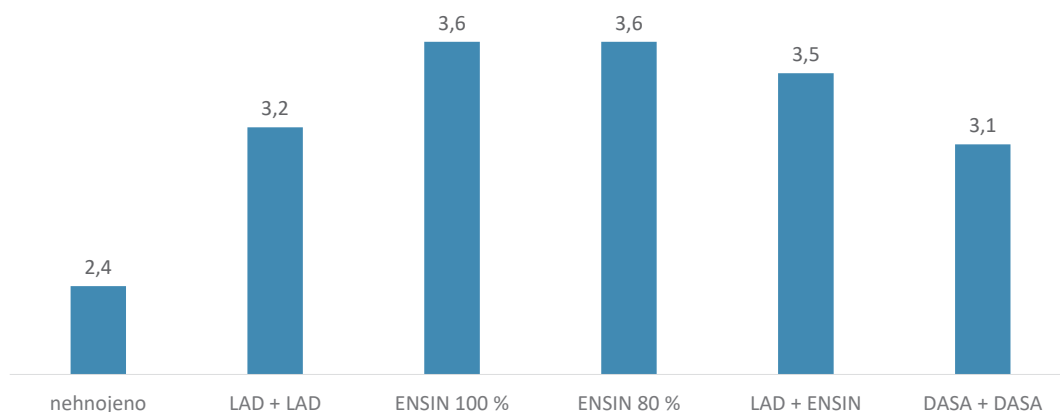
## ENSIN - výnos řepky ozimé

(průměr z let 2013-15 – lokalita Žabčice)



## ENSIN - výnos řepky ozimé

(průměr z let 2013-15 – lokalita Vatín)

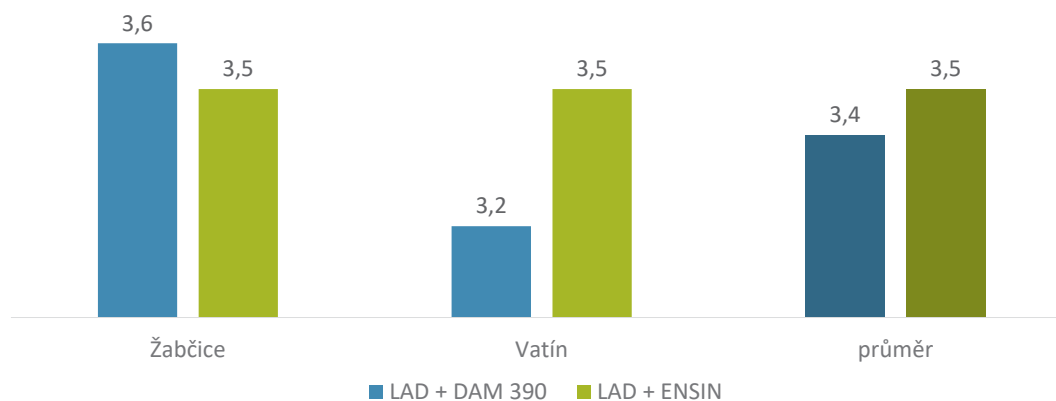


## ENSIN – inhibitor nitrifikace v DASA - Žabčice + Vatín - řepka ozimá (2013-18)

Varianta	Jaro		
	Regenerační hnojení	Produkční hnojení I	Produkční hnojení II
LAD + DAM 390	LAD (385 kg/ha, tj. 104 kg N/ha)	DAM 390 (150 l/ha, tj. 45 kg N/ha)	DAM 390 (150 l/ha, tj. 45 kg N/ha)
LAD + ENSIN	LAD (237 kg/ha, tj. 64 kg N/ha)	ENSIN (500 kg/ha, tj. 130 kg N/ha)	-



## ENSIN – inhibitor nitrifikace v DASA - řepka ozimá (2013-18)



## Raps Power - Žabčice + Vatín - řepka ozimá (2013-15)

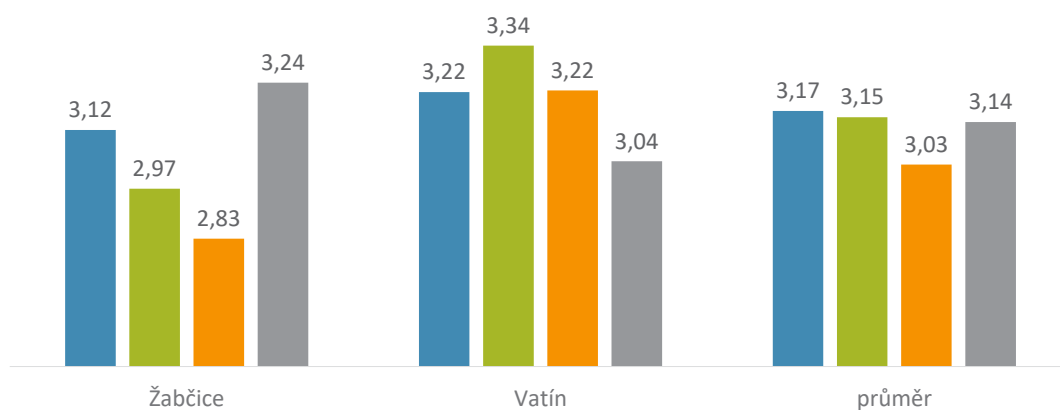
Varianta	Jaro		
	Regenerační hnojení	Produkční hnojení I	Produkční hnojení II
ALZON 46	ALZON 46 (194 kg N/ha)	-	-
Raps Power 100 %	směs ALZON 46 + SA gr. (1:1) (194 kg N/ha)	-	-
Raps Power 80 %	směs ALZON 46 + SA gr. (1:1) (155 kg N/ha)	-	-
Močovina + SA	směs Močovina + SA (1:1) (78 kg N/ha)	směs Močovina + SA (1:1) (71 kg N/ha)	DAM 390 (150 l/ha)



## Raps Power

### - výnos řepky ozimé (2013-15)

■ Alzon 46   ■ Alzon 46 + SA gr. (1:1) 100 %   ■ Alzon 46 + SA gr. (1:1) 80 %   ■ Močovina + SA

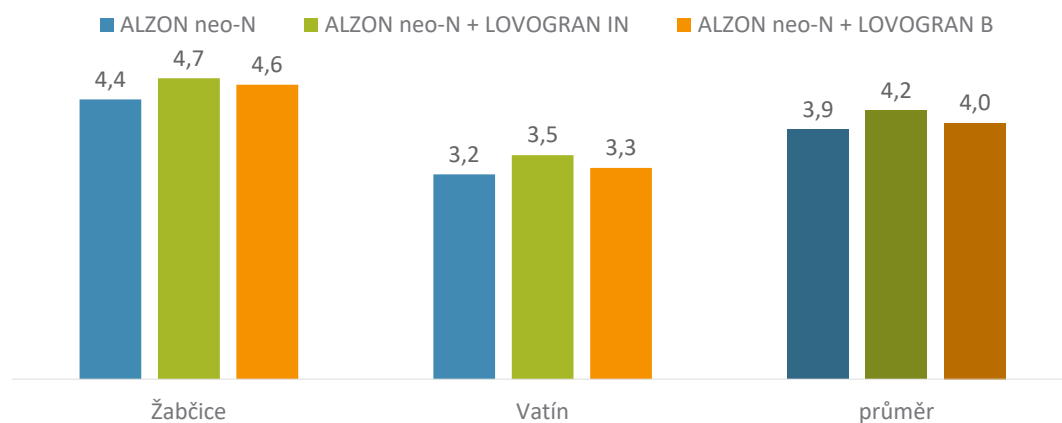


## Raps Power nové generace - Žabčice + Vatín - výnos řepky ozimé (2018)

Varianta	Jaro		
	Regenerační hnojení	Produkční hnojení I	Produkční hnojení II
ALZON neo-N	ALZON neo-N (422 kg/ha, tj. 194 kg N/ha)	-	-
Raps Power New	směs ALZON neo-N a LOVOGRAN IN (1:1) (422 kg/ha, tj. 194 kg N/ha)	-	-
Raps Power B	směs ALZON neo-N a LOVOGRAN B (1:1) (422 kg/ha, tj. 194 kg N/ha)	-	-



## Raps Power nové generace - výnos řepky ozimé (2018)



## Pšenice ozimá



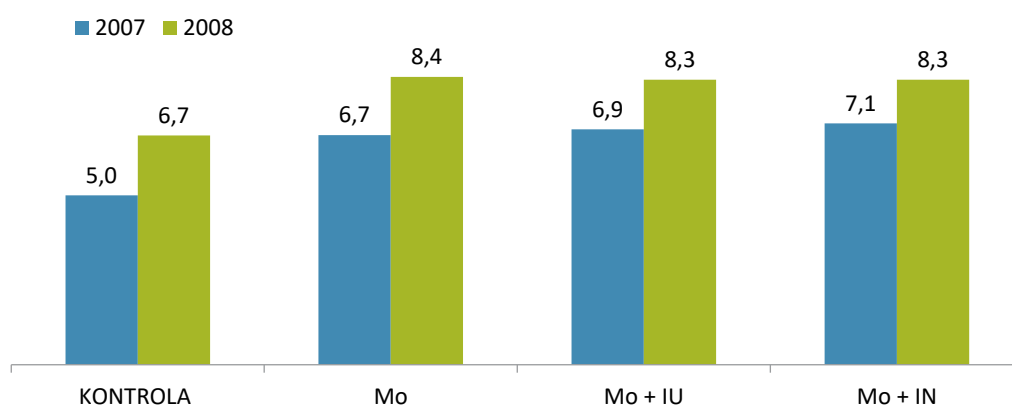
- inhibované močoviny
- „Raps Power“ u pšenice
  - směsné hnojivo ALZON a SA
- inhibovaná DASA → ENSIN
  - dva termíny a dvě dávky

## Inhibované močoviny - Žabčice + Vatín – pšenice ozimá (2008-18)

Varianta	Jaro		
	Regenerační hnojení	Produkční hnojení I	Produkční hnojení II
Mo	Močovina (110 kg N/ha)	-	-
Mo + IU	UREA Stabil (110 kg N/ha)	-	-
Mo + IN	ALZON 46 (110 kg N/ha)	-	-

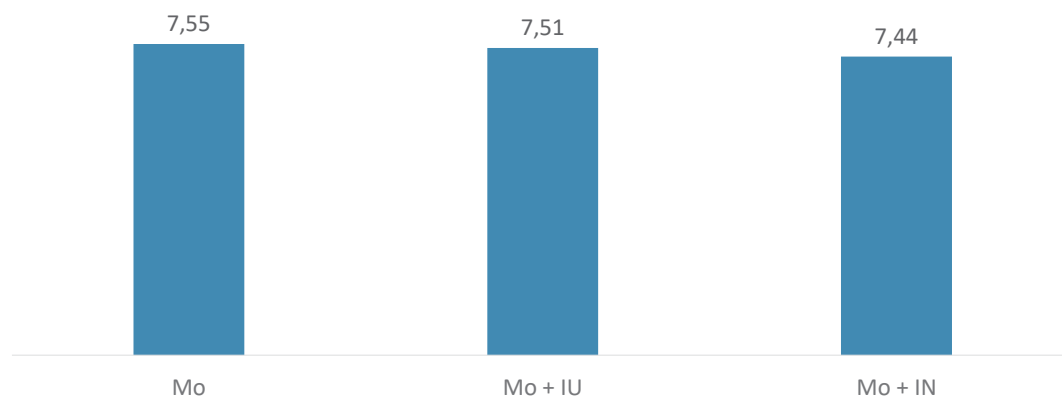


## Močoviny s inhibitory u pšenice - Žabčice



## Inhibované močoviny – Žabčice

### - výnos pšenice ozimé (2007-18)



## „Raps Power“ - Žabčice + Vatín

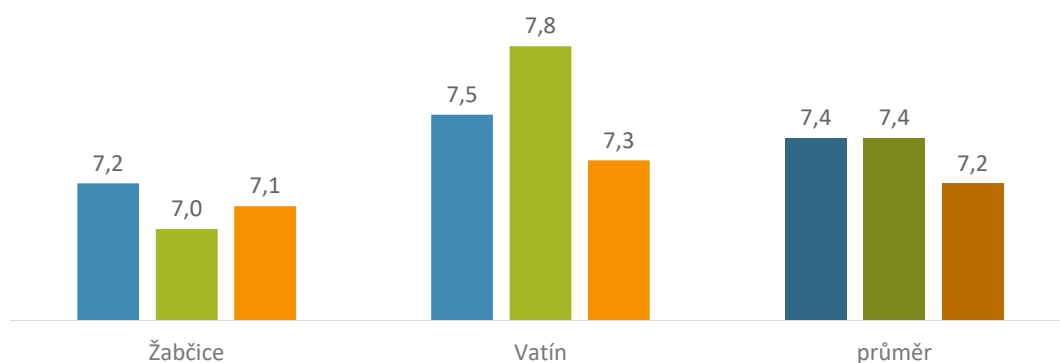
### - pšenice ozimá (2013-15)

Varianta	Jaro		
	Regenerační hnojení	Produkční hnojení I	Produkční hnojení II
Raps Power 100 %	směs ALZON 46 + SA gr. (1:1) (100 kg N/ha)	-	DAM 390 (40 kg/ha)
Raps Power 80 %	směs ALZON 46 + SA gr. (1:1) (80 kg N/ha)	-	DAM 390 (40 kg/ha)
Mo + SA	směs Močovina + SA (1:1) (60 kg N/ha)	směs Močovina + SA (1:1) (40 kg N/ha)	DAM 390 (40 kg/ha)



## „Raps Power“ - výnosy pšenice ozimé (2013-15)

■ Raps Power 100 %   ■ Raps Power 80 %   ■ Mo + SA gr.

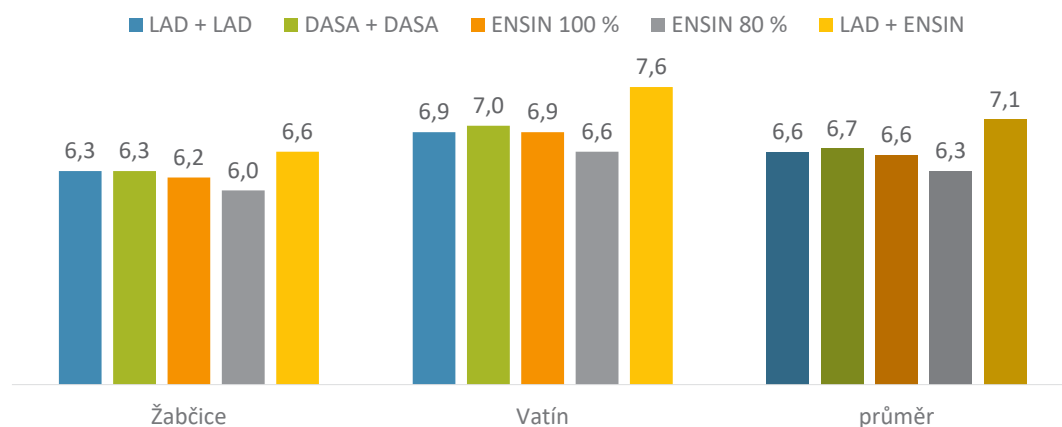


## ENSIN - Žabčice + Vatín - pšenice ozimá (2013-15)

Varianta	Jaro		
	Regenerační hnojení	Produkční hnojení I	Produkční hnojení II
LAD + LAD	LAD (60 kg N/ha)	LAD (40 kg N/ha)	DAM 390 (40 kg/ha)
DASA + DASA	DASA (60 kg N/ha)	DASA (40 kg N/ha)	DAM 390 (40 kg/ha)
ENSIN 100 %	ENSIN (100 kg N/ha)	-	DAM 390 (40 kg/ha)
ENSIN 80 %	ENSIN (80 kg N/ha)	-	DAM 390 (40 kg/ha)
LAD + ENSIN	LAD (40 kg N/ha)	ENSIN (100 kg N/ha)	-



