

**Výzkumný ústav rostlinné výroby v Praze - Ruzyni
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita
AGRA GROUP a.s.**

Sborník příspěvků z konference

Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv



**25. 10. 2006 MZLU Brno
26. 10. 2006 VÚRV Praha - Ruzyně**

*Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno
AGRA GROUP a.s., Střelské Hoštice*

Sborník vědeckých a odborných prací z konference

**NOVÉ TRENDY V POUŽÍVÁNÍ
DUSÍKATÝCH HNOJIV**

**25. října 2006
Praha**

**26. října 2006
Brno**

**Sborník byl vydán s finanční podporou MZe ČR v rámci
projektu vzdělávání a projektu
č. 00027006-01**

*Editoři: Ing. Pavel Růžek, CSc.
 Ing. Jana Pišánová*

Texty neprošly jazykovou úpravou

Za obsah příspěvků odpovídají jejich autoři

©Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 2006

ISBN: 80-86555-96-8

Obsah

Úvod.....	4
Využití dusíku rostlinami z aplikovaných hnojiv	5
Richter Rostislav, Hlušek Jaroslav	
Nové postupy při aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv	15
Růžek Pavel, Mühlbachová Gabriela, Svoboda Pavel	
Používání dusíkatých hnojiv ve vztahu k výnosu a kvalitě produkce	21
Hřivna Luděk	
Systém hnojení ozimé pšenice dusíkem – stanovení dávek	27
Witold Grzebisz, Witold Szczepaniak	
Příjem dusíku listy rostlin a jeho translokace v rostlině	32
Trčková Marie, Raimanová Ivana, Růžek Pavel	
Uplatnění inhibitorů ureasy a nitrifikace při používání dusíkatých hnojiv	36
Pišanová Jana, Růžek Pavel	
Nové dusíkaté hnojivo UREA^{stabil} a jeho uplatnění ve výživě rostlin	40
Růžek Pavel, Pišanová Jana, Kusá Helena	
Současná a připravovaná legislativa používání hnojiv	44
Klír Jan	

Úvod

Nové trendy v používání dusíkatých hnojiv

Nové postupy v pěstebních technologiích, nové stroje uplatňované při pěstování zemědělských plodin, nové legislativní předpisy v ochraně vod a ovzduší vytváří nové požadavky na používání hnojiv, a to zejména dusíkatých, která mají ve srovnání s ostatními hnojivy rozhodující vliv na dosažené výnosy a kvalitu sklizených produktů, ale i na znečištění vod a ovzduší. Pokrok v zemědělské technice a v technologické kvalitě minerálních hnojiv v posledních letech přispěl k rovnoměrnější aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv (např. granulovaný síran amonný, přesná aplikace močoviny pneumatickými rozmetadly apod.). Nové stroje umožňují lokální aplikaci pevných i kapalných hnojiv jak na povrch půdy, tak i do půdního profilu. Při správném používání hnojiv jak z výživářského, tak i z ekologického a ekonomického hlediska, nabývá stále většího významu využívání diagnostických metod ve výživě rostlin. V jejich uplatňování v zemědělské praxi při stanovení potřebných živin na základě rozborů půd a rostlin však zůstávají stále velké rezervy. V příštích letech se zemědělské podniky dosahující vysoké výnosy zemědělských plodin, resp. hospodařící v oblastech ochrany vodních zdrojů, neobejdou bez odpovídající diagnostiky výživného stavu půd a rostlin.

Již prokázané změny klimatu spojené s častými výkyvy počasí a nutnost lepšího hospodaření s vodou v krajině si vyžádá mimo jiné nové technologické postupy při zpracování půdy (např. půdoochranné technologie omezující výpar vody a erozi) i při používání hnojiv (např. omezení plošné aplikace na povrch půdy, uplatnění hnojiv s regulovaným uvolňováním dusíku). Hnojiva aplikovaná na půdu zůstávají při nedostatku srážek delší dobu na povrchu půdy a jsou vystavena povětrnostním vlivům včetně přívalových srážek. Zejména při vyšší intenzitě hnojení dusíkem pak mohou narůstat ztráty dusíku z aplikovaných hnojiv s nepříznivým vlivem na kvalitu vod a ovzduší. Uplatnění dusíkatých hnojiv s inhibitory ureasy, popř. také s inhibitory nitrifikace v zemědělské praxi umožní používat nové technologické postupy při zakládání porostů zemědělských plodin a jejich hnojení, které budou efektivnější a šetrnější k životnímu prostředí než dosud používané technologie.

Pro naše půdně-klimatické podmínky se osvědčila hnojiva na bázi močoviny s inhibitory ureasy, které stabilizují močovinu, zpomalují její rozklad a omezují ztráty dusíku po aplikaci. V oblastech s vyššími srážkami a promyvnými písčitymi půdami má své opodstatnění používání dusíkatých hnojiv s inhibitory nitrifikace, které omezují tvorbu nitrátů v půdě a jejich vyplavování do povrchových a podzemních vod. V letošním roce bylo u nás zaregistrováno hnojivo UREA^{stabil} s inhibitorem ureasy a připravuje se registrace kapalného hnojiva DAM^{stabil}. Obdobná hnojiva dosud nejsou v zemích EU v širším měřítku používána. Nová hnojiva na bázi močoviny s inhibitorem ureasy přináší největší efekt v oblastech s častými jarními přísušky a při používání půdoochranných technologií zpracování půdy. Tato hnojiva jsou velmi vhodná pro aplikace vyšších dávek dusíku například na začátku jarní vegetace rostlin nebo pro lokální povrchové a podpovrchové hnojení zemědělských plodin.

Pavel Růžek

Využití dusíku rostlinami z aplikovaných hnojiv

Rostislav Richter, Jaroslav Hlušek

*Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Agronomická fakulta,
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno*

Abstract

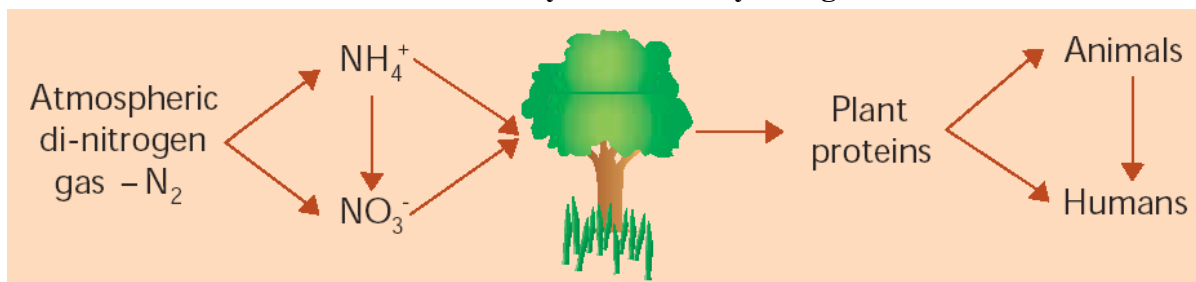
Utilization of Nitrogen Originating from Applied Fertilizers

The content of N_{\min} in soil determines the intensity of plant growth. During the growing season, the most important for plant growth is N, which is present in soil reserves. In the course of mineralization it is transformed from organic to inorganic compounds and its amount ranges, in dependence on climatic and pedological conditions, from 60 to 160 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$. In average, mineral fertilizers increase the content N_{\min} by 1 – 2%. A substantial part of this nitrogen is mobilized into N_{org} in an easily hydrolysable form (in average about 50%). One part of supplied N (20 – 50%) is bound in soil, one part volatilizes (depending on its form and technique of fertilization) and one part is subjected to de-nitrification. The form of nitrogen present in mineral fertilizers decides about the intensity of metabolic processes taking place within plants. When selecting a suitable form of fertilizer it is necessary to consider concrete pedological and climatic conditions on the one hand and the condition (status) of the crop at the moment of fertilizer application on the other. This means that it is suitable to use N-fertilizers containing at least two forms of nitrogen and to prefer (in dependence on climatic conditions) those fertilizers, which contain also N organic.

Úvod

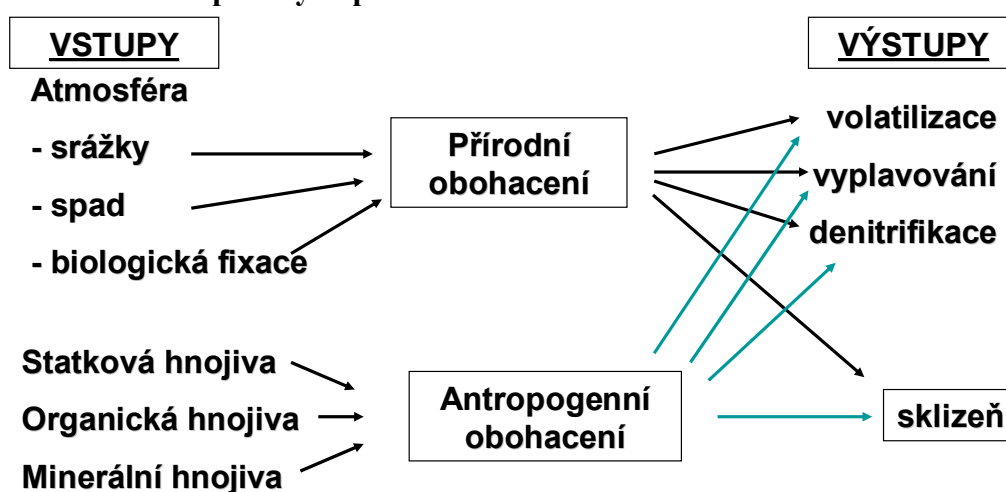
Rostliny se vyznačují schopností přeměňovat abiotické tedy anorganické prvky a přetvářet některé jednoduché organické sloučeniny na složitější až složité organické sloučeniny. Nejinak je tomu u dusíku, který za spoluúčasti ostatních biogenních prvků transformují přes aminokyseliny do bílkovin, které jsou základem života na Zemi. Platí výstižná charakteristika tohoto prvku podle Duchoně (Duchoně, Hampl 1959):“ Dusík je jazýčkem na váze, jehož nadbytek nebo nedostatek vede ke škodlivým efektům, které se projeví nejen na výnosu, ale i na kvalitě pěstovaných plodin“. Veškerý dusík potřebný pro živočichy a člověka je odvozen od rostlin a mikroorganismů (obr.1).

Obr. 1: Zabudování dusíku do rostlinných a živočišných organismů



Pro poznání složité problematiky dusíku v rostlinné produkci a jeho vlivu na ekosystém je třeba vyjít z koloběhu N v přírodě. Pro zemědělce má zvláště význam porovnání vstupů a výstupů dusíku (obr.2).