## ENSIN - výnos pšenice ozimé (2013-15)



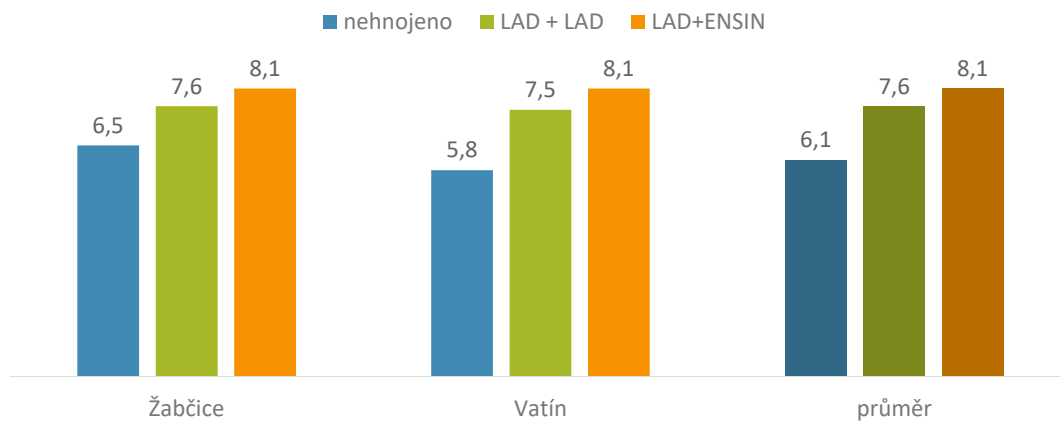
## ENSIN - pšenice ozimá (2013-18)

Varianta	Jaro		
	Regenerační hnojení	Produkční hnojení I	Produkční hnojení II
nehnojeno	-	-	-
LAD + LAD	LAD (60 kg N/ha)	LAD (40 kg N/ha)	DAM 390 (40 kg/ha)
LAD + ENSIN	LAD (40 kg N/ha)	ENSIN (100 kg N/ha)	-

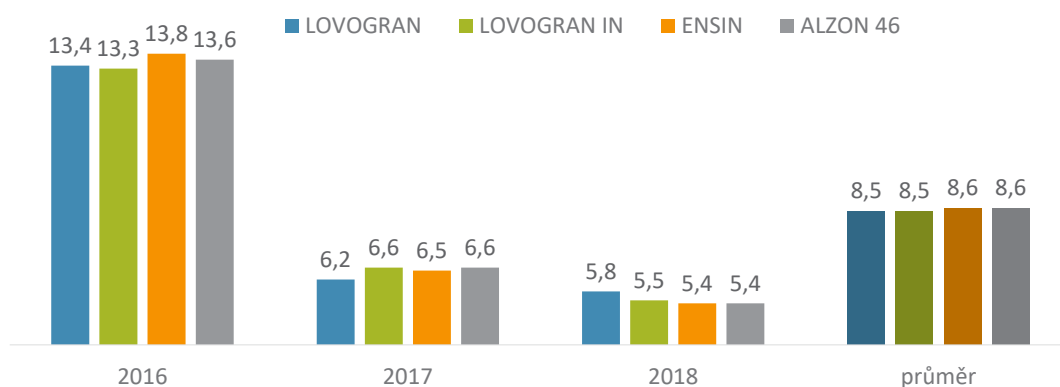




## ENSIN - výnos pšenice ozimé (2013-18)



## Stabilizovaná hnojiva - kukuřice – Žabčice 2016-18





## Závěry

- **v řízených podmínkách fytotronu**
  - u močoviny s inhibitorem nitrifikace ještě **po 9 týdnech 6x více dusíku v  $\text{NH}_4^+$**  oproti  $\text{NO}_3^-$
  
- **v laboratorních podmínkách**
  - u močoviny s inhibitorem nitrifikace ještě **po 5 týdnech 4,5x více dusíku v  $\text{NH}_4^+$**  oproti  $\text{NO}_3^-$
  - **nejvíce  $\text{N}_{\text{min}}$**  je rostlinám k dispozici po aplikaci **močoviny s oběma inhibitory**
  - **nejpomalejší nárůst** podílu  $\text{NO}_3^-$  v zemině vykazovala varianta s aplikací **močoviny s inhibitorem nitrifikace** a varianta s aplikací močoviny s oběma inhibitory

## Závěry – řepka ozimá

- **inhibované močoviny**
  - podzimní aplikace
    - význam podzimní aplikace N narůstá
    - efekt aplikace močoviny a močoviny s inhibitory silně ovlivněn ročníkem
  - **jarní aplikace**
    - **výnosový efekt inhibovaných močoviny v průměru o 4-6 %** oproti jednorázové aplikaci močoviny
    - silný vliv stanoviště
      - **Žabčice - z 5 let 4x nejvyšší výnos** u močoviny s **inhibitorem nitrifikace**



## Závěry – řepka ozimá

### ➤ ENSIN (inhibovaná DASA)

#### ➤ podzimní aplikace

- **zvýšení výnosu** po aplikaci ve 4. listu i na konci října o **3,5, resp. 6,7 %**

#### ➤ jarní aplikace

- v průměru 3 let a 2 lokalit vyšší výnos u všech variant se sírou bez ohledu na ENSIN
  - Žabčice – bez výnosového efektu ENSINU – termín aplikace lepší produkčně
  - **Vatín – výnosový efekt ENSINU regeneračně i produkčně**
- 6 letá řada – 2013-18
  - Žabčice – bez efektu ve srovnání s DAM 390 – kapalné hnojivo v aridní oblasti lepší – smaže i efekt síry
  - **Vatín – významný efekt aplikace ENSIN produkčně (počátek prodlužovacího růstu)**



## Závěry – řepka ozimá

### ➤ Raps Power (ALZON + SA gran.)

- Žabčice – bez výnosového efektu
- **Vatín – významná výnosová reakce** – v průměru navýšení o **3,7 %**

### ➤ Raps Power nové generace

- nadějně výsledky – zatím jednoleté
- **výnosové zvýšení**
  - o **7,7 %** po ALZON neo-N + LOVOGRAN IN
  - o **2,5 %** po ALZON neo-N + LOVOGRAN B



## Závěry – pšenice ozimá

---

- inhibované močoviny - pouze Žabčice
  - nejdelší časová řada (2007-2018)
    - výnosy srovnatelné u močoviny jednorázově i u inhibovaných močovín
    - neovlivní ani rozlišení na suché a normální ročníky
  
- Raps Power (ALZON + SA gran.)
  - Žabčice – výnosový efekt jen plná dávka
  - Vatín – výnosový efekt plná i snížená dávka (80 %)



## Závěry – pšenice ozimá

---

- ENSIN - 3 roky pokus
  - regenerační hnojení bez výnosové efektu na obou lokalitách
  - **produkční hnojení – zvýšení výnosu v průměru o 7,6 %, ve Vatíně až o 10,1 %**
  
- ENSIN – 6 let pokus
  - **produkční hnojení – zvýšení výnosu v průměru o 6,6 %,**



## Závěry – kukuřice

---

### ➤ zvýšení výnosu

- po aplikaci LOVOGRAN IN – 1x za 3 roky
- po aplikaci **ENSIN** nebo **ALZON 46** – 2x ze 3 let
- lépe delší časovou řadu a rozšíření o další lokalitu

### ➤ zkušenost místního hospodáře

### ➤ půdně klimatické podmínky



## Úspěšný hospodářský rok 2018/19!

---



doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.  
ryant@mendelu.cz

# Možnosti využití inhibitorů nitrifikace v podmínkách ČR z pohledu ÚKZÚZ

Jaroslav Hynšt, Jaroslav Houček, Miroslav Florián

## Úvod

Hnojení dusíkem je předpokladem dostatečného výnosu většiny plodin. Nadbytek dusíku však může mít celou řadu negativních dopadů agronomických i environmentálních. Proto je nezbytné pečlivě regulovat dostupnost dusíku v půdě. Kritický je především dusík v nitrátové podobě, jehož produkce může být příčinou ztrát v několika různých formách. Jeho množství v půdě musí být omezoáno, jednou z metod omezení jsou inhibitory nitrifikace, což jsou látky, které zpomalují produkci nitrátů v půdě a tím omezují ztráty dusíku spojené s vysokou koncentrací nitrátu.

## Vstupy dusíku v hnojivech a následující přeměny dusíku v půdě

Dusík patří mezi základní živiny. Je zpravidla limitujícím prvkem výnosu a proto musí být do půdy v dostatečné míře dodáván hnojením. Rostliny přijímají dusík téměř výhradně ve dvou minerálních formách: jako  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$ . Dusík ve formě  $\text{NH}_4^+$ , nebo  $\text{NO}_3^-$  je součástí řady minerálních hnojiv. Dusík amoniakální může být po vstupu do půdy čerpán plodinou, nebo může být oxidován na  $\text{NO}_3^-$ . Nevyužitý  $\text{NH}_4^+$  je dočasně poután v sorpčním komplexu a v půdě je omezeně pohyblivý (Richter a Hlušek, 1994). Naopak,  $\text{NO}_3^-$  může být vyplavován, nebo redukován na plynné sloučeniny, které unikají z půdy. Existuje celá řada převážně biologických procesů, kterými je nitrát redukován (Šimek, 2003). Nejznámější je denitrifikace, při které je  $\text{NO}_3^-$  využíván půdními mikroorganismy jako oxidační činidlo místo kyslíku v anaerobních podmínkách. Denitrifikace je důležitou součástí přeměn dusíku v přírodě, umožňuje návrat dusíku, který byl z atmosféry předtím odčerpán biologickou fixací nebo při výrobě průmyslových hnojiv. Pokud však probíhá příliš intenzivně, je příčinou ztrát dusíku a znečištění atmosféry oxidy dusíku.

Dusík často vstupuje do půdy v organické formě, především v podobě rostlinných zbytků a organických hnojiv. Mezi nejjednodušší organické sloučeniny patří močovina, která je vyráběna jako syntetické hnojivo. Pro legislativní účely je však močovina uzančně považována za minerální hnojivo. K organickým dusíkatým hnojivům dále patří celá škála organických hnojiv – hnůj, kompost, kejda atd. Z organických hnojiv je procesem mineralizace uvolňován  $\text{NH}_4^+$ , který se chová stejně, jako  $\text{NH}_4^+$  dodaný minerálním hnojením.

Přeměny dusíku v půdě jsou velmi dynamické, každý atom dusíku může během sezóny několikrát změnit formu (Hodge a kol., 2000). To je jeden z důvodů, proč není minerální dusík stanovován v rámci agrochemického zkoušení zemědělských půd. Důsledkem intenzivních přeměn dusíku je také značná nepředvídatelnost – je těžké stanovit jeho dostupnost a především množství, které je potřebné k dosažení přiměřeného výnosu. V současném zemědělství vstupuje do půdy dusík ve značném množství, proto jsou jeho přeměny velmi rychlé včetně těch, které vedou ke ztrátám. Dusík z aplikovaného hnojiva pak není využit plodinou, ale v podobě řady různých sloučenin je příčinou znečištění okolního prostředí.



## Procesy, které vedou ke ztrátám dusíku a metody jejich omezení

Půda má omezenou schopnost dusík zadržovat (Körschens a kol, 2013). Pokud je dusíku dodáváno do půdy více než stačí rostlina využít, nebo pokud je do půdy aplikován v čase, kdy je jeho čerpání rostlinou omezené, dochází ke ztrátám dusíku z půdy. Proto při hnojení dusíkem platí zásada, že hnojíme rostlinu, ne půdu. Dusík by měl být aplikován tak, aby se omezila doba jeho setrvání v půdě. Dávka by měla co nejvíce odpovídat potřebám plodiny a měla by být aplikována v době, kdy je maximálně čerpán rostlinou. Dusík může být dlouhodobě zadržován v půdě pouze v organické formě jako součást biomasy živých organismů, nebo jejich rozkládajících se zbytků. K uvedeným živým organismům patří především rostliny a půdní organismy od bakterií po větší půdní živočichy. Schopnost rostlin čerpat dusík je omezena jejich spotřebou dusíku na výnos, kterou mohou výrazně snižovat nepříznivé povětrnostní podmínky, především chladno a sucho, nevyvážené hnojení s nedostatkem ostatních živin - především P a K, ale i S a dalších, napadení chorobami a škůdci. Poměrně značné množství dusíku mohou v půdě zadržovat půdní organismy, ale jejich růst je značně omezován dostupností uhlíku. Jak už bylo uvedeno, organický dusík je v půdě postupně mineralizován za vzniku minerálních forem dusíku. Pokud je množství minerálního N větší než jeho spotřeba, v půdě se hromadí. Minerální N se z půdy různými cestami ztrácí (Šimek, 2003). Dusík v podobě  $\text{NH}_4^+$  může přecházet na plynnou formu  $\text{NH}_3$ , která uniká do atmosféry. K tomu dochází především za vyšší hodnoty pH, v sušších podmínkách a za vyšších teplot. Touto cestou může z půdy unikat poměrně značné množství N, dosahující několika desítek kilogramů na hektar. Minerální hnojiva obsahující  $\text{NH}_4^+$  by proto měla být při aplikaci nebo bezprostředně po aplikaci zapravena do půdy. Totéž platí i pro hnojiva organická s vyšším obsahem N, která obsahují  $\text{NH}_4^+$ , nebo ze kterých je uvolňován postupnou mineralizací. Typickým příkladem je hnůj, kejda nebo digestát. Jejich zapravení do půdy do 24 h po aplikaci v případě hnojiv tekutých a do 48 h u hnojiv tuhých přímo nařizuje vyhláška č. 377/2013 Sb. o skladování a způsobu používání hnojiv.

Dusík ve formě  $\text{NH}_4^+$  je v běžných zemědělských půdách ve značné míře oxidován na  $\text{NO}_3^-$ . Vznik  $\text{NO}_3^-$  souvisí s úrodností půdy a je rychlejší v půdách úrodnějších, s vyšším pH a vyšším obsahem živin. Na rozdíl od  $\text{NH}_4^+$ , který může být poután na záporně nabitý sorpční komplex, záporně nabitě a snadno rozpustné ionty  $\text{NO}_3^-$  jsou v půdě snadno pohyblivé a mohou být vyplavovány do hlubších vrstev půdy, nebo až do podzemních vod (Richter a Hlušek, 1994; Šimek, 2003). Vyplavování se z půdy ztrácí často i poměrně značné množství dusíku především v půdách s promyvným vodním režimem. Přítomnost nitrátů ve vodě značně snižuje její kvalitu. Nitráty v pitné vodě vyvolávají zdravotní problémy a nadbytek dusíku ve vodních tocích je spojen s nárůstem řas, který způsobuje řadu dalších problémů. Nitrát může být také redukován biologickými procesy, z nichž nejznámější je denitrifikace. Přítomnost většího množství  $\text{NO}_3^-$  v půdě je proto vždy spojena s řadou negativních jevů a je nezbytné jeho obsah udržovat na přijatelné úrovni. Dosáhnout omezení obsahu  $\text{NO}_3^-$  při poměrně vysokých vstupech dusíku je poměrně obtížné. Této problematice je věnována značná pozornost a existuje řada možností, jak obsah  $\text{NO}_3^-$  v půdě a s ním spojené ztráty omezit. Některá opatření jsou zahrnuta v právních předpisech, především v zákoně o hnojivech a příslušných vyhláškách. Opatření omezující přímo obsah a ztráty  $\text{NO}_3^-$  z půdy jsou stanoveny nařízením vlády č. 262/2012 Sb., známým jako nitrátová směrnice. Toto nařízení vymezuje zranitelné oblasti, kde je zvýšené riziko vyplavování nitrátu. Ve vymezených oblastech jsou příslušnou metodikou (Klír a Kozlovská 2012) stanoveny zásady hnojení. Mezi základní opatření patří limity dávek N, omezení aplikace dusíku mimo vegetační období, omezování doby bez pokryvu půdy. Součástí doporučených opatření je také aplikace inhibitorů nitrifikace.



## Možnosti využití inhibitorů nitrifikace při aplikaci minerálních a organických hnojiv

Použití inhibitorů nitrifikace je jednou z cest, jak omezit ztráty  $\text{NO}_3^-$  z půdy.

Inhibitory nitrifikace mohou být aplikovány s hnojivem, která jsou zdrojem dusíku ve formě  $\text{NH}_4^+$ . Inhibitor nitrifikace výrazně omezuje oxidaci  $\text{NH}_4^+$  na  $\text{NO}_3^-$ , což snižuje nejen ztráty dusíku vyplavováním, ale i ztráty dusíku ve formě produktů denitrifikace a dalších procesů, které redukuje  $\text{NO}_3^-$  za vzniku plynů jako jsou oxidy dusíku ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) a  $\text{N}_2$ . Inhibitory mohou být přímo součástí hnojiv uváděných do oběhu, mohou být přidávány ke hnojivům při aplikaci, nebo mohou být aplikovány samostatně.

Inhibitory nitrifikace nemají vliv na ztráty dusíku volatilizací. Proto nijak neomezuje nutnost rychlého zapravení hnojiv, která mohou být zdrojem  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NH}_3$ . Zpomalení nitrifikace je časově omezené a není absolutní. Proto jejich použití plně nenahrazuje jiná opatření omezující ztráty dusíku, především stanovení dávky dusíku podle potřeb plodiny a načasování aplikace.

Inhibitory nitrifikace v současnosti používané v ČR jsou látky poměrně dobře vyzkoušené se známými účinky. Přesto jsou to látky potenciálně rizikové a proto je třeba při jejich použití pečlivě dodržovat doporučení výrobce uvedená v etiketě, zejména dávkování.

## Možnosti uvádění inhibitorů nitrifikace do oběhu

Aby mohl být inhibitor nitrifikace správně používán, musí být uváděn na trh odpovídajícím způsobem.

V současné době lze v souladu s českými a evropskými právními předpisy uvádět do oběhu hnojiva a pomocné látky několika způsoby. Uvádění na trh není nutné v případě dovozu výrobku pro vlastní potřebu ze zahraničí, případně používání vlastního výrobku.

První možnost je uvedení výrobku na trh v podobě hnojiva ES. Za hnojivo ES je považováno hnojivo, které je uvedeno v nařízení Evropského parlamentu a rady č. 2003/2003, o hnojivech. Hnojiva deklarovaná jako hnojiva ES není třeba v České republice registrovat ani ohlašovat, mohou být přímo uváděna do oběhu. Uvádění hnojiv ES do oběhu tím pádem nepodléhá žádnému správnímu poplatku. Nařízení o hnojivech stanoví jednotlivé typy dusíkatých hnojiv a dále pak seznam konkrétních inhibitorů nitrifikace. Pro jednotlivé inhibitory je stanoven jejich minimální a maximální obsah jako hmotnostní procento amonného a močovinného dusíku přítomného v hnojivu. Výrobce plně odpovídá za to, že hnojiva ES splňují požadavky dané zmíněným nařízením, především předepsané formy živin a obsah živin, povolené odchylky, označování a balení. V současné době jsou v rámci nařízení schváleny čtyři inhibitory nitrifikace:

- Dikyandiamid (povolený obsah 2,25 – 4,5 %)
- Směs dikyandiamidu (DCD) a 1,2,4-triazolu (TZ) (2 – 4 %), poměr ve směsi: 10:1 (DCD:TZ)
- Směs 1,2,4-triazolu (TZ) a 3-methylpyrazolu (MP) (0,2 – 1 %), poměr ve směsi: 2:1 (DCD:TZ)
- 3,4-dimethyl-1H-pyrazol fosfát (DMPP) (0,8 – 1,6 %)

Je třeba zdůraznit, že za typové hnojivo je považováno dusíkaté hnojivo s obsahem inhibitoru. V případě uvedených inhibitorů se nejedná o seznam „typů“, ale o seznam inhibitorů, které mohou být přidány do dusíkatých typů hnojiv daných nařízením v uvedené koncentraci; za této podmínky se i nadále jedná o typové hnojivo ve smyslu nařízení č. 2003/2003. Bohužel způsob začlenění a popis inhibitorů v textu nařízení není úplně šťastný, takže to může vyvolat dojem, že takový inhibitor nitrifikace dodávaný samostatně (např. v PET láhvi jako koncentrát) je samostatným typem podle nařízení o hnojivech. To však není správná interpretace – jak již bylo uvedeno výše, aby bylo možné uplatnit režim uvádění tohoto výrobku do oběhu podle nařízení, musí být inhibitor už přidán do některého ze stávajících typů dusíkatých hnojiv.

Druhou možností pro legalizaci inhibitorů nitrifikace je registrace na základě zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech. Registrace může být provedena jak pro směs hnojiva s inhibitorem, tak pro samostatně dodaný inhibitor. U směsi hnojiva s inhibitorem může nastat situace, že výrobce či žadatel z nějakého důvodu nechce využít evropského nařízení pro uvedení do oběhu výrobku, který jinak splňuje náležitosti pro deklaraci typového hnojiva s inhibitorem (viz výše). V tom případě registrace sestává z předložení žádosti o registraci (správní poplatek 3 000 Kč), vzorku na rozbor (případně je možné využít výsledku rozboru z jiné akreditované laboratoře), návrhu příbalového letáku/etikety a související dokumentace, např. bezpečnostního listu nebo technické/výrobní normy. Hnojivo je poté zaregistrováno a může být uváděno na trh. Má-li být inhibitor nitrifikace dodávan samostatně, je registrován jako tzv. pomocná půdní látka. Náležitosti registrace jsou obdobné jako pro registraci směsi hnojiva s inhibitorem. Toto platí pro situace, kdy výrobce či žadatel chce legalizovat výše zmíněné druhy inhibitorů - tzn. výrobky, které již prošly poměrně náročným systémem hodnocení, včetně testování účinnosti na evropské úrovni – předtím, než byly přidány do seznamu inhibitorů do nařízení. Nitrifikaci však mohou inhibovat i jiné přírodní, nebo syntetické sloučeniny, o kterých nejsou dostatečné informace. Může se proto stát, že žadatel chce registrovat nový výrobek, který podle jeho tvrzení funguje jako inhibitor. Pro tyto případy je tedy kromě standardních požadavků na registraci třeba jednoznačně prokázat deklarovaný efekt formou biologických zkoušek – ať už pro směs hnojiva s inhibitorem nebo samostatně dodávaný výrobek. Biologické zkoušky zahrnují především vegetační zkoušky, při kterých je hnojivo aplikováno k vybraným plodinám v nádobových nebo polních zkouškách. Hnojivo je aplikováno do půdy zpravidla v různých dávkách, aby bylo možné posoudit rozsah dávek, ve kterém jsou testované výrobky účinné. Dávky vycházejí z doporučení výrobce a výrobce by proto měl mít jasnou představu o způsobu použití a dávkách. V průběhu vegetační zkoušky probíhá sledování vybraných parametrů, které dokumentují účinky na plodiny a půdu. Jsou sledovány vybrané půdní parametry, v případě inhibitorů nitrifikace především obsah minerálních forem dusíku a jeho změny. U rostlin je sledován především výnos a využití živin. Údaje získané u jednotlivých variant hnojení jsou poté statisticky porovnány a jsou využity k posouzení účinnosti, případně negativních účinků zkoušených hnojiv.

Inhibitory nitrifikace, stejně jako jiné chemické látky vnášené do půdy, mohou mít dopad na živé organismy v půdě. Proto součástí testování mohou být také ekotoxikologické testy, při kterých je zjišťován vliv hnojiva na vybrané půdní organismy, nebo stanovení biologické aktivity půdy. Vycházíme pochopitelně z toho, že samotná chemická substance již byla náležitě posouzena z hlediska její bezpečnosti.

Před zahájením registrace by měla být alespoň rámcově známa reálná účinnost testovaných látek a také případné negativní dopady na prostředí. V případě málo známých látek je shromažďování poznatků spíše úkolem výzkumu základního a posléze aplikovaného než předmětem zkoušení v ÚKZÚZ nebo u výrobce v rámci registrace. Používání přípravků, které jsou nedostatečně vyzkoušené zvyšuje riziko jejich negativních účinků, což musí být bráno v úvahu při registraci a může celý proces prodloužit, nebo zastavit. Testování přípravků v průběhu registrace nemůže plně nahradit chybějící znalosti o vlastnostech hnojiva.

Rizika spojená s aplikací jsou podle současných poznatků považována za přijatelná. Stejně jako u jiných chemických přípravků může dojít k přehodnocení negativních účinků, což může znamenat legislativní omezení jejich použití. V případě inhibitorů nitrifikace to však v současné době není příliš pravděpodobné.

Třetí možností uvádění do oběhu je vzájemné uznávání podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 764/2008. Tato možnost je určena pro neharmonizované výrobky, v tomto případě o výrobky, které neřeší nařízení č. 2003/2003, o hnojivech. Z podstaty věci by se tedy muselo jednat o jiný druh inhibitoru, než je vymezen v nařízení (pro případ směsi s hnojivem) nebo již také popsané samostatné dodání inhibitoru. V principu musí být výrobek, který je zákonným způsobem uváděn do oběhu v jedné členské zemi Evropské unie, akceptován i v dalších zemích unie. Podle zákona o hnojivech je povinné ohlásit takový výrobek formou jednoduché žádosti a předložit důkaz o legálním uvádění takového výrobku na trh jedné či více členských zemí EU. Takovým důkazem může být např. registrace či certifikát. Může to však být i stanovisko příslušné autority potvrzující legální status uvádění takového výrobku na daný trh - typicky pro případy, že by takový výrobek podle místní legislativy např. zmíněnou registraci nebo certifikaci nevyžadoval. Dále je třeba předložit původní text označení (příbalový leták/etiketa) a návrh české verze. Režim vzájemného uznávání je bezplatný. K současnému datu však Oddělení hnojiv žádný vzájemně uznaný inhibitor neneviduje.

## Kontrola použití inhibitorů

Podobně jako u ostatních hnojiv a pomocných látek provádí ÚKZÚZ odborný dozor i u inhibitorů nitrifikace - ať už jsou uváděny do oběhu podle jakéhokoliv zmíněného režimu. Ústav odebrá kontrolní vzorky u výrobců, v distribuční a obchodní síti a dozírá, zda jsou tyto výrobky správně baleny, označovány, skladovány a používány v souladu s požadavky zákona, resp. nařízení. V případě inhibitorů nitrifikace se především může jednat o kontrolu správné koncentrace inhibitoru přidaného do hnojiva. Pokud je např. zjištěno podlimitní množství inhibitoru v hnojivu ES (oproti rozmezí stanovenému nařízením), nejedná se o typové hnojivo ve smyslu nařízení a se žadatelem či výrobcem je zahájeno správní řízení.

## Závěr

Použití a působení inhibitorů nitrifikace má řadu zákonitostí, které je třeba brát v úvahu při jejich uvádění na trh a aplikaci. Inhibitory nitrifikace blokují oxidaci  $\text{NH}_4^+$  na  $\text{NO}_3^-$  a tím omezují hromadění  $\text{NO}_3^-$ , které je spojeno se ztrátami. Jejich účinnost však není absolutní a je omezena v čase. Proto použití inhibitorů zcela nenahradí další opatření směřující k efektivnímu využití dusíku a omezování ztrát. Při nesprávné aplikaci mohou představovat riziko pro životní prostředí. Při dodržení zásad použití představují inhibitory nitrifikace užitečný nástroj k regulaci produkce nitrátů v půdě a s nimi spojených ztrát.

## Použitá literatura

Hodge, A., Robinson, D., Fitter, A., 2000 Are microorganisms more effective than plants at competing for nitrogen? Trends in Plant Science 5, 304–308.

Körschens, M., Albert, E., Armbruster, M., Barkusky, D., Baumecker, D., Behle-Schalk, L., Bischoff, R., Čergan, Z., Ellmer, F., Herbst, F., Hoffman, S., Hofman, B., Kismanyoky, T., Kubat, J., Kunzova, E., Lopez-Fando, C., Merbach, I., Merbach, W., Pardor, M. T., Rogasik, J., Rühlmann, J., Spiegel, H., Schulz, E., Tajnsek, A., Toth, Z., Wegener, H., Zorn, W., 2013. Effect of mineral and organic fertilization on crop field, nitrogen uptake, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European long-term field experiments of the twenty-first century. Archives of Agronomy and Soil Science 59, 1017-1040.

Klír, J., Kozlovská, L., 2012. Správná zemědělská praxe pro ochranu vod před znečištěním. Certifikovaná metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, 24 s.

Richter, R., Hlušek, J., 1994. Výživa a hnojení rostlin (I. obecná část). VŠZ v Brně, 177 s. ISBN 80-7157-138-5

Šimek, M., 2003. Základy nauky o půdě. 3. Biologické procesy a cykly prvků. Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 151 s.

Trávník, K., 2012. Metodický návod pro hnojení plodin. ÚKZÚZ, Brno.

NITROGEN STABILIZED

**All in one – ALZON® neo-N**  
**The best urea in the world**

Dr. Maximilian Severin, SKW Stickstoffwerke Piesteritz

*The future of fertilization.*

## Challenges to N fertilization

ecology

food quality

**food and resource security**

society

economics

weather extremes

23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

2

## Increase in weather extremes



- High precipitation in autumn
- Plant growth starts late
- Late frost
- Summer dryness beginning in April
- Storm and rain in May

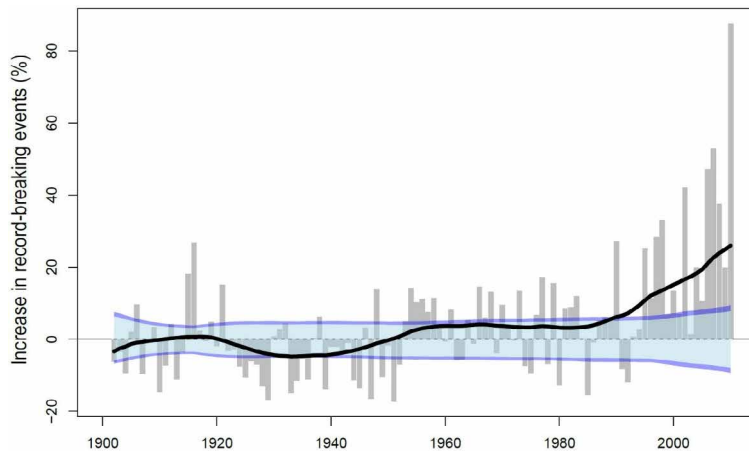


23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

3

## Increase in weather extremes



Source: J. Lehmann, D. Coumou, and K. Frieler, "Increased record-breaking precipitation events under global warming", *Climatic Change*, vol. 132, pp. 501-515, 2015.

23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

4



Increase in weather extremes




**Dryness: April 2015**

**Great challenges for fertilization!**




**Precipitation: May 2013**

23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

5

Our adjustment screws


**Optimal N availability**

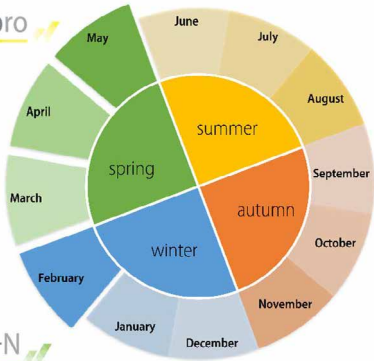
- Security in face of extreme weather
- Reducing N losses
- Higher flexibility
- Plant nutrition with ammonium
- Higher yield and higher N use

**We increase efficiency!**

➔ **PIAGRAN® pro**

➔ **PIADIN®**

➔ **ALZON® neo-N**



23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

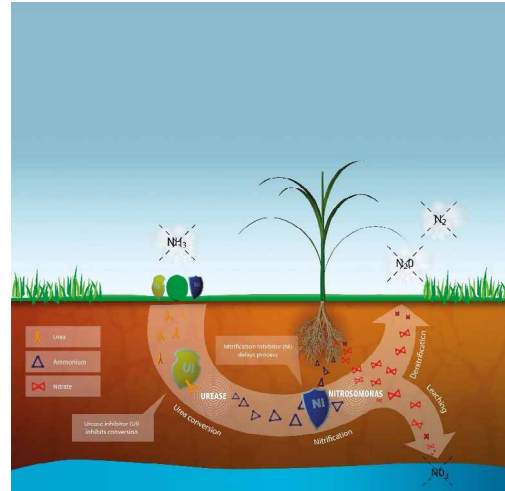
6



## Effect of urease and nitrification inhibitors



	Urease inhibitor	Nitrification inhibitor
Effect	Slows down the conversion of urea to ammonium	Slows down the conversion of ammonium to nitrate
Duration	1 - 2 weeks	6 - 10 weeks
reduces	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NO <sub>3</sub>
Advantages	Regardless of the weather, more opportunities for fertilization, better N-use	Regardless of the weather, saves work, NH <sub>4</sub> -nutrition, earlier N-fertilization

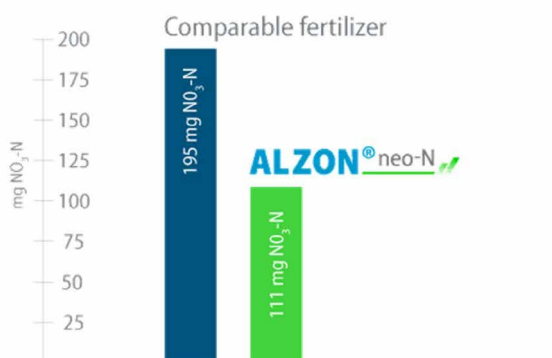


23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

7

## ALZON® neo-N – security for the environment

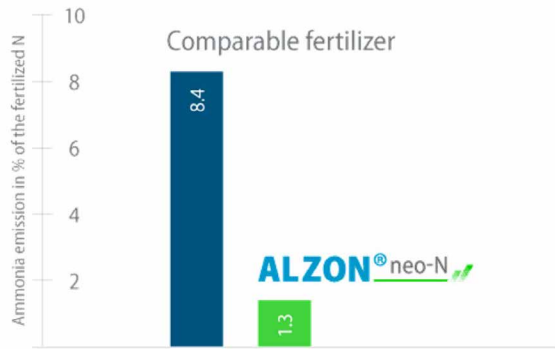


23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

8

# ALZON® neo-N – security for the environment

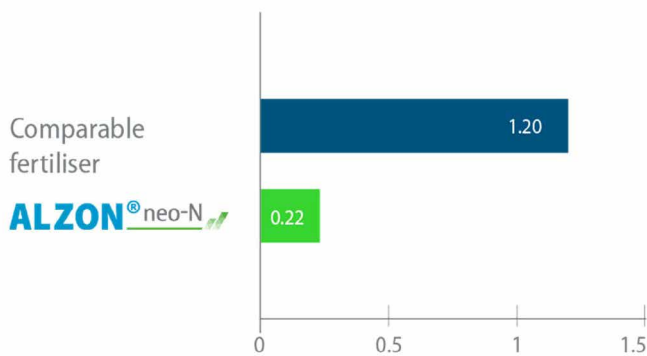


23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

9

# ALZON® neo-N – security for the environment



23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

10

## N stabilization and N availability



The combination of urease and nitrification inhibitor in the new product ALZON® neo-N ...