Obr. 2: Schéma vstupů a výstupů dusíku



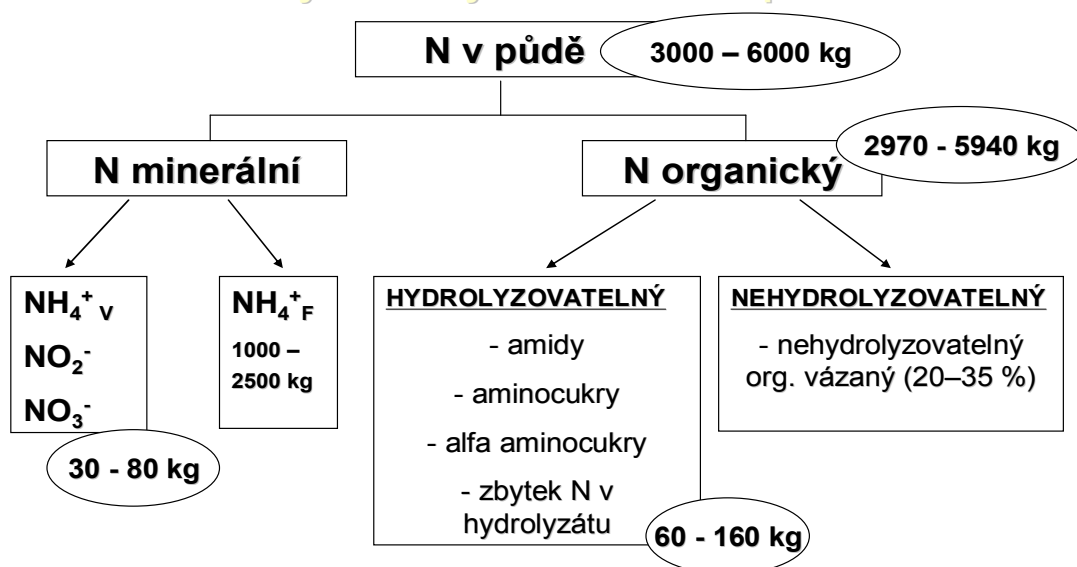
Dusík je obsažen v litosféře, avšak pro jeho koloběh má význam zvláště N z atmosféry (78,1 % objemových). Z této formy je dusík v atmosféře převáděn do anorganických sloučenin při elektrických výbojích po bouřkách. Z N₂ a O₂ vznikají oxidy dusíku, které se srážkami dostávají do půdy. Z atmosférické depozice se na území ČR v průměru dostává na ha a rok 13,2 –20,9 kg N (Prášková et al. 2006). V posledních letech se množství depozic stabilizuje na hodnotách kolem 20 kg. ha⁻¹.rok⁻¹. Je však třeba si uvědomit, že většina tohoto N nemůže být využita rostlinami, protože padá na půdu i mimo vegetaci, kdy ho porost není schopen využít.

Významné množství dusíku z atmosféry vstupuje do půdy biologickou fixací způsobenou zejména symbiotickými fixátory dusíku. Fixace je prováděná mikroorganismy z čeledi Rhizobioaceae, které žijí v symbióze s bobovitými rostlinami. Syntézu N₂ na amoniak zajišťuje nitrogenáza, která sestává z bílkovinných složek (feroproteinu a azoferedoxinu) a molybdoferedoxinu, poskytující vysokou redukční sílu a elektrony k redukci N₂ na NH₄⁺. Obohacení půdy dusíkem představuje v průměru u jetelovin 100 – 200 kg N.ha⁻¹ a u bobovitých (hrách, fazol, bob) cca 40 - 60 kg N.ha⁻¹. Při nesymbiotické fixaci se dodá na každý ha cca 5 kg N.

Největší množství dusíku bezprostředně využitelného pro výživu rostlin je obsaženo v půdě (obr.3). Celkový jeho obsah se pohybuje v hodnotách od 0,05 % do 0,3 % (t.j na ha od 1 500 do 9 000 kg N). Největší část dusíku je obsažena ve formě organické – rostlinám nepřístupné (Richter, Hlušek 2002) a pouze 1 – 2 % z celkového dusíku se nachází v minerální formě (N_{\min} , t.j 15 – 180 kg N.ha⁻¹(viz obr.3). V průměru se hodnoty N_{\min} pohybují v rozpětí od 8 do 20 mg N.kg⁻¹ zeminy (t.j podle specifické hmotnosti zeminy od 30 do 80 kg N.ha⁻¹).

Významná část dusíku je vázána v aromatických jádrech huminových kyselin, fulvokyselin, huminů a dalších složitých organických sloučeninách v půdě. Organický dusík se dělí na lehce hydrolyzovatelný a těžce hydrolyzovatelný. Určitá část hydrolyzovatelného dusíku: aminokyseliny, amidy, aminocukry podléhá mineralizaci až na N_{\min} (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), který může být rostlinou využitý k výživě. Množství tohoto lehce hydrolyzovatelného dusíku, který se v průběhu vegetace mineralizuje, činí podle Balíka et al (1997), Bieleka (1998) od 60 do 160 kg.ha⁻¹.rok⁻¹.

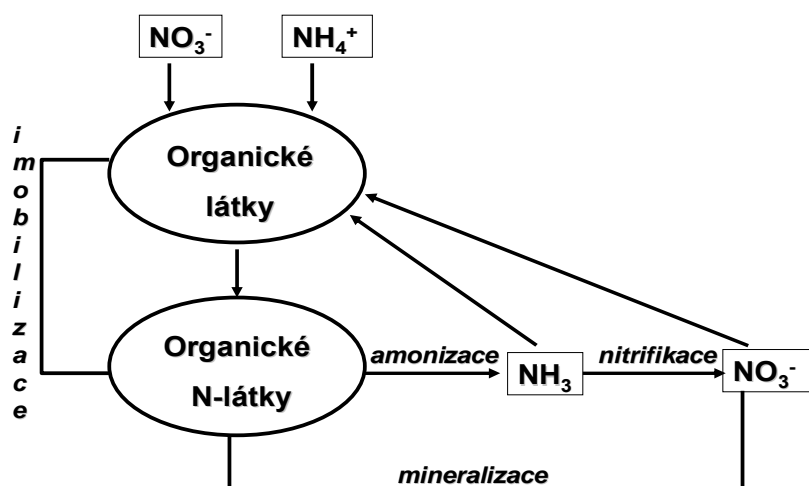
Obr. 3: Formy dusíku v půdě



Značná část dusíku je obsažena v organické formě. Mineralizace organických látek (OL) probíhá těmito fázemi: rozklad dusíkatých OL, humusových látek a bílkovin proteolytickými enzymy vylučovanými různými skupinami mikroorganismů na polypeptidy. Ty jsou pak rozkládány na peptidy, aminokyseliny a působením deaminás na amoniak. Uvedené procesy zajišťují jak rozklad dusíkatých organických látek, tak vlivem půdního fyto a zoedafonu i syntézu nových dusíkatých látek. Za předpokladu, že je v půdě dostatek OL s širokým poměrem C:N, může být dusík uvolněný mineralizací nebo dusík minerální imobilizován. Schéma vnitřního cyklu dusíku (turnover N) uvádí obr. 4. Uvedenými reakcemi je zajišťováno spojení mezi organickými N sloučeninami a N minerálním v půdě. Rychlost mineralizace je ovlivňovaná celou řadou povětrnostních

a půdních podmínkách a proto jsou značné problémy s použitím analytických údajů pro praktickou výživu dusíkem. Nově vytvořený amoniakální dusík se v půdě nachází v různém stavu a to buď ve formě kationtu NH_4^+ nebo NH_3 . V nepatrném množství je rozpuštěn v půdním roztoku ve formě amoniakálních solí odkud ho mohou rostliny bezprostředně využít. Část NH_4^+ je ve výměnné formě vázána na sorpční komplex a po jeho vytěsnění může být využita rostlinami pro výživu a část je fixovaná nevýměnně. Určitý podíl NH_3 u lehkých a zásaditých půd může volatilizovat (těkat) a ztráty na tomto dusíku činí v průměru 20 – 30 %.

Obr. 4: Turnover dusíku



V biologicky činných půdách podléhá amoniakální dusík nitrifikaci. Nitrifikace je biologická oxidace amoniaku na dusičnany, která se uskutečňuje ve dvou etapách a to jako nitritace (nitritační bakterie) a nitratice (nitratační bakterie). Nitrifikace je závislá na celé řadě podmínek (Fecenko a Ložek 2000), které ji ovlivňují a rozhodují o obsahu nitrátového dusíku v půdě. Intenzita nitrifikace je ovlivňovaná:

1) půdní kyselosti:

- a) při pH nad 7,6 se amoniak velmi rychle oxiduje, NO_2 pomaleji
- b) při pH 6,5 se amoniak a NO_2 oxiduje pomaleji
- c) při pH 5,0 se amoniak a NO_2 oxiduje pomalu
- d) při pH pod 5 se amoniak a NO_2 oxiduje velmi pomalu

2) teplotou:

- a) nad 45 °C se nitrifikace zastavuje
- b) 20 – 30 °C je optimální teplota pro nitrifikaci
- c) pod 5 °C se výrazně snižuje
- d) 0 °C nitrifikace je zastavena

3) půdní vlhkostí:

- a) 50 – 70 % plné vodní kapacity je optimum pro nitrifikaci
- b) při 70 % se nitrifikace snižuje pro nedostatek O_2
- c) při 3 % PVK se nitrifikace zastavuje

4) provzdušeností půdy:

- a) při poměru voda: vzduchu 60:40% nitrifikace je optimální
- b) při snížení podílu vzduchu v půdě je brzděna (hromadí se více NO_2^-)

Rychlost nitrifikace je možné ovlivňovat používáním inhibitoru nitrifikace k hnojivům, obsahujícím dusík ve formě NH_4^+ nebo NH_3 .

Vedle těchto procesů, které zajišťují a obohacují vstupy přijatelného dusíku pro rostliny, dochází však také k jeho ztrátám denitrifikací, volatilizací, vyplavováním a erozí. Ztráty dusíku denitrifikací jsou způsobeny tím, že z nitrátů vznikají NO , N_2O nebo N_2 a to činí podle EFMA (2004) ročně 20-30 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Intenzita denitrifikace je závislá na obsahu vody v půdě, provzdušení půdy, půdní kyselosti, teplotě půdy. Dusík, pokud se dostane do větší hloubky než 0,8 m, je pro výživu rostlin ztracen a představuje vážné nebezpečí pro zhoršení kvality podzemních vod.

Pro vyrovnanou bilanci dusíku v půdě, které odčerpají rostliny sklizněmi musíme ho pravidelně doplňovat hnojivy. V ČR se v průměru používá 76,6 – 86,4 kg N na ha a rok v minerálních hnojivech a 20,2 – 32,5 kg N na ha a rok ze statkových hnojiv (Klír 2006). Podle Klíra (2006) a Klementa (2003) se v ČR přebytek N pohybuje od 26,9 do 30,8 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$. OECD (2001) uvádí, že přebytky dusíku činí v Holandsku 262 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}$, v Belgii 181 a v Dánsku 118 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}$. Pokud je přebytek dusíku vyšší než 80 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}$ je uváděná efektivnost vstupů dusíku do půdy menší než 50 %.

Využití dusíku z aplikovaných hnojiv

Využití dusíku z hnojiv je ovlivněno stanovištními podmínkami, dávkou a formou dusíku, dobou aplikace, stavem porostu aj. Na výnosu plodin se podílí dusík z minerálních hnojiv ze 35 – 70 % (v průměru 50 %), z 20 – 50 % N je vázán v půdě a k tomu se připojují i ztráty volatilizací, vyplavením a erozí. Na celkové volatilizaci NH_3 se podle EFMA (2004) podílí zemědělství z 90 % (převážně živočišná výroba). Minerální hnojiva představují z celkových emisí amoniaku 10 %, avšak mezi hnojivy jsou výrazné rozdíly (největší u NH_4^+ hnojiv a močoviny aplikované na povrch půdy 15 % - ECETOC 1994).