... reduces N losses sustainable!

- ✓ Low ammonia losses
- ✓ Low N<sub>2</sub>O / N<sub>2</sub> losses
- ✓ Low nitrate leaching

... high spatial and temporal availability!

???



23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

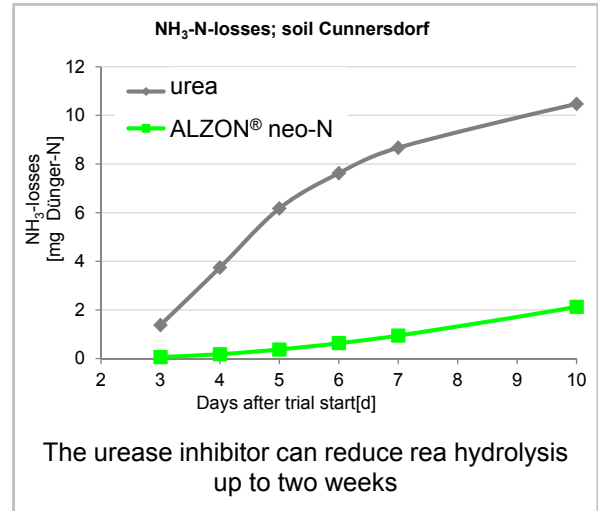
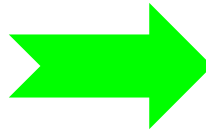
11

## N stabilization and N availability

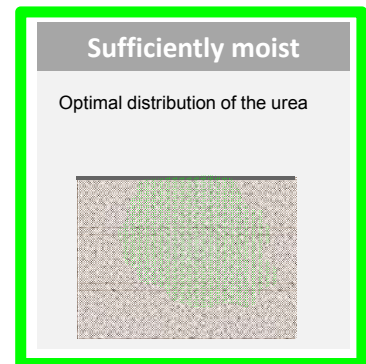
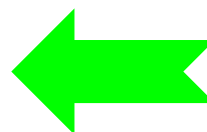
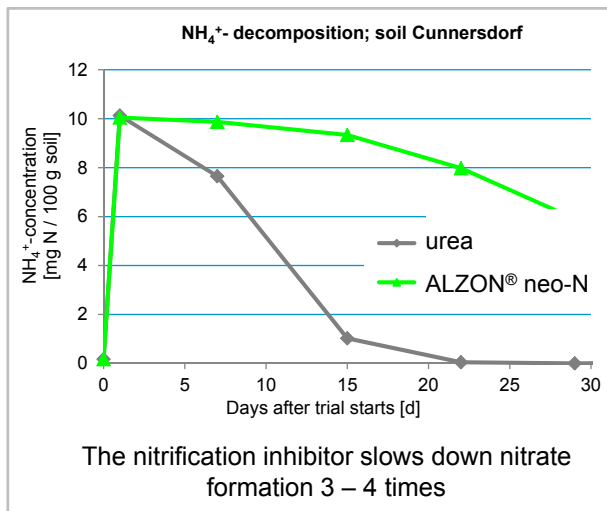


ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer


## N stabilization and N availability



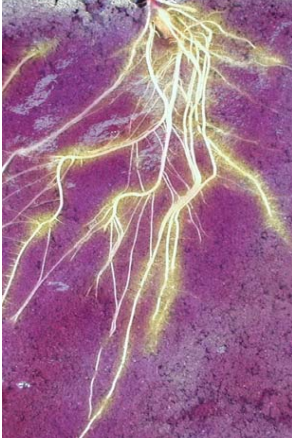
## N stabilization and N availability




## N stabilization – ammonium nutrition



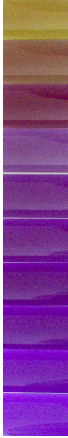
University of Stuttgart-Hohenheim, Prof. Römheld



**Ammonium-nutrition**




**Nitrate-nutrition**



**pH-value**

23. Oktober 2018 ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer 15

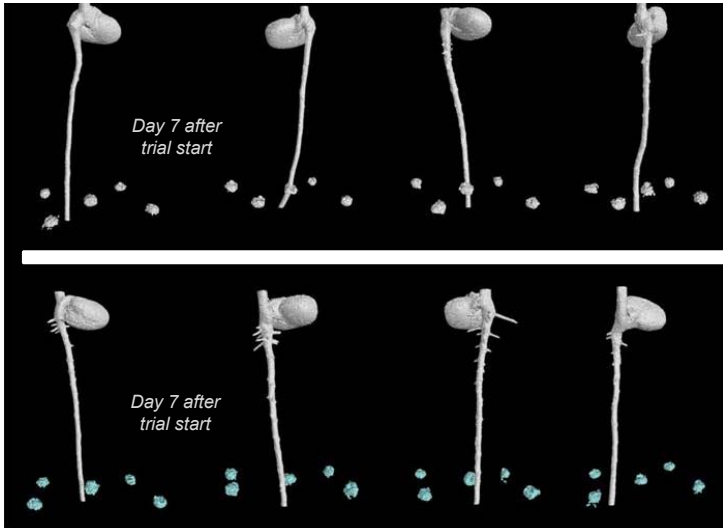
## Ammonium nutrition



*Urea:*

**Root analysis**  
Umweltforschungszentrum  
Leipzig-Halle (UFZ)

*Urea + NI:*




*Day 7 after trial start*


23. Oktober 2018 ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer 16



## Ammonium nutrition



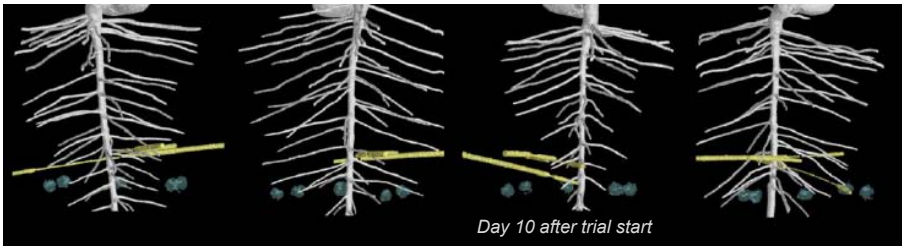
*Urea:*



Day 10 after trial start

**Root analysis**  
Umweltforschungszentrum  
Leipzig-Halle (UFZ)

*Urea + NI:*




23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

17

## ALZON® neo-N field trials in winter wheat



Corn yield, N uptake, N efficiency of ALZON® neo-N  
in comparison to urea in winter wheat (average of 15 trials 2013 – 2016)

Treatment	Corn yield rel. (%)	N uptake rel. (kg N/ha)	N efficiency (%)
without N	55	39	-
urea (3 applications)	100	211	64
ALZON® neo-N (2 applications)	102	104	69

Legend:

- corn yield rel.
- N uptake rel.
- N efficiency (%)

t-Test:  $\alpha = 0.05$  relative:  
Corn yield 2,25  
N-uptake 2,4

23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

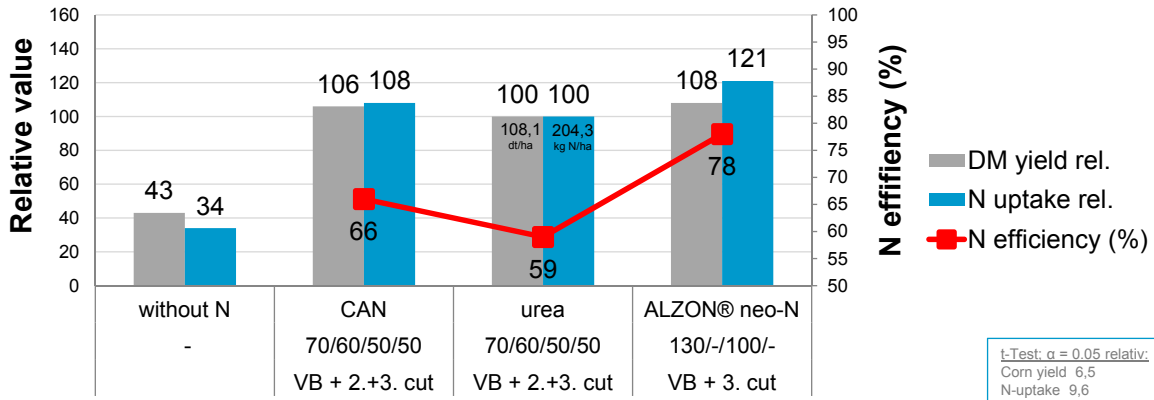
18



## ALZON® neo-N in permanent grassland



yield and N uptake of ALZON® neo-N in comparison to urea in permanent grassland (LWK Niedersachsen Obershagen 2016)



23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

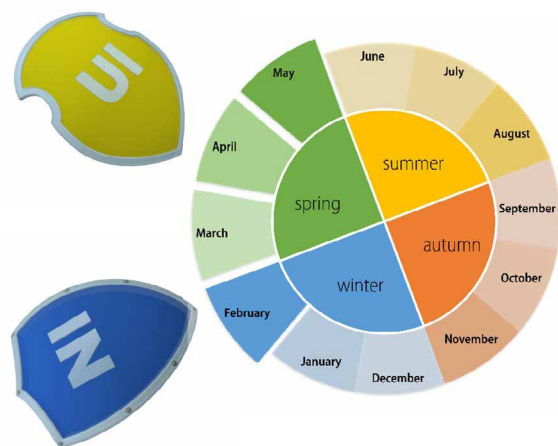
19

## Adjustment screws in nitrogen circulation - losses



### Reduce N-losses = release N-balance

- Nitrification inhibitor reduces  $\text{NO}_3$  and  $\text{N}_2\text{O}$  losses clearly
- Urease inhibitor reduces  $\text{NH}_3$  losses almost completely
- ✓ 5 to 10 kg N/ha higher N uptake
- ✓ 3 to 19 % better N efficiency



23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

20

## Stabilized fertilization reduces N balance

**Winter wheat\***  
Higher yield

traditional N fertilizer  
yield 102 dt/ha

**ALZON® neo-N**  
yield 104 dt/ha

The diagram illustrates the nitrogen cycle around a central plant. It shows the flow from urea to ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), then to nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), and finally to elementary nitrogen. A denitrification process is also shown, returning nitrogen to the atmosphere. The cycle is contained within a dashed circular boundary.

traditional N fertilizer  
210 kg/ha N

**ALZON® neo-N**  
216 kg/ha N

**Discharge of N balance**  
of 5 - 10 kg N/ha

\* results, 2013-2016, average of 21 tests  
23. Oktober 2018

ALZON® neo-N – The all-weather fertilizer

21

## 4,200 bun more per hectar with ALZON® neo-N

**skw.**  
PIESTERITZ



Helps against extreme precipitation



**ALZON**<sup>®</sup> neo-N 

The all-weather fertilizer



*The future of fertilization.*

**Chcete vědět jak se sny stávají skutečností?**

**Sledujte Youtube kanál SKW Piesteritz**

**<https://www.youtube.com/watch?v=YO1boV4XUjs&t=4s>**

# Vplyv aplikácie hnojiva s obsahom inhibítorov nitrifikácie na výšku úrody semena kapusty repkovej pravej (*Brassica napus* L.)

## *Effect of application of Fertilizer with Nitrification Inhibitors on Yield of Rapeseed (*Brassica napus* L.)*

Mária VARÉNYIOVÁ, Ladislav DUCSAY (Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre)

**Summary:** Monitoring the effect of application of fertilizer with nitrification compared to the fertilizer without nitrification inhibitors on yield of rapeseed was the main aim of the experiment. The plot-scale experiment was based in experimental year 2016/2017 in terms of agricultural cooperative in Mojmirovce. Hybrid Artoga was seeded. There was used the block method of experimental plot size of 600 m<sup>2</sup> in triplicate, in this experiment. It consisted of three treatments. The first treatment was unfertilized control. Treatments 2ENSIN and 3DASA were fertilized by single dose of nitrogen and sulfur (160 kg.ha<sup>-1</sup> N and 80 kg.ha<sup>-1</sup> S) at growth stage BBCH 20. The fertilizer ENSIN (ANAS + nitrification inhibitors dicyandiamide and 1,2,4 triazol) was applied at treatment 2ENSIN and treatment 3DASA was fertilized by ANAS without nitrification inhibitors. The highest average yield of rapeseed 3.74 t.ha<sup>-1</sup> was reached at treatment 2ENSIN. As for yield, there was not found any statistically significant difference among treatments 2ENSIN (with nitrification inhibitors) and 3DASA (without nitrification inhibitors).

**Keywords:** nitrogen nutrition, nitrification inhibitors, yield of rapeseed

**Súhrn:** Cieľom pokusu bolo sledovanie vplyvu aplikácie hnojiva s inhibítormi nitrifikácie a hnojiva bez inhibítorov nitrifikácie na výšku úrody semena kapusty repkovej pravej (*Brassica napus* L.). Poľný, poloprevádzkový pokus bol založený v pokusnom roku 2016/2017 v podmienkach poľnohospodárskeho družstva Mojmirovce. Vysiaty bol hybrid Artoga. Využitá bola blokovaná metóda s veľkosťou pokusnej parcely 600 m<sup>2</sup> v troch opakovaníach. Pokus pozostával z troch variantov. Prvý variant bol kontrolný, nehnojený. Varianty 2ENSIN a 3DASA boli hnojené jednorazovou dávkou dusíka a síry (160 kg.ha<sup>-1</sup> N and 80 kg.ha<sup>-1</sup> S) v rastovej fáze BBCH 20. Hnojivo ENSIN (DASA + inhibítory nitrifikácie dikyándiamid a 1,2,4 triazol) bolo aplikované na variant 2ENSIN. Variant 3DASA bol hnojený hnojivom DASA bez inhibítorov nitrifikácie. Najvyššia priemerná úroda semena kapusty repkovej pravej 3,74 t.ha<sup>-1</sup> bola dosiahnutá na variante 2ENSIN. Nebol zistený štatisticky preukazný rozdiel vo výške úrody medzi variantom 2ENSIN (s inhibítormi nitrifikácie) a variantom 3DASA (bez inhibítorov nitrifikácie).

**Kľúčové slová:** výživa dusíkom, inhibítory nitrifikácie, úroda semena kapusty repkovej pravej

## Úvod

Dusík je motorom rastu a dynamiky tvorby úrody. Jeho nedostatok, ale aj nadbytok v pôde a v rastline je škodlivý a jeho zásoba v pôde sa reguluje hnojením a technológiou pestovania (Michalík, 2001). Množstvo hospodárskej úrody závisí od celkového dusíka prijatého koreňovým systémom ako aj od efektívnosti jeho využitia najmä pre proces fotosyntézy a alokácie asimilátov do hospodársky dôležitých orgánov (Hay-Porter, 2006).

Zlepšenie využiteľnosti dusíka pri pestovaní kapusty repkovej pravej zníži potenciál pre znečistenie životného prostredia a zlepší hospodárske úrody. Pokiaľ ide o životné prostredie, plodina by mala dostať optimálne dávky dusíka, aby sa zabezpečil optimálny vývoj úrod a zabránilo sa následným stratám dusíka z pôdy (Behrens et al., 2001; Barlóğ–Grzebisz, 2004). Jedným z nástrojov riadenia strát dusíka z pôdy sú inhibítory nitrifikácie (Laboski, 2006). Inhibítory nitrifikácie dikyándiamid (DCD) znižuje straty dusíka vo forme  $\text{NO}_3^-$  inhibíciou rastu a aktivity pôdných baktérií, ktoré oxidujú amoniak v pôde, čím znižuje rýchlosť nitrifikácie a dusík sa udržiava v  $\text{NH}_4^+$  forme, ktorá je zadržovaná v pôde a dostupná pre rastliny (Di et al., 2010). V praxi sa často využíva aj spolupôsobenie viacerých inhibítorov nitrifikácie. Kombinácia dvoch inhibítorov dikyándiamidu a triazolu (DCD + TZ) malo za následok synergický účinok, ktorý zvyšuje nitrifikačno-inhibičný účinok predĺžením konverzie hnojiva, čo umožňuje dávku inhibítorov znížiť (Michel et al., 2001).

Významné postavenie má vo výžive kapusty repkovej pravej aj siera. Koordinácia medzi asimiláciou dusíka a síry je potrebná na to, aby vhodne poskytla rastlinám organické zlúčeniny zásadné pre ich vývoj a rast. Zdroj dusíka indukuje adaptáciu mnohých metabolických procesov v rastlinách. Existuje však len málo informácií o vplyve, ktorý môže mať na fungovanie metabolizmu síry (Coletto et al., 2017).

Cieľom pokusu bolo porovnanie aplikácie dusíkato-sírneho hnojiva s inhibítormi a bez inhibítorov nitrifikácie na výšku úrody semena kapusty repkovej pravej.

## Materiál a metódy

Polný, poloprevádzkový, výživársky pokus bol založený 27.08.2016 v podmienkach PD Mojmírovce. Použitá bola bloková metóda s veľkosťou pokusnej parcely 600 m<sup>2</sup> v troch opakovaníach. Vysiaty bol hybrid Artoga. Výsevok predstavoval 0,45 milióna klíčivých semien na 1 ha. Predplodinou bola pšenica letná forma ozimná (*Triticum aestivum* L.). Mojmírovce ležia v nadmorskej výške 140 m.n.m. a patria do kukuričnej výrobnjej oblasti. Táto oblasť je veľmi teplá, suchá s miernymi zimami. Priemerná ročná teplota je 11,9°C s ročným úhrnom zrážok 436,7 mm. Prevláda pôdny typ černoziem hnedozemná na sprašiach (societas pedologica slovac, 2014). Agrochemický rozbor pôdy zo dňa 20.08.2016 je uvedený v tabuľke 1. Z tabuľky 1 vyplýva, že obsah N<sub>an</sub> sa pohyboval v kategórii stredná zásoba, obsah fosforu bol nízky, obsah draslíka bol dobrý, obsah horčíka veľmi vysoký. Pôdna reakcia bola neutrálna.

V poloprevádzkovom polnom pokuse bol sledovaný vplyv aplikácie hnojiva s inhibítormi nitrifikácie na výšku úrody semena kapusty repkovej pravej v porovnaní s hnojením bez inhibítorov nitrifikácie. Pokus pozostával z troch variantov hnojenia. Prvý variant bol kontrolný, nehnojený. Variant 2ENSIN bol hnojený jednorazovou, celkovou dávkou dusíka 160 kg.ha<sup>-1</sup> vo forme hnojiva ENSIN, ktorý je zložený z hnojiva DASA (dusičnan amónny + síran amónny; 26 % N a 13 % S) a inhibítorov nitrifikácie DCD a TZ (dikyándiamid a 1,2,4 triazol). Variant 3DASA bol hnojený rovnakou, jednorazovou dávkou dusíka 160 kg.ha<sup>-1</sup> vo forme hnojiva DASA bez inhibítorov nitrifikácie. Oba varianty boli hnojené v rastovej fáze BBCH 20 (tab. 2). Pôdne analýzy boli vykonané bežnými analytickými metódami. Zber sa uskutočnil kombajnom Claas Lexion 770 dňa 14.07.2017.

Tabuľka 1: Agrochemická charakteristika pôdy pred založením pokusu s kapustou repkovou pravou v hĺbke 0 m–0,3 m v pokusnom roku 2015/2016 v podmienkach PD Mojmírovce zo dňa 20.08.2016

Druh rozboru pôdy	Obsah živín v mg.kg <sup>-1</sup> pôdy
	2016/2017
N <sub>an</sub> – anorganický dusík = N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> a N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15,2
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (kolorimetricky, Nesslerove činidlo)	7,3
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (kolorimetricky, kyselina fenol 2,4 disulfónová)	7,9
P–prístupný (Mehlich III–kolorimetricky)	31,5
K–prístupný (Mehlich III–plameňová fotometria)	252,4
Mg–prístupný (Mehlich III–AAS)	394,6



Druh rozboru pôdy	Obsah živín v mg.kg <sup>-1</sup> pôdy
	2016/2017
Ca–prístupný (Mehlich III–plameňová fotometria)	3 900,0
S–v roztoku octanu amónneho	2,3
pH/KCl (0,2 mol.dm <sup>-3</sup> KCl)	7,2

Tabuľka 2: Varianty hnojenia kapusty repkovej pravej (hybrid Artoga) v pokusnom roku 2016/2017 v podmienkach PD Mojmírovce

Variant	Úroveň hnojenia (N (kg.ha <sup>-1</sup> ))			Celková dávka N (kg.ha <sup>-1</sup> )
	Regeneračné (BBCH 20)	Produkčné	Kvalitatívne	
1) 0	0	0	0	0
2) ENSIN	160	0	0	160
3) DASA	160	0	0	160

## Výsledky a diskusia

Na dosahovanie vyšších úrod sa v posledných rokoch využíva spoločná aplikácia dusíkatých, resp. kombinovaných hnojív s inhibítormi nitrifikácie, ktoré majú priaznivý vplyv na redukcii vyplavovania nitrátov a N<sub>2</sub>O emisií. V pokusnom roku 2016/2017 v podmienkach PD Mojmírovce na variante 2ENSIN s pridaním inhibítorov nitrifikácie úroda predstavovala 3,74 t.ha<sup>-1</sup>, čo bola zároveň najvyššia dosiahnutá úroda spomedzi všetkých variantov pokusu (tab. 3). V porovnaní s nehnojeným kontrolným variantom 10 to v relatívnom percentuálnom vyjadrení znamenalo nárast o 92,78%. V porovnaní s variantom 3DASA, kde bolo aplikované rovnaké, dusíkato-sírne hnojivo bez inhibítorov nitrifikácie, bola úroda na variante 2ENSIN o 0,24 t.ha<sup>-1</sup> vyššia. V relatívnom percentuálnom vyjadrení to predstavuje štatisticky nepreukazný nárast o 5,65%. Vo výsledkoch viacerých prác bol zaznamenaný nulový alebo nepreukazný vplyv inhibítorov na výšku úrody pestovanej plodiny (Merino et al., 2002; Panáková et al., 2017). Niektoré výsledky dokazujú toxický účinok aplikácie inhibítorov nitrifikácie na pestované plodiny (Macadam et al., 2003). Naopak, Ložek–Slamka (2016) zistili vysoko preukazný vplyv dusíkato-sírneho hnojiva s inhibítormi nitrifikácie na výšku úrody. V porovnaní s kontrolným variantom bola úroda na uvedenom variante o 21,8% vyššia. Rovnako, Varényiová–Ducsay (2016) zistili vysoko preukazné zvýšenie úrody semena kapusty repkovej pravej, na variante hnojenom dusíkom a sírou s využitím inhibítorov nitrifikácie, o 44,20% v porovnaní s variantom, kde bol dusík a síra aplikovaný bez inhibítorov nitrifikácie.

Tabuľka 3: Vplyv variantov hnojenia na výšku úrody kapusty repkovej pravej (hybrid Artoga) v pokusnom roku 2016/2017 v podmienkach PD Mojmírovce

Variant 2016/2017	Úroda (t.ha <sup>-1</sup> )	
	Relatívne %	
1) 0	1,94 ± 0,18 aA	100,00
2) ENSIN	3,74 ± 0,18 bB	192,78
3) DASA	3,54 ± 0,04 bB	182,47
LSD varianty	0,05	0,48
	0,01	0,88

Rozdiely medzi variantmi sú štatisticky preukazné na hladine významnosti  $\alpha = 0,05$  (malé písmená) a  $\alpha = 0,01$  (veľké písmená)



## Záver

V poloprevádzkovom poľnom pokuse založenom v pokusnom roku 2016/2017 bol sledovaný vplyv aplikácie dusíkato-sírneho hnojiva s inhibítormi nitrifikácie na výšku úrody semena kapusty repkovej pravej. Najvyššia priemerná úroda semena 3,74 t.ha<sup>-1</sup> bola dosiahnutá na variante 2ENSIN. Použitie hnojiva s inhibítormi nitrifikácie malo za následok zvýšenie úrody semena o 5,65% v porovnaní s variantom 3DASA, kde bola aplikovaná rovnaká dávka dusíka a síry bez pridania inhibítorov nitrifikácie. Z výsledkov pokusu realizovanom v podmienkach PD Mojmírovce v pokusnom roku 2016/2017 vyplýva, že pridanie inhibítorov nitrifikácie má nepreukazne pozitívny vplyv na výšku úrody semena kapusty repkovej pravej.

## Použitá literatúra

- BARŁÓG, P. – GRZEBISZ, W. 2004. Effect of timing and nitrogen fertilizer application on winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). I. growth dynamics and seed yield. In *Journal of Agronomy & Crop Science*, vol. 190, pp. 305-314.
- BEHRENS, T. – HORST, W.J. – WIESLER, F. 2001. Effect of rate, timing and form of nitrogen application on yield formation and nitrogen balance in oilseed rape production. In *Plant Nutrition–Food Security and Sustainability of Agro-ecosystems*. Dodrecht : Kluwer Academic Publishers. 1043 p.
- HAY, R.–PORTER, J. 2006. *The physiology of crop yield*. 2nd Edition. Blackwell Publishing. 314 p.
- COLETO, I. – PENA, M. – ESCALANTE, J.R. – BEJARANO, I. – GLAUSER, G. – APARICIO-TEJO, P.M. – GONZÁLEZ-MORO, M.B. – MARINO, D. 2017. Leaves play a central role in the adaptation of nitrogen and sulfur metabolism to ammonium nutrition in oilseed rape (*Brassica napus*). In *BMC Plant Biology*, vol. 17, no. 157, pp. 2-13.
- 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 Microbiology Ecology*, vol. 72, pp. 386–394.
- LABOSKI, C. 2006. Does it pay to use nitrification and urease inhibitors? *Proceedings of the 2006 Wisconsin Fertilizer, Agrilime & Pest Management Conference*, vol. 45, pp. 44–50.
- LOŽEK, O. – SLAMKA, P. 2016. Effect of nitrogen-sulphur fertilization and inhibitors of nitrification on yield and quality of maize grain. In *Acta fytotechnica et zootechnica*, vol. 19, no. 2, pp. 45-50.
- MACADAM, X.M.B. – PRADO, A. – MERINO, P. – ESTAVILLO, J.M. – PINTO, M. – GONZÁLEZ-MURUA, C. 2003. Dicyandiamide and 3,4-dimethyl pyrazole phosphate decrease N<sub>2</sub>O emissions from grassland but dicyandiamide produces deleterious effects in clover. *Journal of plant physiology*, vol. 160, pp. 1517–1523.
- MERINO, P. – ESTAVILLO, J.M. – GRACIOLLI, L.A. – PINTO, M. – LACUESTA, M. – MUÑOZ-RUEDA, 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. In *Soil Use and Management*, vol. 18, pp. 135-141.
- MICHALÍK, I. 2001. *Molekulárne a energetické aspekty príjmu a asimilácie živín v rastlinách*. Nitra : SPU. 158 p.
- MICHEL, H.J. – NICLAS, H.J. – LANG, B. – WOZNIAK, H. – FUCHS, M. – ZHANG, Z.M. – CHEN, G.X. 2001. Dicyandiamide + 1H-1,2,4-Triazole – a new nitrification inhibitor. In LANZHOU, J.I. et al.. *Fertilization in the Third Millennium–Fertilizer, Food Security and Environmental Protection*. Beijing, China, pp. 1072-1079.
- PANÁKOVÁ, Z. – VARÉNYIOVÁ, M. – SLAMKA, P. – LOŽEK, O. 2017. Hodnotenie účinku humínových látok v hnojive DASA H a inhibítorov nitrifikácie v hnojive ENSIN vo výžive pšenice letnej f. ozimnej. In *Agrochémia*, vol. 21, no. 2, pp. 3-8.
- SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA. 2014. *Morphogenetic soil classification system of Slovakia*. Basal reference taxonomy. Bratislava: NPPC-VÚPOP Bratislava.
- VARÉNYIOVÁ, M. – DUCSAY, L. 2016. Vplyv hnojenia s využitím inhibítorov nitrifikácie na výšku úrody semena kapusty repkovej pravej (*Brassica napus* L.). In *Prosperujúce olejniný 2016*. Praha : Česká zemědělská univerzita, pp. 54-56.

# Výživa máku setého s využitím hnojiv s inhibitory nitrifikace.

Ing. Pavel Cihlář Ph.D. (ČZU v Praze)

Při pěstování máku, bychom měli klást důraz na zásobení půdy všemi základními živinami a pH půdy. Toto vše souvisí nejen s optimálním růstem a odolností vůči stresovým vlivům (choroby, škůdci, přísušek), ale i obsahu Cd ve výsledné produkci semen.

Při volbě dávky N hnojiv pak vycházíme zejména z obsahu minerálního dusíku v půdě. Obecně lze konstatovat, že po obilních předplodinách s vysokým výnosem a zapravenou slámou volíme dávky blížíící se ke 100 kg N/ ha. Naopak po lepších předplodinách popř. po neúrodě se dávka pohybuje okolo 60 kg N/ha. Obsahy dalších živin v půdě by rovněž měly být v dostatečném množství. Mák je náročný jak na fosfor tak i draslík. Při hnojení N je optimální aplikaci rozdělit na dvě dávky cca ½ a ½.

Z výsledků pokusů vychází jednoznačně aplikace před setím ať už „klasických“ pevných hnojiv např. DASA, popř. tzv. stabilizovaných hnojiv, a to i s obsahem síry nebo kapalných DAM popř. SAM. Poté je vhodné dohnojit dle potřeby od fáze 4. listu až do háčkování poupat např. hnojivem LAD.

V tabulkách 1 – 3 jsou uvedeny výsledky pokusů s mákem setým realizovaných na Výzkumné stanici ČZU v Červeném Újezdu.

Tab.1: Metodika a výsledky pokusů v roce 2012

<b>před setím</b>	<b>8 listů</b>	<b>butonizace</b>	<b>výnos semen (t/ha)</b>
LAD 55 kg N/ha	LAD 55 kg N/ha		0,71
ALZON 84 kg N/ha		DASA 26 kg N/ha	0,82
ENSIN 110 kg N/ha			0,82

Tab.2: Metodika a výsledky pokusů v roce 2014

<b>hnojení před setím</b>	<b>hnojení 8 listů</b>	<b>výnos t/ha</b>
DASA 55 kg N/ha	LAD 55 kg N/ha	2,00
ENSIN 55 kg N/ha	LAD 55 kg N/ha	2,13
ALZON 55 kg N/ha	LAD 55 kg N/ha	2,23
-	-	1,57

Tab.3: Metodika a výsledky pokusů v roce 2017

<b>Před setím</b>	<b>8 listů</b>	<b>Výnos t/ha</b>
DASA 55 kg N/ha	LAD 55 kg N/ha	0,74
ENSIN 110 kg/ha		0,803
Humatizovaná DASA 55 kg/ha		0,796
-	-	0,564

Z výše uvedených tabulek je zřejmé, že hnojiva s inhibitory nitrifikace mají svoje nezastupitelné místo ve výživě máku dusíkem. Jsou vhodné zejména k základnímu hnojení (před setím). V suchých letech jsou pak nejvýnosnější varianty, kde byla celková dávka N aplikována v hnojivech s inhibitory nitrifikace před setím a další hnojení již nebylo provedeno.