Pro zvýšení využití dusíku z aplikovaných hnojiv je třeba hnojit porosty v období jejich potřeby (základní hnojení, regenerační hnojení) nebo v období intenzivního růstu. Z tohoto pohledu je třeba posoudit vhodnost jednotlivých forem dusíku, jejich chování v půdě a způsob zapojení do metabolismu rostliny.

Nitrátová forma dusíku je v půdě velmi mobilní a rostlina ji přijímá při teplotě nad 5°C . Dusík z hnojiv, která obsahují pouze tuto formu prakticky nevolatilizuje (u ledku vápenatého 0 %, u dusičnanu amonného 1-3 %, u DAM 390 8 % - ECETOC 1994). V půdě je tato forma poutaná pouze biologickou sorpcí a to cca z 10 – 20 %.

V rostlině musí být nitrát před jeho zabudováním přeměněn na NH_4^+ . Redukce nitrátů na amoniak je pro rostlinu tak důležitá jako redukce a asimilace CO_2 ve fotosyntéze. U většiny rostlin jsou kořeny a nadzemní části rostlin místem redukce nitrátů. Kořeny mohou redukovat přijatý nitrát z 5-95 %. Platí zásada, že při nízké úrovni NO_3^- výživy převládá redukce v kořenech. Při zvyšující se intenzitě nitrátové výživy je kapacita

pro redukci NO_3^- v kořeni omezená a rozhodující význam má jeho translokace do nadzemních částí. Translokaci NO_3^- pozitivně ovlivňuje draslík a redukce se zvyšuje s teplotou a stářím rostliny (Hunter et al 1982). Nedostatek nitrátů nebo přerušení NO_3^- výživy v kořenové zóně vede ke snížení aktivity nitrátreduktázy v listech a stéblech a v důsledku toho se zvyšuje obsah nitrátů v nadzemních částech (Blom-Zandstra, Lampe 1983).

Redukce NO_3^- probíhá v cytoplasmě a chloroplastech. V zelených listech je donorem elektronů ferredoxin spojený se světlem a fotosystémem I.V kořenech a ve tmě je to protein podobný ferredoxinu (Solomonson, Barber 1990) a energie je produkována při glykolýze (Bowsher et al.1989). V listech je u C_4 rostlin (např. kukuřice) nitrátreduktázový systém lokalizován v mezofylových buňkách, které současně využívají světelnou energii pro redukci NO_3^- . To je důvodem vysokého fotosyntetického využití dusíku u C_4 rostlin oproti C_3 rostlinám (Moore, Black 1979, Marschner 2003). V rostlinách se enzymový systém pro redukci nitrátů indukuje během několika hodin po přidání nitrátů do živného prostředí a potlačuje tvorbu určitých aminokyselin (Oaks 1991, Richter et al 1975, Marschner 2003).

Organická forma dusíku - močovina

Zapravená močovina do půdy se štěpí urobakteriemi (enzym ureasa) na uhličitán amonný, který se snadno rozkládá na amoniak, CO_2 a vodu. Intenzita rozkladu močoviny v půdě závisí na obsahu vody v půdě, teplotě půdy, půdním druhu a půdním typu, pH půdy, pěstovaných plodinách (Knop 1975). Vytvořený amoniak je v půdě nitrifikačními procesy přeměňován na nitráty. Při běžné dávce N v močovíně je její přeměna ukončena během 1 – 3 dnů. Pouze na půdách kyselých (pH kolem 4) může podle Knopa (1975) tento proces trvat 15 i více dnů. Snížit aktivitu rozkladu enzymu ureasa lze pomocí inhibitoru ureasy.

Močovina může podle Mortlanda (1966) v půdě reagovat i s montmorilonitem, se kterým za přítomnosti některých kovů vytváří komplexy. Tímto způsobem mohou být poutány půdou celé molekuly močoviny. Mechanismus těchto reakcí však není popsán a v literatuře se na toto téma nevyskytují další práce.

Dusík močoviny je vhodným zdrojem N pro všechny polní plodiny, pokud obsahuje pod 2 % biuretu. V registru hnojiv je povolený obsah biuretu max. do 1,5 %. Vzhledem k tomu, že při aplikaci močoviny na povrch půdy je nebezpečí ztrát dusíku těkáním čpavku (až 15 % z dodaného dusíku) je třeba při aplikaci vycházet z teploty vzduchu a průběhu počasí. Při teplotě nad 10°C je močovina na půdě slabě kyselé až alkalické rychle rozkládaná ureázou až na amoniak. Ten snadno volatilizuje, podle půdní vlhkosti je splavován do půdy a sorbován nebo fixován na sorpční komplex. Dále amoniak obsažený v půdním roztoku může být v závislosti na vnějších podmínkách nitrifikován na nitráty. Při teplotách pod 10°C se močovina rozpouští pozvolněji a proniká do hlubších vrstev. Přitom může být přijímaná rostlinami ve formě celých molekul nebo vytvářet eventuálně komplexy s jílovými minerály.

Rostlina může přijímat dusík z močoviny kořeny po jejím rozkladu ureázou na amoniak nebo ve formě nitrátu po jeho nitrifikaci. Za nižších půdních teplot dochází k inhibici až zastavení rozkladu a rozpuštěná močovina prosakuje do hlubších vrstev, kde

může být kořeny přijímaná ve formě celých molekul. U řady rostlin je přijatá močovina rozkládaná ureázou až v rostlině. Aktivita ureasy se s postupujícím vývojem rostliny snižuje (Bollard 1959, Knop 1975). Zabudování N z močoviny může probíhat i přímo a močovina může být zdrojem nejen N, ale i uhlíku. K těmto závěrům dospěl za pomoci $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ Mitsui a Kurihara (1957), Kronzucker et al (1999), kteří uvádějí, že začlenění močoviny se děje přes karbamidovou kyselinu přímo do aminokyseliny. Cooper et al (1976) a Richter et al (1975) našli při výživě rostlin močovinou výrazně vyšší obsah volných aminokyselin. To svědčí o rychlé inkorporaci dusíku močoviny do metabolismu rostliny.

Amoniakální forma dusíku

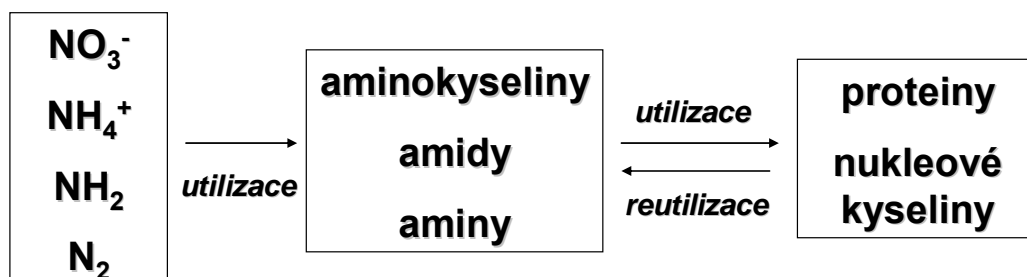
Zatímco nitrátová forma dusíku může být uložena ve vakuole bez škodlivých vlivů, NH_4^+ a NH_3 jsou toxické již ve zcela malých koncentracích. Tvorba aminokyselin, amidů a dalších látek jsou hlavními cestami detoxikace amonium iontů v kořenech nebo amoniaku odvozeného z redukce NO_3^- nebo fixace N_2 . V podstatě NH_4^+ iont je asimilován po jeho příjmu v kořeni do aminokyselin a amidů za současného uvolnění protonu (H^+). Proto je asimilovaný N transportován xylémem ve formě aminokyselin a amidů do nadzemních částí rostliny. Asimilace NH_4^+ vyžaduje velké množství uhlíkatých skeletů pro syntézu aminokyselin. Amoniakální výživa vyžaduje v porovnání s NO_3^- výživou vyšší fixaci na uhlíkaté skelety v kořenech (Marschner 2003). Pro transport N z kořenů do nadzemních částí jsou potřebné sloučeniny bohaté na N s poměrem C:N vyšším než 0,4 (Streeter 1979). V xylému proto převládají glutamin a asparagin, které jsou klíčovými amidy pro transport N u trav (Gramineae) a betain u Chenopodiaceae. Tímto způsobem kyselina glutamová hraje roli akceptoru amonia a vzniká amid – glutamin. Tuto reakci provádí enzym glutaminsynthetasa (GS), která se vyznačuje vysokou afinitou k amoniu a tím je zajištěno zabudování NH_4^+ i v malých koncentracích. K její aktivaci je třeba vyšší pH, hořčík a adenosin trifosfát (ATP). Zvýšená účinnost tohoto systému je požadována zvláště při vysokých hladinách amonia. Na enzym GS navazuje glutamátsynthasa (GOGAT), která katalyzuje přenos skupiny NH_2 z glutaminu k 2-oxoglutarátu. Výsledkem reakce je produkce 2 molekul glutamátu, ze kterých je jedna využívána k vyvázání nově asimilovaného NH_4^+ a další může být transportována a použita pro biosyntézu proteinu. Při vysokém stupni výživy amoniakálním dusíkem je významným enzymem glutamátdehydrogenáza (GDH), která zabrání alkalitě v buňce (v cytosolu), ke které by došlo v přítomnosti vysokého obsahu NH_3 v kořenových tkáních.

Tvorba primárních produktů dusíkatého metabolismu

Vytvořené dusíkaté primární sloučeniny glutamát a glutamin mohou být použity pro syntézu dalších amidů, aminokyselin, aminů a posléze peptidů o vysoké molekulární hmotnosti (Obr. 5). Rostliny mohou obsahovat více než 200 různých aminokyselin, avšak pouze 20 z nich je vyžadováno pro syntézu proteinu. Přenos aminoskupin z aminokyselin na uhlíkaté skelety je katalyzován transaminázami. Monogastriční zvířata a člověk jsou ve výživě odkázáni na rostliny, neboť nemohou syntetizovat jisté aminokyseliny (tzv. esenciální jako je např. valin, leucin, lysin, metionin, tryptofan a.j.). V proteinové syntéze jsou jednotlivé aminokyseliny včleňovány do řetězců podle geneticky fixovaných

sekvencí. Jejich výsledkem je produkce nové hmoty a tím je zajišťován růst rostlin. Minerální výživa má v těchto procesech důležitou úlohu a zúčastňuje se jí celá řada dalších biogenních prvků.

Obr. 5: Schéma koloběhu dusíku v rostlině



Rozdíly v tvorbě jednoduchých dusíkatých organických sloučenin jsou významné pro nastartování růstu rostlin. V experimentu založeném ve vodních kulturách byl sledován vliv výživy nitrátovým, amoniakálním a organickým dusíkem (močovina) na tvorbu volných a vázaných aminokyselin (AK) a na produkci sušiny u rostlin jarního ječmene (odrůda Aramír). Předpěstované rostliny byly umístěny do živného roztoku a po 15 dnech od vzejití byl odstartován pokus, kdy v intervalu 2 – 4 - 8 hod. a dále 1 až 15 den byly odebrány rostliny a stanoven obsah volných a vázaných aminokyselin. Metodika pokusu je uvedena v publikaci Richter et al (1975). Vliv forem dusíku na obsah volných AK a AK vázaných v proteinech uvádí tab. 1., 2 a grafu 1.