# DUSLO®

ENERGY OF YOUR GROWTH

YEARS OF  
PROGRESS

6

1958  
2018



## Hnojivá s inhibítorm

# ENSIN®

Granulované N hnojivo s obsahom S  
a **inhibítorov nitrifikácie** – HNOJIVO ES

Inhibítor spomaľuje transformáciu amoniakálneho [  $\text{NH}_4^+$  ]  
na dusičnanový [  $\text{NO}_3^-$  ] dusík

**Celkový dusík N**    - 26 %  
z toho amoniakálny - 18,5 %  
          dusičnanový - 7,5 %

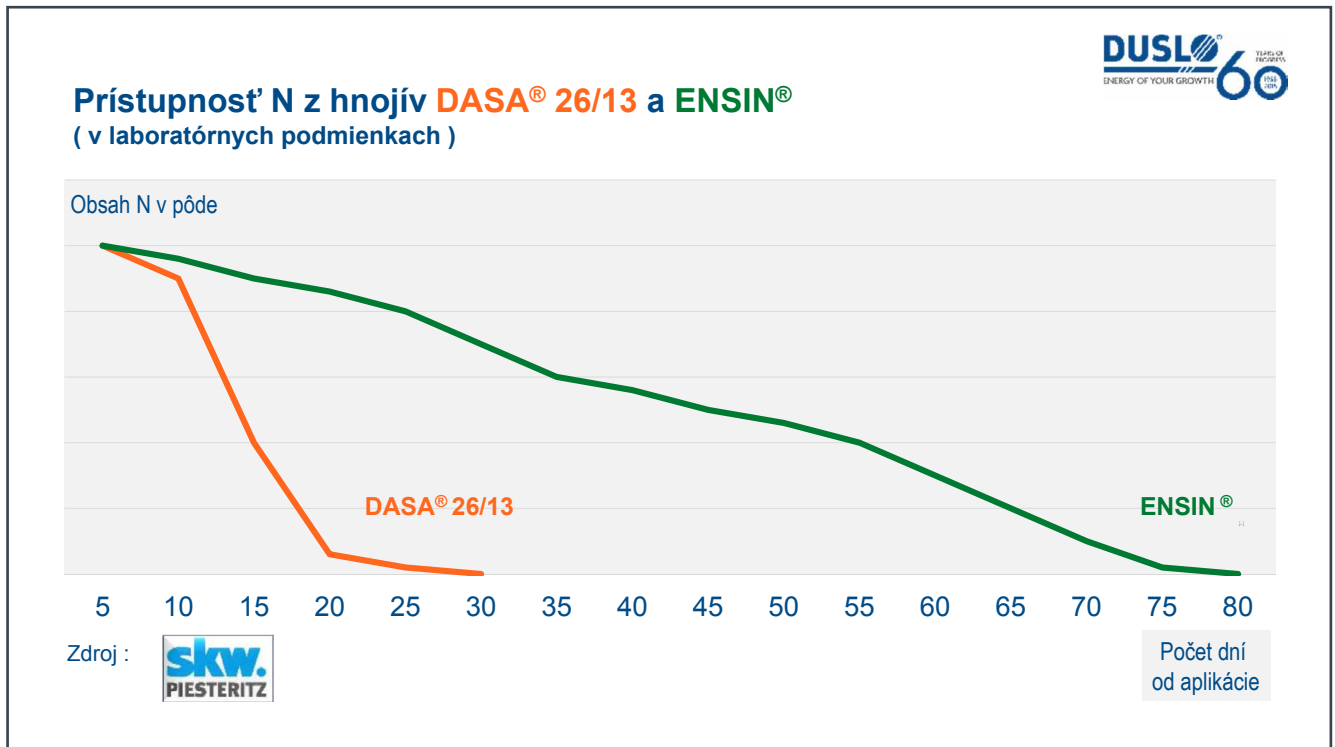
**Obsah S**                    - 13 %

Inhibovaná DASA®

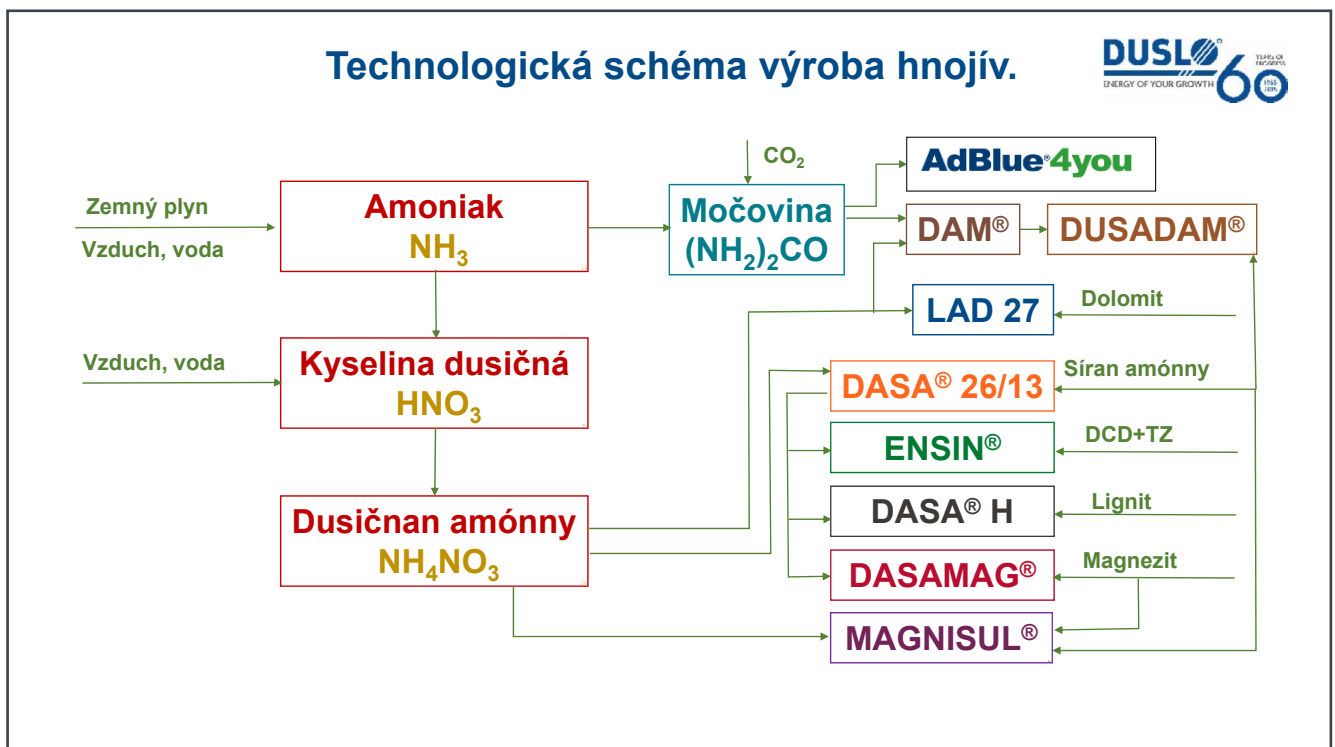




Spoločnosť DUSLO sa problematike inhibovaných hnojív venuje dlhodobo, výsledkom čoho, je už na trhu etablované hnojivo ENSIN. Je to produkt s obsahom 26% dusíka, 13% S a inhibítormi nitrifikácie. Primárnym rozdielom oproti inhibovaným močovínám je obsah 7,5% rýchleho dusičnanového N a obsah síry.



Inhibítory nitrifikácie spomaľujú transformáciu amoniakálneho dusíka na dusičnanový, na čo poukazuje aj tento graf. Treba brať do úvahy, že uvedené hodnoty sú namerané v laboratórnych podmienkach. V praxi sú hodnoty prirodzene iné, závislé najmä na pôdno - klimatických podmienkach, ale samotný princíp inhibície zostáva ten istý.



Z pohľadu výroby je ENSIN postavený na báze hnojiva DASA s ktorou má aj identický obsah živín. Jediným rozdielom je pridaná hodnota vo forme inhibítorov.

# Výsledky viacročných pokusov s hnojivom

## ENSIN®

ENSIN dlhodobo skúšame v podmienkach veľkovýrobnej praxe formou poloprevádzkových pokusov, ktoré sú realizované priamo na podnikoch prvovýroby, so štandardnou agrotechnikou používanou aj na ostatnej produkčnej ploche, v rôznych výrobných podmienkach v rámci celej SR. Prezentované výsledky predstavujú priemery troj a viac ročných pokusov.

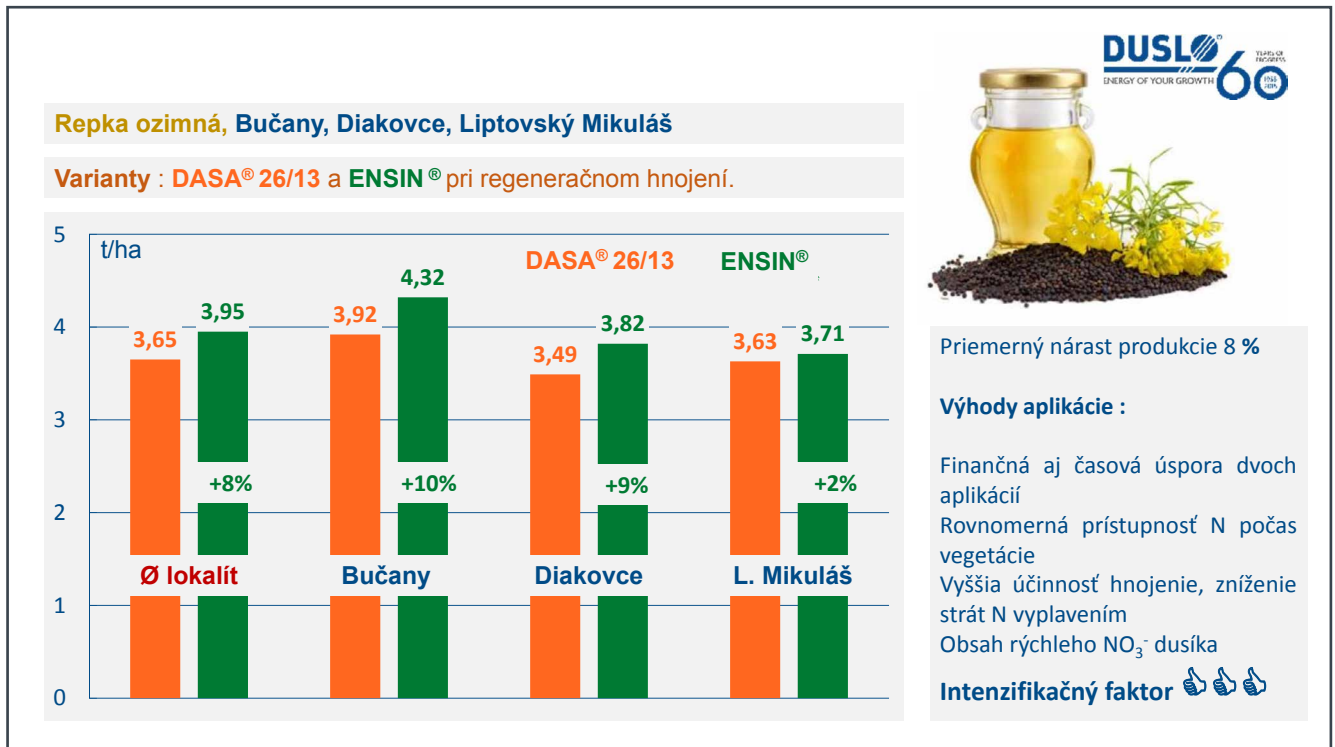


Varianty výživy.

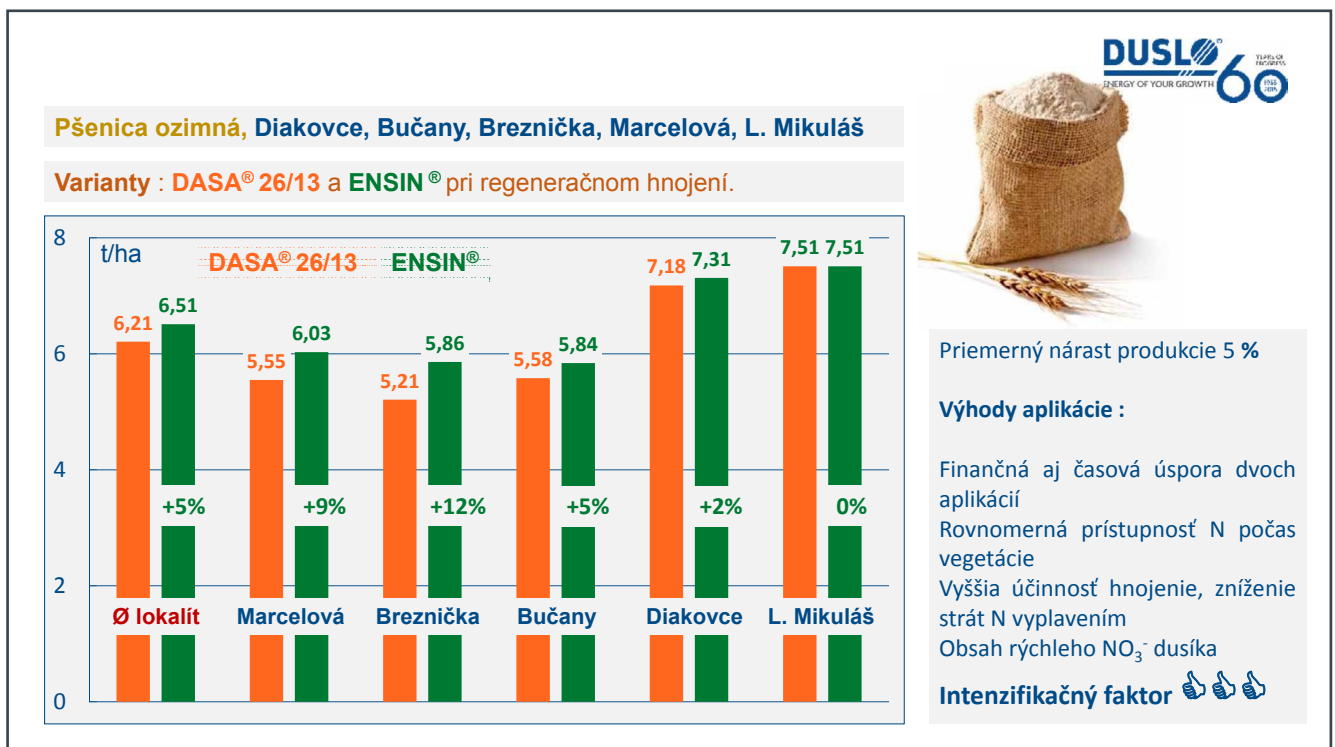


	Variant 1	Variant 2
Základné hnojenie	<b>NPK 15:15:15</b>	<b>NPK 15:15:15</b>
Regeneračné hnojenie	<b>DASA® 26/13</b>	<b>ENSIN®</b>
Produkčné hnojenie	<b>LAD 27 / DASA® 26/13 / DAM®</b>	
Produkčné / kvalitatívne hnojenie	<b>LAD 27 / DAM®</b>	
Bilancia N	160 - 200 kg N / ha	160 - 200 kg N / ha

Na plodinách repka ozimná a pšenica ozimná sme porovnávali systém delených dávok dusíkatých hnojív a jednorazovej aplikácie hnojiva ENSIN.






Priemer troch lokalít s ozimnou repkou nám dal o 8% vyššiu úrodu v prospech jednorazovej aplikácie hnojiva ENSIN. Variabilita výsledkov bola dosť široká nielen v rámci lokalít, ale aj v rámci ročníkov.



Priemer piatich lokalít s ozimnou pšenicom bol o 5% produkčnejší v prospech jednorazovej aplikácie hnojiva ENSIN. Variabilita výsledkov v rámci lokalít, ale aj v rámci ročníkov bola ešte výraznejšia ako pri repke.



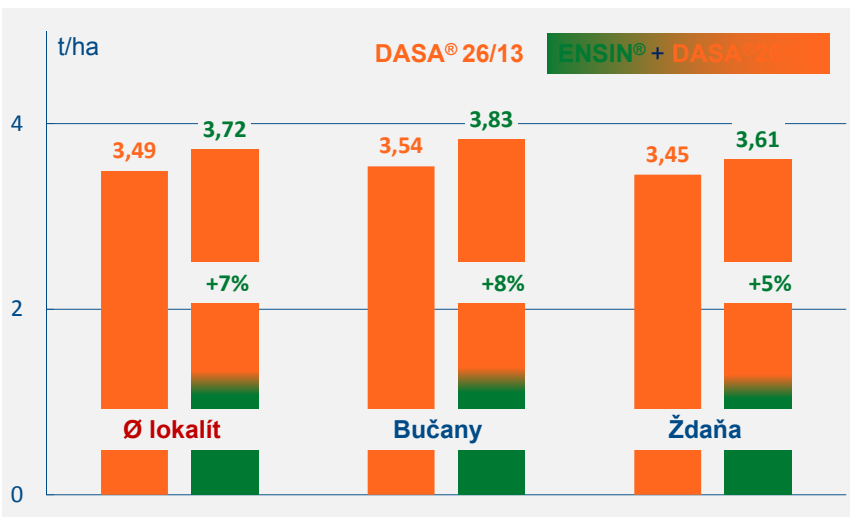
**Variety výživy.**

	Variet 1	Variet 2
Základné hnojenie	<b>NPK 15:15:15</b>	<b>NPK 15:15:15</b>
Jesenné prihnojenie		<b>ENSIN® ( 30 kg N / ha )</b>
Regeneračné hnojenie	<b>DASA® 26/13</b>	<b>DASA® 26/13</b>
Produkčné hnojenie	<b>LAD 27 / DAM®</b>	<b>LAD 27 / DAM®</b>
Produkčné / kvalitatívne hnojenie	<b>LAD 27 / DAM®</b>	<b>LAD 27 / DAM®</b>
Bilancia N	160 - 200 kg N / ha	160 - 200 kg N / ha



V poslednom období veľmi diskutovaná neskorá jesenná aplikácia dusíku. V repke ale aj v pšenici sme porovnávali variety s a bez jesenného prihnojenia.

**Repka ozimná, Bučany, Ždaňa**

**Variety : DASA® 26/13 a neskorá jesenná aplikácia hnojiva ENSIN®**



Location	DASA® 26/13	ENSIN® + DASA® 26/13	% Increase
Ø lokalít	3,49	3,72	+7%
Bučany	3,54	3,83	+8%
Ždaňa	3,45	3,61	+5%

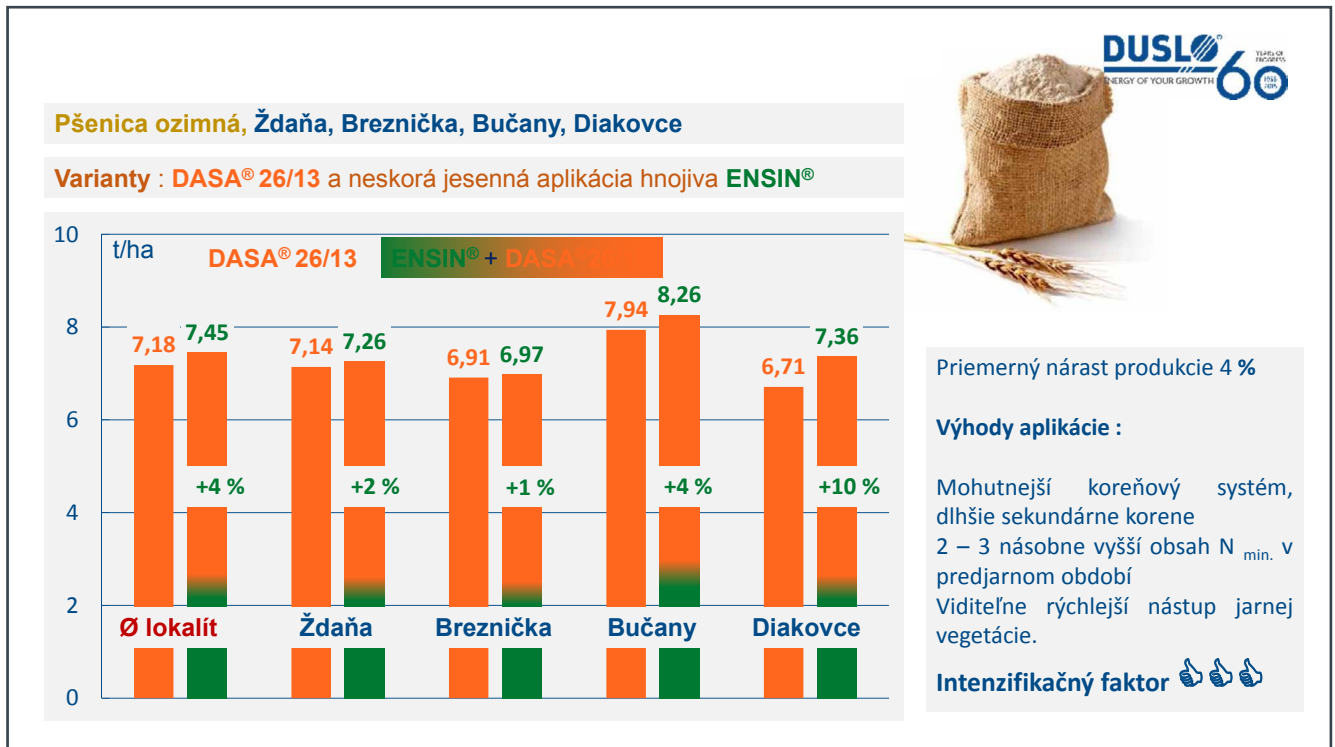
**Priemerný nárast produkcie 7 %**

**Výhody aplikácie :**

Vyšší nárast koreňovej hmoty v zimnom období  
2 – 3 násobne vyšší obsah N<sub>min.</sub> v predjarnom období  
Viditeľne rýchlejší nástup jarnej vegetácie.

**Intenzifikačný faktor** 👍👍👍

V repke ozimnej priemer dvoch lokalít poskytol pri jesennom prihnojení o 7 % vyššiu produkciu.

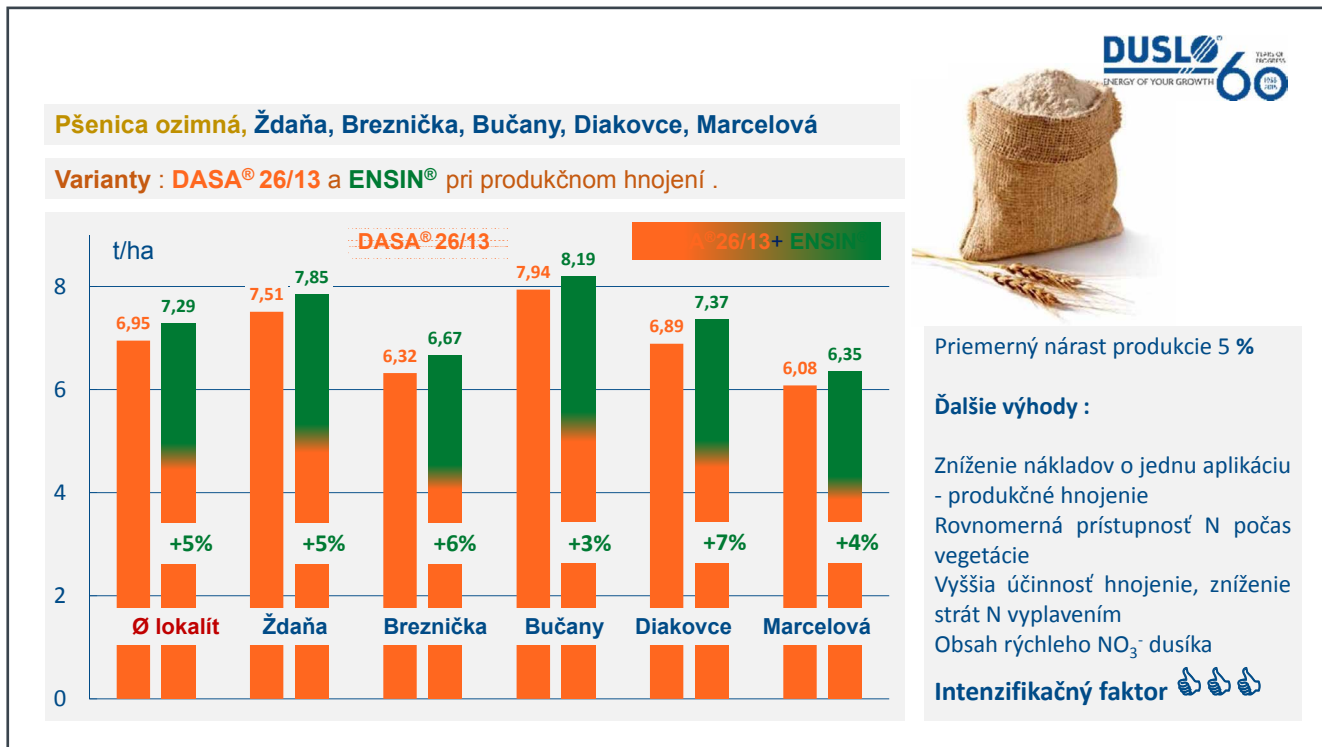


Pozitívny vplyv jesenného prihnojenia sme zaznamenali aj pri ozimnej pšenici, aj keď priemerný nárast produkcie o 4 % nebol až taký výrazný ako pri repke.

**Varianty výživy.**

	Variant 1	Variant 4
Základné hnojenie	NPK 15:15:15	NPK 15:15:15
Regeneračné hnojenie	DASA®26/13	DASA®26/13
Produkčné hnojenie	DAM®	ENSIN®
Kvalitatívne hnojenie	LAD 27	
Bilancia N	185 kg N / ha	185 kg N / ha

Už aj praxi overená a používaná kombinácia regeneračné hnojenie DASA resp. LAD a produkčné hnojenie ENSIN v porovnaní s tromi delenými dávkami N v pšenici ozimnej.

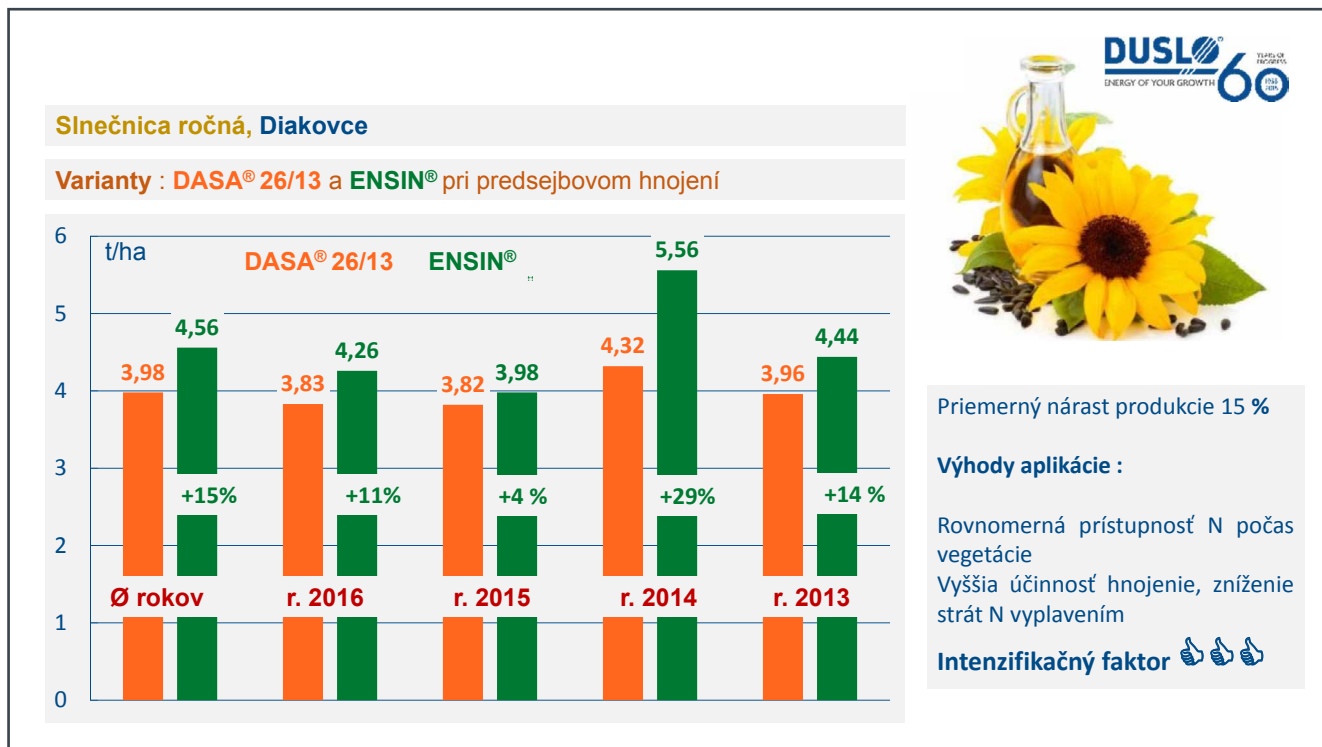


Vo všetkých piatich lokalitách bol relatívne vyrovnaný nárast produkcie v prospech kombinácie DASA ( LAD ) + ENSIN. Nezanedbateľný je aj dopad na životné prostredie keď pri čoraz častejších privalových dažďoch práve ENSIN znižuje riziko znečistenia vodných zdrojov vyplaveným N.

**Variety výživy.**

	Variant 1	Variant 2
Základné hnojenie	<b>NPK 8:24:24</b>	<b>NPK 8:24:24</b>
Predsejbová plošná aplikácia	<b>DASA®26/13</b>	<b>ENSIN®</b>
Bilancia N	96 kg N / ha	96 kg N / ha

V slnečnici sme porovnávali agronomickú účinnosť hnojív DASA a ENSIN pri plošnej aplikácii pred sejbou .



Výsledky štvorročného pokusu jednoznačne preukázali, že ENSIN je veľmi vhodnou a ekonomicky výhodnou alternatívou pri hnojení slnečnice.

# ENSIN®

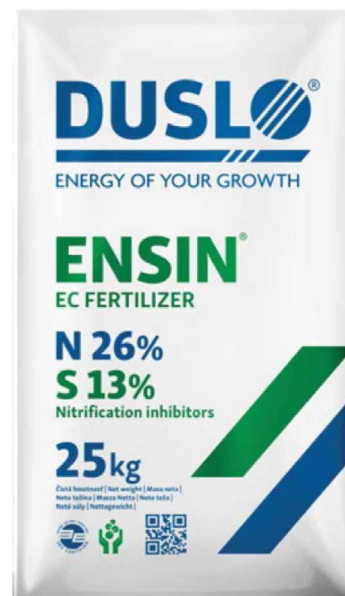
## Odporúčania vyplývajúce z pokusov.

### Vhodné na :

- Regeneračné hnojenie repky ozimnej a pšenice ozimnej
- Produkčné hnojenie N a S repky ozimnej a pšenice ozimnej
- Jesenné prihnojenie N a S repky ozimnej a pšenice ozimnej
- Základné hnojenie N a S pri pestovaní slnečnice

### Menej vhodné na :

- Hnojenie jarných obilnín



## Mobilná aplikácia





**Podrobné informácie o našich produktoch**

**Kontakty DUSLO aj distribučná sieť**

**Praktická kalkulačka prevodu aplikačných dávok**

**Inštalácia :**

OS – Android 4.1 a vyšší  
iOS 8.0 a vyšší

Google Play  
App Store

Inštalácia pre iOS

Inštalácia pre Android




[duslo.sk](http://duslo.sk) - minerálne hnojivá - agrofórum

Viac informácií o pokusoch ako aj ďalších produktoch spoločnosti DUSLO nájdete na našich webových stránkach [duslo.sk](http://duslo.sk), ako aj v rámci našej mobilnej aplikácie. Podrobnejšie informácie o našich pokusoch nájdete v sekcii agrofórum, ktorá sa nachádza ako na webových stránkach tak aj v rámci mobilnej aplikácie, je pravidelne aktualizovaná a vytvorená pre potreby výrobnjej poľnohospodárskej praxe.



YEARS OF PROGRESS

# 60

1958  
2018



## Ďakujeme za pozornosť

Sme radi, že ste si pozreli našu prezentáciu a veríme, že nielen ENSIN hnojivo s inhibítormi, ale aj ostatné typy hnojív z našej produkcie ako sú LAD, DASA, DASAMAG, MAGNISUL, DAM, DUSADAM, DUMAG vám výrazne pomôžu byť úspešným pestovateľom a producentom rastlinných komodít.