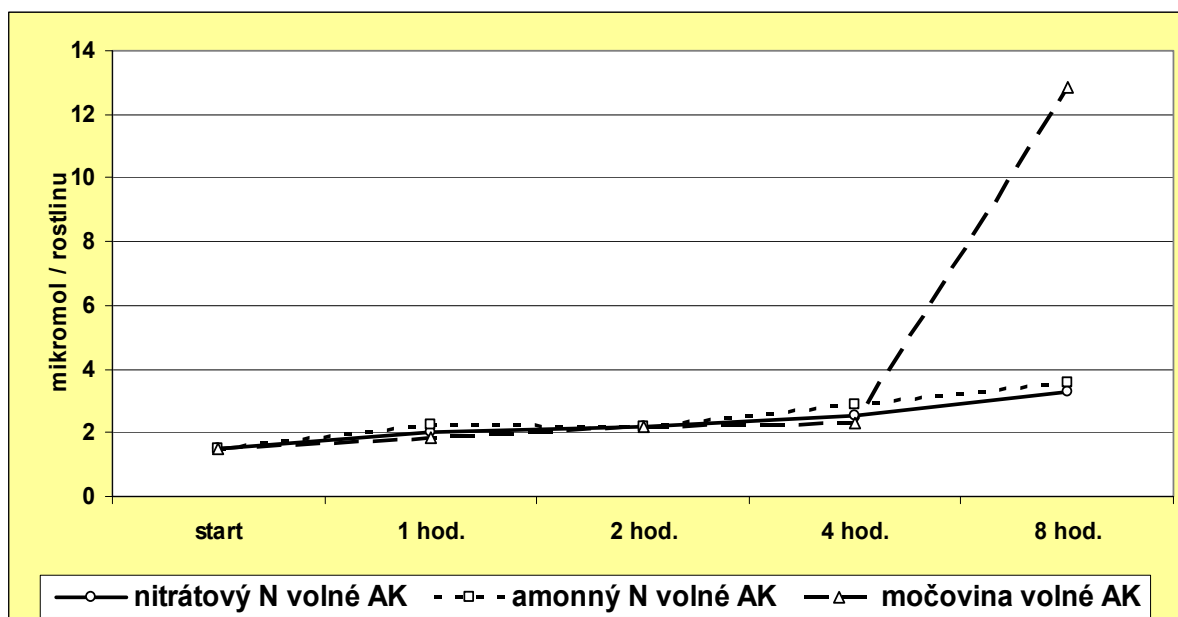
Tab. 1: Celkový obsah volných aminokyselin v $\mu\text{mol.rostlina}^{-1}$

aminokyseliny	start	výživa po 8 hod.		
		NO_3^-	NH_4^+	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
volné AK	1,5	3,28	3,6	12,86
AK v proteinech	21,9	19,7	25,8	34,6
sušina 1 rostliny v mg	35,4	32,9	37,1	39,4
rel %	100	92,9	104,8	111,3

Tab. 2: Obsah vybraných volných aminokyselin v $\mu\text{mol N.rostlina}^{-1}$

Aminokyselina	výživa po 8 hod.		
	NO_3^-	NH_4^+	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
Asp.	0,15	0,08	0,18
Asp- NH_2	0,07	0,1	2,29
Thr	0,06	0,24	0,24
Glu	0,44	0,23	0,27
Glu- NH_2	0,75	1,07	2,17
Gly	0,07	0,05	0,84
Ala	0,29	0,21	0,55
Lyz	0,03	0,03	0,1
His	0,03	0,03	0,05
Arg	0,03	0,02	0,16

Graf 1: Obsah volných AK po hnojení různými formami N ($\mu\text{mol N} \cdot \text{rostlina}^{-1}$)



Po aplikaci dusíku se projevují první rozdíly v obsahu volných aminokyselin. K nim dochází v intervalu 4 - 8 hod. po přidání jednotlivých forem N. Zatímco u nitratové a amoniakální výživy je jejich obsah a zastoupení vyrovnaný, k podstatnému zvýšení dochází při výživě rostlin močovinou. (tab.1 a 2). Výrazně roste obsah většiny volných AK a to zvláště treoninu, alaninu, valinu, serinu, leucinu, izoleucinu, lyzinu a argininu. Nasycením poolu volných AK je nastartovaná proteosyntéza bílkovin a důsledkem toho je zvýšení obsahu N v proteinech. Nejvyšší přírůstek bílkovin byl zaznamenán při výživě rostlin močovinou, kde také dochází v časovém intervalu 4 - 8 hod. ke zvýšení obsahu $\mu\text{mol N}$ na jednu rostlinu, a to z 19,7 u NO_3^- a 25,8 u NH_4^+ na 34,6 μm u močoviny. Dosažené údaje dokumentují, že volba vhodné formy dusíku, zvláště po delší "hladovém období" (např. regenerační hnojení), může významně ovlivnit syntézu volných aminokyselin a v návaznosti na ně i rychlejší tvorbu bílkovin s odrazem ve zvýšené produkci sušiny.

Závěr

Obsah N_{min} v půdě rozhoduje o intenzitě růstu rostlin. V průběhu vegetace se ve výživě rostlin rozhodující měrou uplatňuje N z půdní zásoby, který mineralizací přechází z organické na minerální formu, jehož množství činí v závislosti na povětrnostních a půdních podmínkách $60 - 160\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Minerálními hnojivy se zvýší obsah N_{min} v průměru o 1-2 %. Podstatná jeho část je imobilizovaná do N organického v lehce hydrolyzovatelných formách (v průměru 50 %). Část dusíku je z 20 - 50 % vázaná v půdě, část volatilizuje (podle forem dusíku, techniky hnojení) a část podléhá denitrifikaci. Volba formy dusíku v minerálních hnojivech rozhoduje o intenzitě metabolických procesů v rostlině. Při určení druhu hnojiva je třeba vycházet jednak z konkrétních půdních a povětrnostních podmínek a ze stavu porostu v době přihnojení. Z tohoto pohledu je

vhodné použít N hnojiva, alespoň se dvěma formami dusíku a v závislosti na povětrnostních podmínkách preferovat N hnojiva s organickou formou dusíku.

Literatura

- Balík, J., Černý, J., Tlustoš, P., Pavlíková, D. (1997): Sborník z konference. Racionální použití hnojiv, ČZU Praha, s. 15-20.
- Bielek, P. (1998): Dusík v polnohospodářských podacích Slovenska, Bratislava VÚPÚ, 255s.
- Blom-Zandstra, G., Lampe, J. E. M. (1983): J. Plant. Nutr. 6, 611-628.
- Bollard, E., G. (1959): Sym. Soc. exp. Biol., 13, s. 304-329.
- Bowsher, C. G., Hucklesby, D. P., Emes, M., J. (1989): Planta, 177, 359-366.
- Cooper, D., R., Hill-Cottingham, D., G., Lloyd-Jones, Ch., P. (1976): J. Sci. Ed. Agric., 27, 266-272.
- Duchoň, Fr., Hampl, J. (1959): Agrochemie. ČAZV, SPN-Praha, 423s.
- ECETOC (1994): Ammonia Emission to Air in Western Europe. Technical Report N° 62, Brussels.
- EFMA (2003): Understanding Nitrogen and its Use in Agriculture, 64p.
- Fecenko, J., Ložek, O. (2000): Výživa a hnojení polných plodín. SPU v Nitre. 442s.
- OECD (2001): Use of farm inputs and natural resources. In Environmental indicators for Agriculture, Methods and Results. 3. Paris, France, s. 117-139.
- Hunter, W. J., Fehring, C., J., Olsen, S. R., Porter, R., K. (1982): Crop. Sci. 22, 944-948.
- Klement, V. (2003): Bulletin Odb. agrochemie půdy a výživy rostlin. ÚKZÚZ, 11, 3, s. 63-72.
- Klír, J. (2006): Sborník z 12 mezinárodní konference. Racionální použití hnojiv. ČZU Praha, s. 10-15.
- Kronzucker, H. J., Siddiqi, M., Y., Glass, A. D. M., Kirk, G., J., D. (1999): Plant Physiol. 119, 1041.
- Marschner, H. (2003): Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, 889p.
- Mitsumi, S., Kurihara, K. (1957): Soil and Plant Fd. (Tokyo), s. 2
- Moore, R., Black jr. C., C. (1979): Plant. Physiol. 64, 309-313.
- Mortland, M., M. (1966): Clay minerals. 6., 143-156.
- Oaks, A. (1991): BioScience 42, 103-111.
- Prášková, L., Kubík, L., Malý, S. (2006): Kontrola monitoringu cizorodých látek v zemědělské půdě a vstupech do půdy. Zpráva za rok 2005, 32s.
- Richter, R., Dijkshoorn, W., Vonk, C. R. (1975): Plant and Soil, 42, 3, 457-466.
- Richter, R. (1981): Acta Univ. Agric. XXIX., 3-4, 143-155.
- Richter, R., Hlušek, J. (2003): Půdní úrodnost. ÚZaPI, Praha, 44s.
- Solomonson, L., P., Barber, M., J. (1990): Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant Mol. Biol. 41, 225-253.
- Streeter, J., G. (1979): Plant Physiol. 63, 478-480.

Nové postupy při aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv

Pavel Růžek, Gabriela Mühlbachová, Pavel Svoboda

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 01 Praha-Ruzyně

Abstract

The new technologies for utilization of nitrogen fertilizers increasing the efficiency of fertilization and limiting water and air pollution were developed and verified. At our soil-climatic conditions fertilizers on the base of urea with urease inhibitor are suitable. The urease inhibitor stabilizes urea, slows its decomposition and reduces nitrogen losses after fertilization. Such fertilizers carry the biggest benefit in areas with repeated spring spell of draught and at soil conservation tillage. Nitrogen fertilizers with urease inhibitors are useful to local surface as well as subsurface application.

Úvod

Nové postupy v pěstebních technologiích a vysoké výnosy zemědělských plodin s požadovanou kvalitou produkce kladou stále větší požadavky na optimalizaci výživného stavu rostlin. Změny v legislativě ochrany životního prostředí, opakující se přísušky v jarním období a pokrok v zemědělské technice vytváří nové požadavky na kvalitu a účinnost zejména dusíkatých minerálních hnojiv, která mají rozhodující vliv na dosažené výnosy a kvalitu sklizených produktů u většiny zemědělských plodin. Hnojiva aplikovaná na povrch půdy zůstávají při nedostatku srážek delší dobu na povrchu půdy a jsou vystavena povětrnostním vlivům včetně přívalových srážek. Zejména při vyšší intenzitě hnojení dusíkem pak mohou narůstat ztráty dusíku z aplikovaných hnojiv s nepříznivým vlivem na kvalitu vod a ovzduší. Již prokázané změny klimatu spojené s častými výkyvy počasí a nutnost lepšího hospodaření s vodou v krajině si vyžádá rozšíření půdoochranných technologií zpracování půdy snižujících výpar vody a erozi, omezení plošné aplikace hnojiv na povrch půdy a s tím související vývoj nových dusíkatých hnojiv s regulovaným uvolňováním dusíku.

Na našem pracovišti byly vypracovány a ověřeny nové technologické postupy pro aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv, které zvyšují efektivnost hnojení dusíkem a zároveň omezují znečišťování vod a ovzduší. Pro naše půdně-klimatické podmínky se osvědčila hnojiva na bázi močoviny s inhibitory ureasy, které stabilizují močovinu, zpomalují její rozklad a omezují ztráty dusíku po aplikaci. V oblastech s vyššími srážkami a promyvnými písčitymi půdami má své opodstatnění používání dusíkatých hnojiv s inhibitory nitrifikace (např. hnojivo Alzon), které omezují tvorbu nitrátů v půdě a jejich vyplavování do povrchových a podzemních vod. Použití inhibitorů nitrifikace (např. Didin) má však největší význam v kombinaci s aplikací kejdy v podzimním období.

V roce 2006 bylo v ČR zaregistrováno hnojivo UREA^{stabil} s inhibitorem ureasy NBPT (N-(n-butyl)-thiophosphoric triamid) a připravuje se registrace kapalného hnojiva DAM^{stabil}. Obdobná hnojiva dosud nejsou v zemích EU v širším měřítku používána. Hlavní předností pevných hnojiv na bázi močoviny s inhibitory ureasy ve srovnání s běžně používanými minerálními dusíkatými hnojivy je vysoký obsah dusíku, velmi dobrá rozpustnost ve vodě a již po malém množství srážek (5 – 10 mm) transport nepolární molekuly močoviny ke kořenům rostlin. Během transportu půdním profilem dochází k oddělení inhibitoru ureasy od močoviny, která pak může hydrolyzovat, čímž dochází k omezení rizika vyplavení močoviny mimo dosah kořenů rostlin. Nová hnojiva na bázi močoviny s inhibitorem ureasy přináší největší efekt v oblastech s častými jarními přísušky

a při používání půdoochranných technologií zpracování půdy. Tato hnojiva jsou na rozdíl od dosud používaných hnojiv (močovina, DAM, síran amonný, LAD apod.) velmi vhodná pro lokální povrchové a podpovrchové hnojení, protože nehydrolyzovaná močovina nemá nepříznivý vliv na klíčení semen a růst kořenů rostlin a hnojiva s močovinou stabilizovanou inhibitorem ureasy lze aplikovat přímo k osivu. Uplatnění dusíkatých hnojiv s inhibitory ureasy, popř. také s inhibitory nitrifikace v zemědělské praxi umožní používat nové technologické postupy při zakládání porostů zemědělských plodin a jejich hnojení, které budou efektivnější a šetrnější k životnímu prostředí než dosud používané technologie.

Nové postupy při aplikaci minerálních dusíkatých hnojiv související s požadavky na nová hnojiva jsou používány zejména u intenzivních pěstebních technologií s bezorebným zpracováním půdy při hospodaření bez produkce stájových hnojiv. Na rozdíl od tradičního zpracování půdy s orbou, které poskytuje větší universálnost a jistotu hospodaření a částečně eliminuje nedostatky ve výživě rostlin na úkor vyšších vstupů energie, při bezorebném zpracování půdy se chyby v hnojení mohou projevit rychleji a výrazněji jak ve výnosu, tak i v kvalitě sklizených produktů. Při používání bezorebných technologií zpracování půdy dochází k pozvolnějšímu uvolňování živin z organických vazeb, což vyžaduje operativnější a přesnější přístup k hnojení. Vzhledem k větší konkurenceschopnosti rozkládajících se posklizňových zbytků a rostoucích plevelů u bezorebného zpracování půdy je vhodnější při zakládání porostů zemědělských plodin aplikovat hnojiva lokálně podpovrchově než klasicky na povrch půdy. Také během vegetace rostlin je vhodné u těchto technologií aplikovat dusíkatá hnojiva lokálně, aby pokrývala co nejmenší plochu půdy s posklizňovými zbytky. Podpovrchová aplikace hnojiv omezuje ztráty volatilizací, a to již při hloubce 5 cm (Fenn a Miyamoto, 1981) i ztráty imobilizací díky tomu, že hnojivo je umístěno pod vrstvu rostlinných zbytků a je omezen kontakt hnojiva, půdních mikroorganismů a rozkládaných zbytků (Malhi *et. al.*, 2001).

Materiál a metody

V polních pokusech na stanovišti v Praze-Ruzyni (*řepařská výrobní oblast, nadmořská výška: 340 m, roční úhrn srážek: 472 mm, průměrná roční teplota vzduchu: 7,9 °C, hlinitá hnědozem na spraši, zásoba živin v půdě podle Mehlich III: P - vyhovující = 60 – 70 mg.kg⁻¹, K - dobrá = 170 – 220 mg.kg⁻¹, Mg – vyhovující = 110 – 140 mg.kg⁻¹, pH KCl 6,9 – 7*) byly v letech 2004 – 2006 založeny polní pokusy s různým zpracováním půdy zaměřené na využití dusíku z aplikovaných dusíkatých minerálních hnojiv rostlinami ozimé pšenice. Zároveň byl zjišťován vliv technologie zpracování půdy (konvenční s orbou do 25 cm, minimalizace do 0,1 m, bez zpracování s povrchovým mulčem na růst a délku kořenů ozimé pšenice a aktivitu mikrobiální biomasy a enzymu ureasy v různých vrstvách půdy.

1) Vliv aplikace různých forem dusíku na jeho využití rostlinami ozimé pšenice

V polních maloparcelkových pokusech založených na půdě s orbou a minimalizací byl v letech 2004 a 2005 zjišťován vliv aplikace různých forem dusíku (nitrátová = N, amonná = A, amidická, značeno izotopem ¹⁵N) obsažených v dusíkatých minerálních hnojivech (dusičnan amonný = DA, močovina = MO, močovina s inhibitorem ureasy NBPT = MOi) na využití dusíku z aplikovaných hnojiv rostlinami ozimé pšenice. Hnojiva byla aplikována na začátku jarní vegetace na povrch půdy s rostlinami ozimé pšenice v dávce 50 kg N.ha⁻¹. Rostliny byly odebrány na začátku sloupkování (fáze BBCH 30 – 31) a byla zjišťována hmotnost rostlin, obsah celkového dusíku a obsah ¹⁵N v nadzemní části rostlin stanovený na analyzátoru IRMS.

2) Vliv zpracování půdy na růst a délku kořenů ozimé pšenice

V polním pokusu s různým zpracováním půdy byly v letech 2005 a 2006 sledovány parametry kořenů, tj. délka kořenů, distribuce (hustota) v jednotlivých vrstvách půdního profilu při různých technologiích zpracování půdy (orba, minimalizace, bez zpracování). Vzorky půdy byly odebírány na začátku sloupkování ozimé pšenice sondýrkami o průměru 3,5 cm po vrstvách 10 cm do hloubky. Délka kořenů byla určována metodou podle Tennanta (1975), to znamená na základě matematického propočtu z počtu křížení rovnoměrně rozložených kořenů s osami mřížky o dané velikosti.

3) Vliv zpracování půdy na obsah mikrobiální biomasy a aktivitu enzymu ureasy

V polním pokusu s různým zpracováním půdy byly v letech 2001 – 2006 odebírány v průběhu měsíce května vzorky půd na stanovení obsahu mikrobiální biomasy stanovené fumigačně-extrakční metodou (FE) podle Vance et al. (1987). Extrakty 0,5M K₂SO₄ v nefumigovaných vzorcích i vzorcích fumigovaných chloroformem byly spáleny ve směsi 0,4N K₂Cr₂O₇, H₂SO₄ a H₃PO₄ po dobu 45 minut při 125°C a po vychladnutí titrovány roztokem 0,05N (NH₄)₂FeSO₄·6H₂O. Aktivita ureasy byla stanovena hydrolyzou močoviny na CO₂ a NH₃ 2 hodinovou inkubací při 37 °C podle Kandeler a Cerber (1988).

Výsledky a diskuse

Na růst rostlin, strukturu porostu a dosažený výnos zrna ozimé pšenice má významný vliv 1. jarní dávka dusíku, aplikovaná na začátku vegetace rostlin. Význam této dávky se zvyšuje v suchých oblastech s častými jarními přísušky, při nízké zásobě N_{min} v půdě a u bezorebného zpracování půdy. Z výsledků polních maloparcelkových pokusů s aplikací různých forem dusíku (nitrátová, amonná, amidická) značených izotopem ¹⁵N k ozimé pšenici na začátku jarní vegetace vyplývá, že rozhodující vliv na využití jednotlivých forem N z aplikovaných hnojiv rostlinami měly termín a množství srážek po aplikaci hnojiv (grafy 1-3). Z toho vyplývají i velké ročníkové rozdíly v účinnosti různých forem dusíku. Rok 2004 byl z hlediska srážek příznivý, zapršelo již 4. den po aplikaci hnojiv a v průběhu pokusu bylo 48 mm srážek, zatímco rok 2005 byl nepříznivý, zapršelo až 16. den po aplikaci a během pokusu bylo jen 11 mm srážek. Tomu odpovídají získané výsledky o využití dusíku z aplikovaných hnojiv rostlinami. V roce 2004 byla průměrná efektivnost odběru izotopicky značeného dusíku z hnojiv rostlinami ozimé pšenice na orbě i minimalizaci přibližně 41 %, přičemž nejvíce byl využit dusík ze značené nitrátové formy (74 % u orby a 57 % u minimalizace) a nejméně byl rostlinami využit dusík ze značené amonné formy (12 % u orby a 17 % u minimalizace). Použití inhibitoru ureasy při aplikaci močoviny (hnojivo MOi) se projevilo ve vlhčím roce 2004 pozitivně jen u minimalizace, kde byla zjištěná efektivnost odběru ¹⁵N 52 % zatímco u samotné močoviny 40 %. V roce 2005 při nedostatku srážek byla průměrná efektivnost odběru izotopicky značeného dusíku z hnojiv rostlinami ozimé pšenice na orbě 28 % a na minimalizaci 25 %, přičemž nejvíce byl využit dusík ze značené nitrátové formy (53 % u orby a 49 % u minimalizace) a nejméně byl rostlinami využit dusík ze značené amonné formy (5 % u orby a 6 % u minimalizace). Použití inhibitoru ureasy při aplikaci močoviny se při nedostatku srážek projevilo pozitivně jak u orby, kde byla zjištěná efektivnost odběru ¹⁵N 30 % zatímco u samotné močoviny 24 %, tak u minimalizace (27 % u MOi ve srovnání s 20 % u močoviny). Na menší využití dusíku z aplikovaných hnojiv v roce 2005 mohlo mít vliv také větší množství posklizňových zbytků s širokým poměrem C : N po vysokém výnosu jarního ječmene v roce 2004, což se mohlo projevit vyšší imobilizací zejména amonné a amidické formy dusíku půdní mikroflórou.