# Hnojiva s inhibitory nitrifikace ve výživě máku a slunečnice

**Petr Škarpa, Marie Školníková (Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně)**

Hnojení dusíkatými hnojivy je běžné intenzifikační opatření u všech plodin, nevyjímaje mák i slunečnici. Z již dříve prezentovaných výsledků výzkumu vyplývá, že je vhodné dávku dusíku během vegetace dělit. Jedná se o živinu, která je mobilní a po aplikaci na půdu podléhá ztrátám. Ty mohou být, s ohledem na použité hnojivo (formu dusíku), v podobě plynné (volatilizace amoniaku), nebo dochází k vyplavení (nitrátového N). Tyto ztráty, nejen že snižují rentabilitu pěstování, ale významně zatěžují složky životního prostředí (především atmosféru a hydrosféru).

Ztráty volatilizací, tedy těkáním dusíku v podobě amoniaku s povrchu či svrchních vrstev půdy, mohou dosahovat různých úrovní, v závislosti na půdně-klimatických podmínkách, použitém typu, dávce a způsobu aplikace hnojiv. Mezi základní vnější faktory spolupůsobící na uvolňování  $\text{NH}_3$  z hnojiv řadíme teplotu (čím tepleji, tím je intenzivnější), vlhkost (při poklesu vlhkosti v půdě, zejména na jejím povrchu, se intenzita volatilizace zvyšuje), hodnotu pH půdy (intenzivněji těká amoniak v podmínkách alkalických), ale také druh půdy (zvýšené množství minerálních a organických koloidů snižuje ztráty amoniaku volatilizací). Amoniak ze zemědělské výroby (produkovan zejména chovem hospodářských zvířat a na něj navázané výroby, skladování a použití statkových hnojiv) na jeho celkové emise v ČR dominuje (cca 90 %). Z Národního programu snižování emisí (NPSE), schváleném usnesením vlády č. 978, plyne pro MZe řada závazků, které jsou směřovány k období do roku 2020. Podle dokumentu „Státní politika životního prostředí ČR 2012-2020“ je snaha snížit emise  $\text{NH}_3$  o 10 % v zemědělství s výhledem do roku 2030. Dosavadní pokles emisí amoniaku v ČR způsobený redukcí stavů hospodářských zvířat a zavedením metod aplikace statkových a organických hnojiv (např. systém vlečených hadic a botek, injektážní aplikace, aj.) zvyšuje podíl emitovaného  $\text{NH}_3$  důsledkem používání minerálních hnojiv, který dle ČHMÚ tvoří více než 26% podíl jeho celkových emisí. Jak již bylo uvedeno, volatilizací se uvolňuje dusík především z organických hnojiv (keжда, močůvka, chlévský hnůj, digestáty), v případě minerálních hnojiv jsou nejvýznamněji postiženy ztrátami těkáním močoviny a hnojiva s amonnou formou N nebo jejich kombinací. Způsob a rychlost jejich zapravení po aplikaci na půdu sehrává jednu z rozhodujících rolí v produkci plynných ztrát. Uvedené typy minerálních hnojiv, které podléhají volatilizaci, patří mezi běžně používané vstupy dusíku na orné půdě.

Kromě již zmíněného amoniaku je důležitým skleníkovým plynem i  $\text{N}_2\text{O}$  jehož nejvýznamnější antropogenní zdroj je podle Denmana et al. (2007) rovněž zemědělství (67 % z celkových emisí). Z uvedeného podílu ztrát je jejich významná část (cca 25 %) připisována  $\text{N}_2\text{O}$  produkovaného právě denitrifikací nitrátu. A právě vyplavování  $\text{NO}_3^-$ , na jehož části se do jisté míry podílí minerální hnojiva a úroveň jejich efektivního využití, představuje další významný riziko především pro vody (nitrátová směrnice - NV č. 262/2012Sb.). Nitrát je přirozeně produkovan nitrifikací, což je oxidační proces, při kterém je amonný dusík dvoufázově oxidován autotrofními mikroorganismy až na  $\text{NO}_3^-$ , jak prezentuje schéma:



Intenzita nitrifikace je významně ovlivněna vnějšími podmínkami. Nejintenzivněji probíhá při dostatku vzduchu v půdě, teplotách od 15 do 30 °C, vlhkosti půdy v rozmezí 40 – 60 % maximální vodní kapacity a půdní reakci na úrovni 6,2 – 9,2. Naopak při teplotách pod 5 °C se téměř zastavuje. Vlivem nitrifikace může docházet k výrazným ztrátám na dusíku vyplavením nebo následnou denitrifikací. Z dlouhodobých výsledků Prchalové a Klementa (2013) vykazovalo z celkového počtu provedených N-bilancí na orné půdě přebytek dusíku u cca



79% případů (N potenciálně ohrožující životní prostředí). Největší podíl na ztrátách zaujímá tvorba plyných emisí (30-40 kg/ha) následovaných vyplavením (7-10 kg/ha).

Z důvodu omezení ztrát dusíku nabývají aktuálně stále více na významu pomalu působící (stabilizovaná) hnojiva. Tato hnojiva obsahují látky zpomalující přeměnu dusíku (inhibitory). Na trhu jsou tak dostupná hnojiva s inhibitory nitrifikace, inhibitory ureázy, nebo jejich kombinací.

Inhibitory ureázy, které se používají v kombinaci s hnojivy obsahující amidickou formu N (tedy močoviny a hnojivem DAM), dočasně brání přeměně močoviny na amonnou formu dusíku. Díky tomu se u povrchově aplikovaných hnojiv aditivovaných inhibitory ureázy snižují ztráty volatilizací, zejména za sucha, kdy nedojde k jejich rozpuštění. Po rozpuštění (srážkami) močovina proniká do kořenové zóny, kde postupně klesá koncentrace inhibitoru v hnojivu, vlivem čehož dochází k hydrolýze močoviny a uvolňování  $\text{NH}_4^+$ . Než však dojde k hydrolýze, močovina se účinkem působením inhibitoru ureázy v dostatečné míře pohybuje půdou ke kořenům, bez toho aniž by docházelo k nežádoucí fixaci  $\text{NH}_4^+$  na povrchu půdy a následnému úniku amoniaku do ovzduší (Růžek, Pišánová 2007). Z inhibitorů ureázy je nejvíce rozšířena látka NBPT.

Kromě inhibitorů ureázy se na trhu s hnojivy uplatňují produkty s inhibicí nitrifikace (např. DCD, DMPP, MPA, TZ aj.). Inhibitory nitrifikace mají za úkol stabilizovat amonný dusík v půdě a omezit proces jejich oxidace do podoby nitrátů. Tento proces prodlužuje setrvání sorbovatelného N v půdě a oddaluje jeho vyplavení. Zatím co použití hnojiv s inhibitory ureázy je vhodnější do oblastí aridnějších (zamezení volatilizace povrchově aplikovaného N), hnojiva aditivovaná inhibitory nitrifikace jsou využitelná především v oblastech s promívným režimem, vyšším úhrnem srážek a podobně jako hnojiva s inhibitory ureázy vhodné k aplikaci vyšších jednorázových dávek N.

Využití dusíkatých hnojiv s inhibitory jeho přeměny je dnes běžnou realitou zemědělské praxe. V praxi se uplatňují především ve výživě obilnin, řepky ozimé, kukuřice, zmínky o jejich využití najdeme i u dalších plodin (brambory aj.). Pokusy s využitím inhibovaných hnojiv u máku byly již publikovány, v případě slunečnice nemají v ČR historii. V experimentální části příspěvku jsou prezentovány výsledky polních experimentů ověřující účinek hnojiv s inhibitory nitrifikace na výnos máku a produkci a olejnatost nažek slunečnice.

## Mák

Malopracelkový pokus, jehož cílem bylo srovnání účinku vybraných N hnojiv, aplikovaných před setím, na výnos máku setého. Ten probíhal v letech 2006 a 2007 na pozemku ZD Morkovice, a.s.

Pozitivně se na výnos semene uplatnila amidická forma dusíku oproti LAV. Uplatnění močoviny na výnosu máku je však závislé na povětrnostních podmínkách. Její použití bude efektivnější za chladnějšího a vlhčího jara než za suššího a teplejšího jara. Můžeme předpokládat, že za chladného počasí ztráty amonného dusíku volatilizací po rozkladu močoviny jsou malé a amidický dusík se dostává ve formě močoviny do hlubších vrstev, kde se postupně přeměňuje na dusík amoniakální a dále nitrifikací na dusík nitrátový. To vede k jeho pomalejší přeměně a k lepšímu využití rostlinami. V případě že je hnojivo obohaceno o inhibitor nitrifikace (ALZON), může být jeho vliv na produkci semen výrazný. Výsledkem je vyšší výnos semene, jak ukazuje tab. 1.

Tab. 1 Průměrné výsledky sklizně máku z let 2006 a 2007

Var. hnojení	Výnos semene t/ha				Průměr za pokusné roky
	2006	rel. %	2007	rel. %	rel. %
Kontrola - (0 kg N)	1,691	100,0	0,868	100,0	100,0
LAV (90 kg N)	1,821	107,7	0,980	112,9	110,3
Močovina (90 kg N)	2,016	119,2	0,936	107,8	113,5
ALZON1 (90 kg N)			1,080	124,4	124,4

1 pokus probíhal pouze 1 rok

## Slunečnice

V roce 2018 byla u slunečnice odrůdy ES Biba testována hnojiva s inhibitory nitrifikace na výnos nažek a jejich kvalitu. Před setím byla provedena aplikace močoviny, u kontrolní varianty v jednorázové dávce 200 kg/ha. U variant s dělenou aplikací dusíku byla dávka močoviny poloviční, porost byl následně v průběhu vegetace (fáze 8. listu) přihnojen NS hnojiv (Lovogran a DASA) a jejich ekvivalenty obsahující inhibitor nitrifikace Lovogran IN (granulované dusíkato-sírné hnojivo obsahující 20% N a 20,5% S v kombinaci s inhibitory nitrifikace DCD a TZ) a ENSIN (granulované hnojivo s obsahem 26% N a 13% S aditivované inhibitory nitrifikace DCD a TZ) v dávce 40 kg N/ha, jak uvádí tabulka 2.

Tab. 2 Schéma pokusu z roku 2018

Varianta hnojení	před setím						8. list
	Hnojivo kg/ha	Dávka hnojiva	Dávka N	Hnojivo kg/ha	Dávka hnojiva	Dávka N	Dávka S
1. kontrola		200	92	-	-	0	0
2. Lovogran		100	46	Lovogran	200	40	41
3. Lovogran IN	močovina			Lovogran IN	200	40	41
4. DASA H				DASA	155	40	20
5. ENSIN				ENSIN	155	40	20

Z průměrné úrovně výnosu slunečnice roku 2018, která dosáhla 2,0 t/ha, je patrné, že se na její hodnotě významně podílel průběh počasí, zejména deficit vody. V období od začátku roku do sklizně slunečnice byl zaznamenán srážkový úhrn 230 mm. Uvedený deficit vody dokumentuje srážkový úhrn srovnatelného období z roku 2016 (450 mm), kdy na stejné lokalitě probíhal pokus se slunečnicí s průměrným výnosem 4,8 t/ha.

Z výsledků experimentů již dříve publikovaných je možné dělenou aplikaci N hnojiv, umocněnou přihnojením síry, doporučit jako vhodné intenzifikační opatření při pěstování slunečnice. Hnojení dusíkem v kombinaci se sírou realizované ve fázi 8. listu klasickými hnojiv (Lovogran, DASA H) zvýšilo výnos ve srovnání s jeho jednorázovou aplikací (kontrolou) v průměru o 6,8%. I přes statisticky neprůkazný ( $P \leq 0,05$ ) účinek výsledky potvrzují zvýšenou potřebu slunečnice čerpat dusík zejména v období mezi 5. párem pravých listů a počátkem kvetení. V této fázi vývoje slunečnice přijímá 70 až 90% N. Přihnojením Lovogranu, jehož dávka na úrovni 40 kg N zabezpečuje rostlinám nejvyšší množství síry (hnojivo Lovogran obsahuje 2,1krát více S, než hnojivo DASA H) a ve své podstatě fyziologických funkcí v metabolismu rostlin pozitivně působí na utilizaci dusíku během vegetace, bylo dosaženo nejvyššího výnosu (tab. 3). Účinek inhibitorů nitrifikace závisel na druhu hnojiva. Zatímco aplikace ENSINU mírně zvýšila výnos ve srovnání s variantou dohnojenou hnojivem DASA H, přihnojení inhibitorem aditivovaného Lovogranu IN nebylo efektivnější než tomu bylo u již zmíněného Lovogranu (graf 4). Bezesrážkový průběh počasí ve vegetaci slunečnice může být vysvětlením relativně malého rozdílu ve výnosovém efektu klasických hnojiv a jejich inhibovaných ekvivalentů.

Tab. 3 Vliv hnojení na výnos nažek, olejnatost a produkci oleje

Varianta hnojení	Výnos nažek (t/ha)	Rel. %	Olejnatost (%)	Rel. %	Produkce oleje (t/ha)	Rel. %
1. kontrola	1,95 a	100,0	44,28 ab	100,0	0,86	100,0
2. Lovogran	2,13 a	109,3	43,96 a	99,3	0,94	108,4
3. Lovogran IN	2,06 a	106,0	43,71 a	98,7	0,90	104,3
4. DASA H	2,03 a	104,3	44,88 b	101,3	0,92	107,1
5. ENSIN	2,09 a	107,7	44,24 ab	99,9	0,92	107,1

$P \leq 0,05$  - Následné testování (Fisherův LSD test) – jsou-li u výnosu a olejnatosti písmena stejná, mezi variantami není statisticky průkazný rozdíl ( $p \leq 0,05$ )

V olejnatosti nažek byly mezi variantami hnojení zjištěny průkazné rozdíly ( $P \leq 0,05$ ). Její úroveň na variantě hnojené hnojivem DASA H byla průkazně nejvyšší, i když se obsah oleje u variant pohyboval ve velmi úzkém intervalu. U všech variant přihnojených dělenou aplikací NS hnojiv se produkce oleje zvýšila, oproti kontrole o 4,3 – 8,4 %.

## Závěr

O účinnosti dusíkatého hnojení na výnos semen máku rozhoduje vedle dávky a termínu hnojení také forma dusíku, a to zejména v závislosti na vývojové fázi s přihlédnutím k průběhu počasí. Zvláště při vlhkém a chladném jaru při aplikaci jednorázové dávky dusíku před setím je vhodné využít hnojiva s inhibitorem nitrifikace.

Slunečnice velmi dobře reagují na dělenou aplikaci dusíkatých hnojiv. Výnos nažek rovněž pozitivně ovlivňuje přihnojení síry. Nově byly v jednoletém pokusu testovány hnojiva obsahující inhibitory nitrifikace. Jejich pozitivní efekt na výnos nebyl v roce 2018 prokázán, především vlivem suchého počasí. Předpoklad vyššího výnosového efektu po užití hnojiv aditivovaných inhibitory nitrifikace lze očekávat v letech s vyšším srážkovým úhrnem nebo při hnojení formou jednorázových dávek.

## Literatura

Denman, K. L., et al. (2007): Couplings between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. In: Solomon, S., et al., Eds., Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, 500-587.

Prchalová, R., Klement, V. (2013): Lyzimetrická sledování. Výsledky lyzimetrického měření Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského za 25 let sledování. ÚKZÚZ Brno. ISBN 978-80-7401-078-1. 44 p.

Růžek, P., Pišánová, J. (2007): Možnosti usměrnění přeměn dusíku v půdě s využitím inhibitorů ureázy a nitrifikace. In: Sborník z 13. mezinárodní konference Racionální používání hnojiv, ČZU Praha, 34-38.

## UCELENÝ SORTIMENT HNOJIV

DUSÍKATÁ | FOSFOREČNÁ | DRASELNÁ | VÍCESLOŽKOVÁ | STABILIZOVANÁ  
VÁPENATÁ | HOŘEČNATÁ | S OBSAHEM SÍRY | LISTOVÁ A SPECIÁLNÍ



### KOMPLEXNÍ SERVIS:

LOGISTIKA

SKLADOVÁNÍ HNOJIV

BALENÍ A DOPRAVA AŽ NA MÍSTO URČENÍ

ŠKOLENÍ DISTRIBUTORŮ I KONEČNÝCH ZÁKAZNÍKŮ

ODBORNÉ PORADENSTVÍ

[zla@agrofert.cz](mailto:zla@agrofert.cz)

[www.agrofert.cz](http://www.agrofert.cz)

[www.mojehnojiva.cz](http://www.mojehnojiva.cz)