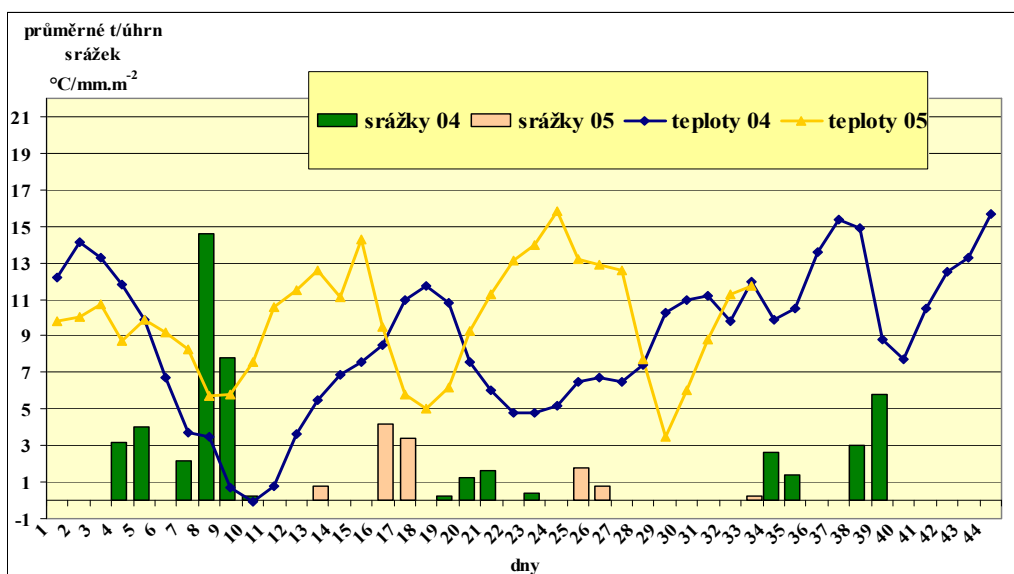
V literatuře se většinou uvádí, že u bezorebných technologií s ponecháním posklizňových zbytků nebo jejich části na povrchu půdy je ve srovnání s orbou lépe využívána rostlinami nitrátová forma dusíku a naopak účinnost amonné formy je nižší

v důsledku vyšší sorpce a imobilizace v povrchové vrstvě půdy a vyšších ztrát dusíku volatilizací amoniaku. Malhi et al. (1996) uvádí, že při povrchové aplikaci jsou hnojiva na bázi nitrátů využívána efektivněji než ta na bázi močoviny, zejména u půdy bez zpracování. V polních pokusech sledovali návratnost dusíku aplikovaného v hnojivu (močovina, síran amonný, dusičnan draselný) značeném ^{15}N rostlinami. U močoviny byla téměř poloviční ve srovnání s dusičnanem. Na šedém luvisolu byla výtěžnost ^{15}N z močoviny o 16% a ze síranu o 11% vyšší na orbě než na půdě bez zpracování (no-tillage = NT). Zvýšená návratnost dusíku z povrchově aplikované močoviny na „NT“ v rostlinách byla zjištěna v případě, že brzy po aplikaci byly srážky 10mm. V našich pokusech jsme se zaměřili na účinnost různých forem dusíku aplikovaných v 1. jarní dávce a rostliny byly odebrány na začátku sloupkování. Za těchto podmínek mohl být příjem nitrátů z půdy na začátku jarní vegetace rostlin omezen u bezorebného způsobu zpracování půdy nízkou teplotou půdy vzhledem k pomalému prohřívání půdy na začátku jarní vegetace a naopak příjem amonného dusíku mohl být vyšší v důsledku intenzivnějšího prokoření povrchové vrstvy půdy u bezorebných technologií než u orby. Rozdíly v prokoření půdy v jednotlivých vrstvách půdního profilu při různých způsobech zpracování půdy (orba, minimalizace, bez zpracování) jsou znázorněny na grafu 4. Ze znázorněných údajů vyplývá, že u bezorebných technologií je více prokořena horní vrstva půdy, zatímco u orby je větší prokoření v půdním profilu 0,1 – 0,3 m.

Na využití dusíku z aplikovaných hnojiv rostlinami a imobilizaci N půdními mikroorganismy mají mimo jiné vliv také agrotechnická opatření, která působí na biologickou aktivitu půdy. Na grafu č. 5 a 6 je znázorněna biologická aktivita půdy a aktivita enzymu ureasy v různých vrstvách půdy po různém způsobu zpracování. Zatímco u orby byly uvedené charakteristiky v jednotlivých půdních vrstvách poměrně vyrovnané, což souvisí s rovnoměrnějším zapravením posklizňových zbytků do půdního profilu a s provzdušněním půdy, u bezorebných technologií byly zjištěny významně vyšší hodnoty v horní vrstvě půdy. Proto je u bezorebných technologií zpracování půdy vhodnější aplikovat dusíkatá hnojiva s amonnou a amidickou formou dusíku na začátku jarní vegetace, kdy je aktivita mikroorganismů a enzymů v půdě nízká nebo hnojiva aplikovat lokálně podpovrchově při setí, popř. lokálně na povrch půdy (např. aplikační trubice, makrogranule apod.). Při použití hnojiv s amidickým dusíkem je vhodné i z tohoto důvodu použití inhibitorů ureasy. Randall a kol. (1997) uvádějí, že snížení imobilizace dusíku z hnojiv u půdoochranných technologií můžeme dosáhnout podpovrchovou aplikací hnojiv. Tímto způsobem lze zvýšit využití dusíku z aplikovaných hnojiv až o 20 % oproti povrchové aplikaci. Použití inhibitoru ureasy umožňuje zvýšit dávky hnojiv v raných fázích vegetace rostlin a zároveň umožňuje podržení jejich účinku do období, kdy se počasí zlepšuje (Malhi *et. al.*, 2001). Grant a Bailey (1999) uvádějí, že oddálení hydrolýzy močoviny pomocí inhibitorů ureasy zvyšuje šanci, že déšť posune močovinu do hlubších vrstev půdy dříve, než dojde k výrazným volatilizačním ztrátám. V pokusech sledovali vliv močoviny aplikované s inhibitorem ureasy NBPT a bez inhibitoru v dávce $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ v orebném a bezorebném systému na jílovitohlinité půdě. Vliv inhibitoru se projevil nejvíce u bezorebného systému a při povrchové plošné aplikaci močoviny.

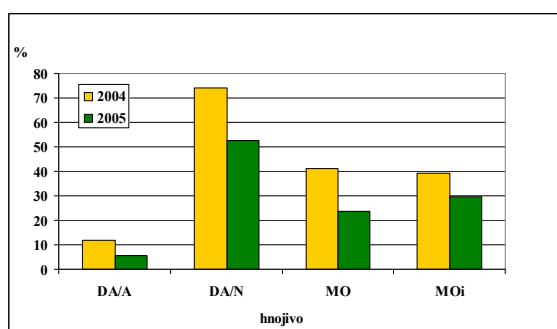
Výsledky byly získány za finanční podpory MZE ČR, projektu č.. 00027006-01.

Graf 1: Průměrné denní teploty vzduchu a úhrny srážek v průběhu pokusu

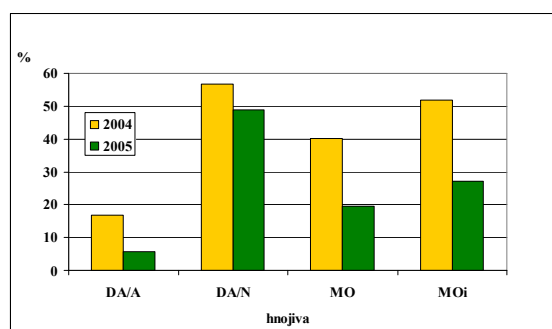


Grafy 2,3: Efektivnost odběru ¹⁵N rostlinami ozimé pšenice (Ruzyně 2004 a 2005)

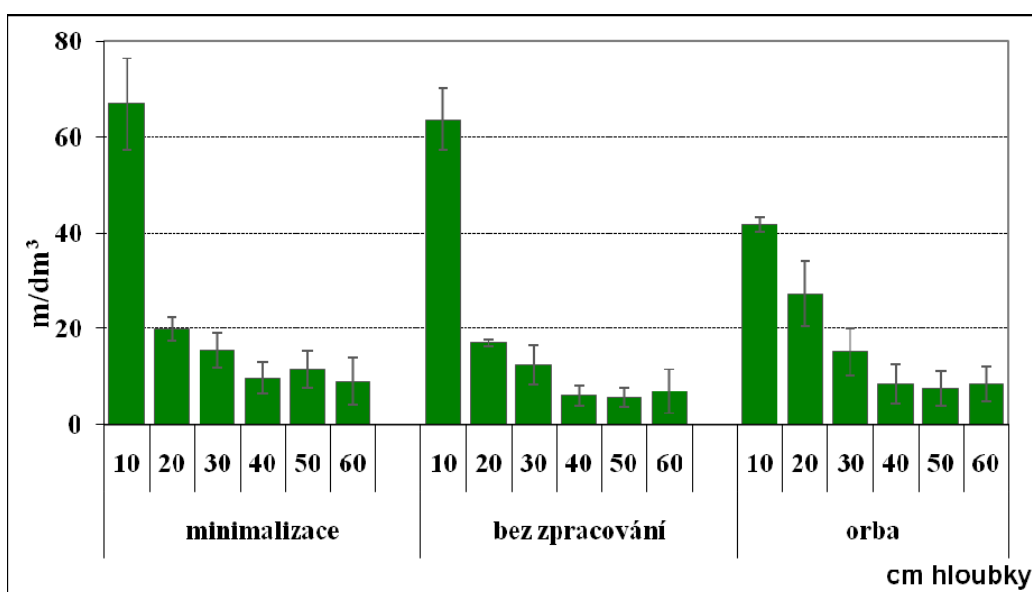
Orba



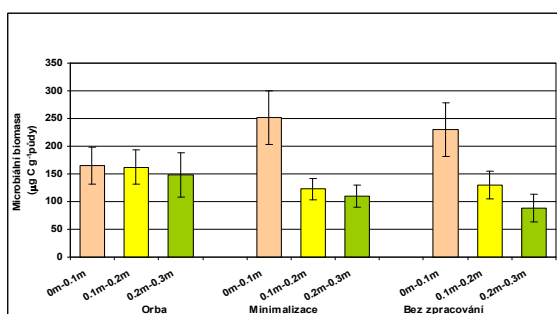
Minimalizace



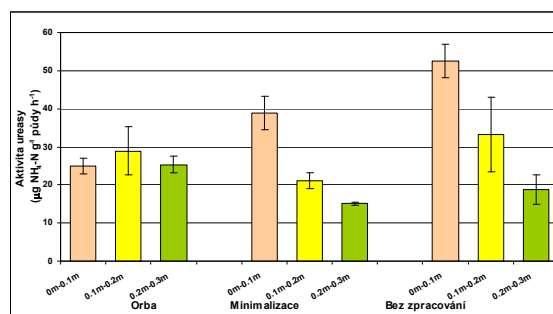
Graf 4 : Délka kořenů ozimé pšenice v půdním profilu po různém zpracování půdy průměr (2005 – 2006)



Graf 5 : Obsahy mikrobiální biomasy při různých technol. zpracování půdy (Ruzyně, průměr 2001-2006)



Graf 6 : Aktivita enzymu ureasy při různých technologiích zpracování půdy (Ruzyně)



Literatura

- Fenn L. B., Hossner L. R. (1985): Ammonia volatilization from ammonium or ammonium forming nitrogen fertilizers. *Advances in Soil Science* 1, 123 – 169.
- Gioacchini P., Nasri A., Marzadori C. (2002): Influence of urease and nitrification inhibitors on N losses from soil fertilized with urea. *Biology and Fertility of Soils*, 36(2), 129 – 135.
- Grant, C. A., Bailey, L. D. (1999): Effect of seed-placed urea fertilizer and N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (NBPT) on emergence and grain yield of barley. *Can. J. Plant Sci.* 79, 491 – 496
- Grant, C.A., Jia, S., Brown, K.R., Bailey, L.D. (1996): Volatile losses of urea from surface-applied urea ammonium nitrate with and without the urease inhibitor NBPT. *Can. J. Soil Sci.* 76, 417 – 419.
- Kandeler E., Cerber H. (1988): Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biol. Fertil. Soils*, 6: 68-72
- Malhi S., Grant C., Johnston A., Gill K. (2001): Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: a review. *Soil & Tillage Research* 60, 101 – 122
- Malhi S., Nyborg, M., Solberg E. D. (1996): Influence of source, method and placement of simulated rainfall on the recovery of ¹⁵N-labelled fertilizers under zero tillage. *Can. J. Soil Sci.* 76, 93 - 100
- Randall G.W., Iragavarapu T.K., Bock B.R.(1997): Nitrogen application methods and timing for corn after soybean in a ridge-tillage system, *Journal of Production Agriculture*, 10, 2, 211
- Tennant D. (1975): A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.*, 63: 995-1001.
- Vance E.D., Brookes P.C., Jenkinson D.S. (1987): An extraction method for measuring microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.*, 19: 703-707

Používání dusíkatých hnojiv ve vztahu k výnosu a kvalitě produkce

Luděk Hřivna

*Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta.
Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno
e-mail: hrivna@mendelu.cz*

Abstract

The standard of the nitrogen nutrition influences significantly the plant production's yield and quality. Nitrogen measured quantity of 110 kg.ha⁻¹ N as compared to the measured quantity of 80 kg.ha⁻¹ N increased the yield of the wheat grain from 0,15 to 0,65 t.ha⁻¹. The weight volume raised by 2,5g.l⁻¹ on average, the content of moist gluten increased by 1,2%, and the sedimentation value ascended, too. Nitrogen measured quantities of 30 and 50 kg N applied during seeding development stage in different types of fertilizers (LAV 27, DASA, ammonium sulphate, SAM 240, DAM 390, and urea) increased the yield by 0,274-1,049 t.ha⁻¹. The weight volume of the grain as well. The starch content increased by 0,2-0,79% due to the rising nitrogen dose. Winter rape also reacted well to the higher intensity of the nitrogen nutrition. The increase of N measured quantity of 120 to 190 kg.ha⁻¹ increased the seed yield by 6,1% and the seed oil content by 0,4%. When applying the same nitrogen measures in nitrogenous fertilizers containing sulphur, the seed yield increased by 11,5-16,8%.

Úvod

Dosažení maximálního výnosu v požadované kvalitě je základním pěstitelským cílem. Přičemž v případě nadprodukce bude o konečné realizaci na trhu rozhodovat právě kvalita, která se stále více stává určujícím kritériem pro stanovení ceny. Tvorba výnosu i jeho kvality je mimo jiné ovlivněna také výživou. Významnou roli zde sehrává výživa dusíkem. V případě deficitu dusíku dochází k omezení tvorby nadzemní biomasy a ke změně poměru mezi kořeny a nadzemní hmotou ve prospěch kořenů (Gutschick a Kay 1995). V případě nedostatku dusíku je narušena proteosyntéza, u obilnin dochází k redukci výnosotvorných prvků, zrno má nízkou hmotnost a výrazně zhoršené technologické parametry, mouka pšenice získaná semletím zrna je pekařsky slabá, což se projevuje negativně v kvalitě výrobku (Šíp et al., 2000, Zimolka et al., 2005). Jak uvádí Branlard et. al. (1991), je to právě obsah bílkovin a jejich kvalita, který má úzký vztah k ostatním parametrům kvality zrna pšenice. Dusík hraje významnou roli také u ječmene. Při jeho nedostatku se snižuje obsah bílkovin v zrnu, klesá množství dusíkatých látek přecházejících do sladiny a tím i zdroj živin pro kvasinky (Moštek, 1975). Při nadbytku dusíku se zvyšuje nebezpečí vzniku koloidních zákalů v pivu (Bamforth, 1999). Dusík hraje významnou roli také u řepky. Řepka ozimá patří k plodinám na dusík nejnáročnějším. Na tvorbu jedné tuny výnosu semen odčerpá cca 50 – 60kg N (Richter et al. 2001). Přitom celkové čerpání dusíku v průběhu vegetace je podstatně vyšší a dosahuje ve fázi tvorby

šesulí cca 450kg.ha⁻¹ (Hřivna, Richter, 2002). Dusík podporuje tvorbu výnosu semen řepky ale může snižovat jejich olejnatost. V kombinaci s výživou sírou k tomu ale nedochází, je proto třeba zajistit aby byl poměr N:S v sušině rostlin nižší jak 10 (Hřivna et al. 2001).

Materiál a metody

Problematicke, ve které je sledován vliv dusíkaté výživy na výnos a technologické parametry polních plodin, je věnována ze strany autora značná pozornost. Výsledky, které jsou v rámci této publikace prezentovány tvoří pouze výseč činnosti prováděné v této oblasti.

V rámci maloparcelních polních pokusů byl sledován vliv hnojení dusíkem na výnos a technologické parametry zrna pšenice. Sledování probíhalo na třech lokalitách s odlišnými agrochemickými vlastnostmi půdy (viz. tab.1).

Tab. 1: Agrochemická charakteristika pokusných lokalit

Lokalita	pH	mg.kg ⁻¹ zeminy			
		P	K	Ca	Mg
Branišovice	6,1	56	398	4220	496
Žabčice	7,3	138	222	5853	403
Velká Bystřice	6,3	56	129	2157	89

Pozn.: Obsah živin je uveden v mg.kg⁻¹ a stanoven dle Mehlicha III

Do pokusu byly zařazeny odrůdy Bruta a Nela (Branišovice), Bruta (Žabčice), Samanta (Velká Bystřice). Ozimá pšenice byla vysetá v Branišovicích a Žabčicích 17.10. 1998 a ve Velké Bystřici 19.10. 1998. Pokus byl uspořádán do následujících variant hnojení (viz. tab. 2).

Tab. 2: Schéma hnojení pšenice

Intenzita hnojení	Rozdělení dávky N během vegetace (kg N.ha ⁻¹)		
	Regenerační	Produkční I	Produkční II
N 1 (80kgN.ha ⁻¹)	50	30	-
N 2 (110kgN.ha ⁻¹)	50	30	30

Pozn.: Ke hnojení byl použit dusičnan amonný (34%N)

Pokus byl sklizen v plné zralosti maloparcelní sklízecí mlátičkou. Z jednotlivých variant byly odebrány vzorky zrna. U vzorků zrna byly stanoveny parametry mlynářské a pekařské jakosti. Byla stanovena objemová hmotnost zrna na obilním měřiči, provedeno třídění na Steineckerově prosévadle, stanoven obsah N-látek dle Kjeldahla, Zelenyho test, obsah mokrého lepku a číslo poklesu.

Vliv hnojení dusíkem na výnos a technologické parametry zrna ječmene byl ověřován v roce 2006 v rámci maloparcelního pokusu založeného na pozemku patřícím do katastru ZP Agropol Velká Bystřice. Pozemek se nachází v klimatickém regionu mírně teplém, mírně vlhkém. Půda je středně těžká, půdní typ hnědozem. Agrochemické vlastnosti pozemku jsou uvedeny v tab.3.

Tab. 3: Agrochemické vlastnosti pozemku

Profil	K	P	Mg	Ca	pH
	mg.kg ⁻¹ zeminy				□
0-30cm	80.9	99.4	177	3320	6.88
30-60cm	192	95.6	139	2520	6.69

Pozn.: Obsah živin je uveden v mg.kg⁻¹ a stanoven dle Mehlicha III

Odrůda ječmene jarního Jersey zde byla pěstována po předplodině cukrovce, chrást byl zaorán. Hnojení dusíkem bylo provedeno jednorázově v období vzcházení porostu. schéma pokusu je uvedeno v následující tabulce (tab.4)

Tab. 4: Schéma hnojení ječmene

Intenzita hnojení	Termín aplikace	Použité hnojivo
	vzcházení	
kontrola	0	-
N 1 (30kgN.ha ⁻¹)	30	LAV 27, DASA, síran amonný, SAM 240, DAM 390, močovina
N 2 (50kgN.ha ⁻¹)	50	

Pozn.: Každé z uvedených dusíkatých hnojiv bylo aplikováno v dávce 30 a 50 kg N/ha.

Hnojiva byla zapravena pomocí hrabla. Porost byl sklizen maloparcelní sklízecí mlátičkou v plné zralosti. Ze všech variant pokusu byly odebrány vzorky zrna u kterých byla stanovena objemová hmotnost (obilní měřič), podíl předního zrna (Steineckerovo prosévadlo), obsah N-látek (dle Kjeldahla) a škrobu (dle Ewerse).

Pokusy, ve kterých byl ověřován vliv N-hnojiv na výnos a kvalitu sklizně řepky ozimé, byly založeny v roce 1997. Odrůda řepky Zorro byla zasetá po ozimé pšenici na lokalitě ZP Želiv a.s. na pozemku s následujícími agrochemickými vlastnostmi (tab.5).

Tab. 5: Agrochemická charakteristika pozemků před založením pokusu

pH	mg.kg ⁻¹ zeminy			
	P	K	Mg	Svodorozpustná
6,1	187	216	58	6,3

Pozn.: P,K,Mg stanoveno dle Mehlicha II, S ve vodném výluhu.

Při předset'ové přípravě bylo provedeno hnojení hnojem v dávce 30 t.ha⁻¹. Brzy na jaře byl porost jednotně pohnojen 80kg N (LAV 27) a ve fázi DC 23-24 a DC 29-30 bylo dodáno odpovídající množství dusíku v DAM 390 a Agrosamu (tab.6).

Tab. 6: Schéma pokusu

Varianta	Hnojení	Dávka	
		N	S
1	N1PK	70	-
2	N2PK	110	-
3	N1PK+S1	70	12
4	N2PK+S2	110	24

Pozn.: V tabulce je uvedena celková dávka N a S aplikovaná v produkčním hnojení

Sklizeň pokusu byla provedena po desikaci porostu. Z jednotlivých variant pokusu byly odebrány vzorky semen pro stanovení obsahu tuku extrakčně petroléterem.

Výsledky a diskuse

Na všech lokalitách se příznivě projevil vliv hnojení dusíkem na výnos zrna. Největší přírůstky byly pozorovány na lokalitě v Žabčicích, kde byl nárůst výnosu zrna po aplikaci vyšší dávky N cca 0,650 t.ha⁻¹ (tab.8). Nejnižší přírůstky byly naopak zaznamenány na lokalitě v Branišovicích, kde se do značné míry projevilo sucho ve druhé polovině vegetace (tab. 7). K obdobným výsledkům dospěli i Šíp et al (2000), kteří potvrdili příznivý vliv druhého produkčního hnojení dusíkem na výnos zrna pšenice ozimé.

Kvalita zrna byla po provedeném hnojení ovlivněna na všech lokalitách. Jak uvádí Zimolka (2005), technologická jakost zrna pšenice je komplexní veličinou, která souvisí především se složením zásobních bílkovin endospermu zrna. Přitom pšenice ozimá patří k plodinám, které jsou na hnojení dusíkem poměrně citlivé. Nejvíce významných korelací s ostatními jakostními parametry a tím i největší vypovídací schopnost má sedimentační hodnota a obsah bílkovin v zrně (Branlard et al., 1991). Potvrdily to i výsledky ze tří pokusných lokalit. Stupňování dávky dusíku příznivě ovlivnilo na všech lokalitách obsah dusíkatých látek a mokrého lepku. Druhé produkční hnojení dusíkem zvýšilo i hodnotu sedimentace (tab.7-9).

Vyšší intenzita hnojení dusíkem tedy jednoznačně přispěla k vyššímu obsahu hrubých bílkovin. Ke stejným závěrům dospěli také Vrkoč et al. (1995), Šíp et al. (2000), Ducsay et al. (2004), stejně tak Hubík (1995), který zjistil pozitivní korelaci mezi obsahem bílkovin a dávkami dusíku.

Tab.7: Výnos a technologické parametry zrna pšenice – lokalita Branišovice

Odrůda	Varianta	Výnos zrna t.ha ⁻¹	N-látky %	Objem. hmotnost g.l-1	HTZ (g)	SDS test (Zeleny)	Pádové Číslo (s)	Obsah lepek %
Nela	N1	8,44	11,7	759	45	25	228	27,9
	N2	8,59	12	767	42	30	267	28,6
Bruta	N1	7,75	11,8	748	52	34	301	26,5
	N2	7,92	11,6	751	51	36	287	28,1

Tab. 8: Výnos a technologické parametry zrna pšenice – lokalita Žabčice

Odrůda	Varianta	Výnos zrna t.ha ⁻¹	N-látky %	Objem. hmotnost g.l ⁻¹	HTZ (g)	SDS test (Zeleny)	Pádové Číslo (s)	obsah lepek%
Bruta	N1	6,26	12,06	743	51,7	31,3	281	27
	N2	6,91	12,16	741	50,6	32	276	27,4

Tab. 9: Výnos a technologické parametry zrna pšenice – lokalita Olomouc

Odrůda	Varianta	Výnos zrna t.ha ⁻¹	PPZ %	Objem. hmotnost g.l ⁻¹	HTZ (g)	SDS test (Axford)	Pádové Číslo (s)	Obsah lepek%
Samanta	N1	6,62	94,7	799	43,6	50	366	17,7
	N2	7,16	94,5	800	44,7	52	365	19,8

Dusík je významnou živinou také pro ječmen. Rozhoduje o dynamice tvorby sušiny a kvalitě zrna. Limituje obsah bílkovin, ovlivňuje mechanické vlastnosti zrna a parametry sladu (Zimolka et al., 2006). Z výsledků, které jsou uvedeny v tab.10 vyplývá, že ječmen velmi citlivě reaguje na hnojení dusíkem. Časná aplikace, provedená v období jeho vzcházení zvýšila výrazně výnos zrna a kvalitu produkce. Bez ohledu na typ použitého dusíkatého hnojiva se výnos zrna v průměru zvýšil o 0,274-1,049 t.ha⁻¹. Vyšší efekt hnojení dusíkem byl pozorován po aplikaci 50kg N.ha⁻¹. Z mechanických vlastností zrna byla příznivě ovlivněna objemová hmotnost. Po aplikaci dusíku rostl také obsah škrobu o 0,2-0,79%. Tvorba většího počtu produktivních odnoží po hnojení dusíkem zvyšovala nejenom výnos zrna ale přispěla také k většímu zředovacímu efektu, který se projevil v nižším obsahu N-látek v zru.

Tab. 10: Výnos a kvalita zrna ječmene

Varianta	Výnos zrna	Obj.hm.(kg.hl ⁻¹)	PPZ (%)	N-látky (%)	Škrob (%)
Kontrola	6,436	66,16	86,8	10,82	63,83
N1 (30kg N)	6,710	68,13	88,95	10,37	64,03
N2 (50kg N)	7,485	67,09	83,5	10,78	64,62

Ozimá řepka je plodinou s vysokými nároky na všechny živiny. Jejich optimální obsah vytváří příznivé podmínky k intenzivnímu růstu a k utváření výnosotvorných prvků. V našich pokusech reagovala řepka na intenzitu dusíkaté výživy příznivě. Růst dávky N ze 150 na 190 kg.ha⁻¹ zvýšil výnos semen o 6,1% a obsah tuku v semeni o 0,4% (tab. 11).

Podle Schnuga (1993), Richtera a Hřivny (1999) na tvorbu výnosu působí příznivě i síra. Síra spolu s dusíkem jsou nezbytnými prvky pro syntézu bílkovin a další procesy determinující výnos semene a jeho kvalitu. Nedostatek síry omezuje využití dalších biogenních prvků a to i dusíku (Sepulveda et al. 1993). To se potvrdilo i v našich pokusech. Pokud byla dusíkatá výživa kombinována s hnojením sírou, rostl výnos semen až o 11,5-16,8%.

Tab. 11: Výnos a kvalita semen řepky

Var.	Schéma hnojení	Výnos semene (t.ha ⁻¹)	Relativní srovnání (%)	Obsah tuku (%)	Produkce tuku (t.ha ⁻¹)
1	N1PK	3,57	100	42,4	1,51
2	N2PK	3,79	106,1	42,8	1,62
3	N1PK+S1	3,98	111,5	43	1,71
4	N2PK+S2	4,17	116,8	42,4	1,77
DT 0,05		0,34			
DT 0,01		0,42			

Závěr

Stupňování dávek dusíku příznivě ovlivnilo výnos i kvalitu rostlinné produkce. Dávka dusíku 110 kg N.ha⁻¹ oproti dávce 80 kg N.ha⁻¹ zvyšovala výnos zrna pšenice od 0,15 do 0,65 t.ha⁻¹. Po aplikaci 2. produkčního hnojení dusíkem rostla objemová hmotnost obsah mokrého lepku a sedimentační hodnota. Hnojení ječmene dusíkem v období vzcházení porostu přispělo ke zvýšení výnosu zrna v průměru o 0,274-1,049 t.ha⁻¹. Po aplikaci N rostla objemová hmotnost zrna a obsah škrobu. Růst dávky N ze 150 na 190 kg.ha⁻¹ u ozimé řepky zvýšil výnos semen o 6,1% a obsah tuku o 0,4%. Při uplatnění stejných dávek dusíku v dusíkatých hnojivech se sírou rostl výnos semen až o 11,5-16,8%.

Článek vznikl s finanční podporou MŠMT z výsledků výzkumného centra **1M0570**

Literatura

- Bamforth, C., W. (1999): Beer Haze. *J. Am.Soc. Brew. Chem.* 57 (3): 81-90 s.
- Branlard G., Rousset M., Loisel W., Autran J. C. (1991): Comparison of 46 technological parameters used in breeding for bread wheat quality evaluation. *J. Genet. Breed.*, 45: 263 - 279
- Ducsay L., Ložek O. (2004): Effect of topdressing with nitrogen on the yield and quality of winter wheat grain. *Plant Soil Environ.*, 50: 309-314.
- Gutschick V., P., Kay, L., E., (1995): *Jour. Exp. Bot.* 46: 995
- Hřivna, L., Richter, R. (2002) : Optimalizace výživy řepky. In.: Sborník 19. vyhodnocovací seminář Systém výroby řepky a slunečnice 19.-21.11. 2002 Hluk s.119-128
- Hřivna, L., Richter, R., Lošák, T. (2001): The effect of the content of water soluble sulphur in the soil on the utilisation of nitrogen and on the yields and quality of winter rape. *Rostlinná výroba*, 47, 2001 (1): s 18-22
- Hubík K. (1995): The effect of fertilization and year on the bread wheat quality. *Rostlinná Výroba*, 41: 521-527.
- Moštek, J.(1975): Sladařství - biochemie a technologie sladu, SNTL, Praha, ISBN 04 - 815 - 75
- Richter R., Hřivna L. (1999): Síra a její působení na výnos semene a obsah oleje u ozimé řepky. *Agrochemie III.* 39: 7-10.
- Richter, R., Hřivna, L., Cerkal, R.(2001):výživa a hnojení ozimé řepky. Vydal SPZO Praha, nakladatelství Garret. 41 s.
- Schnug E., Haneklaus S., Murphy D. (1993): Impact of Sulphur Fertilization on Fertilizer Nitrogen Efficiency. *Sulphur in Agriculture*, 17: 8-12.
- Sepúlveda I., Réfega A., Sequeira E. (1993): Sulphur Deficiency in Verisols: N/S and P/S Interaction Effects on the Yield and Sulphur Content of Annual Ryegrass. *Sulphur in Agriculture*, 17: 18-23.
- Šíp V., Škorpík M., Chrprová J., Šottníková V., Bártová Š. (2000): Effect of cultivar and cultural practices on grain yield and bread-making quality of winter wheat. *Plant Production*, 46: 159-16
- Vrkoč F., Vach M., Skala J. (1995): The effect of growing methods, sites and years on the nutrient content and baking quality of winter wheat grain. *Plant Production*, 41: 315-319.
- Zimolka, J., Edler, S., Hřivna, L., Jánský, J., Kraus, P., Mareček, J., Novotný, F., Richter, R., Říha, K., Tichý, F. (1995): Pšenice, pěstování, hodnocení a užití zrna. Profi Press s r.o. Praha. 180 s.
- Zimolka, J. et al. (2006): Ječmen –formy a užitkové směry v České republice. Profi Press s r.o. Praha. 200 s.

Systém hnojení ozimé pšenice dusíkem – stanovení dávek

Witold Grzebisz, Witold Szczepaniak

*Katedra zemědělské chemie, Akademia Rolnicza
ul. Wojska Polskiego 71F, 60-625 Poznaň, Polská republika*

Potřeba dusíku u pšenice

Základním předpokladem strategie hnojení ozimé pšenice dusíkem – jak vyplývá z využití této plodiny – je definice role dusíku při tvorbě výnosu. Pšeničná mouka se používá k pečení chleba a pečiva. Hlavním cílem produkce pšenice tedy není jen *úroda zrna*, ale také odpovídající *množství dusíku v zrně*. Druhý z těchto dvou cílů je základním měřítkem kvality potravinářské mouky. K vytvoření 100 kg zrna potřebuje rostlina 1,5 až 2,0 kg dusíku (N), ale v podmínkách optimálního zásobení vodou a dalšími složkami výživy postačí jen 1,0 kg dusíku. Tak nízký obsah dusíku v zrně však neumožňuje dosáhnout dobré technologické jakosti zrna. U zrna určeného pro výrobu chlebové mouky je jakost pšeničného zrna dostatečná v případě, že se obsah bílkovin pohybuje v rozmezí od 11,5 do 13 %, čili od 2,00 do 2,25 kg N/100 kg zrna. Pouze za výše uvedených předpokladů můžeme vypočítat množství dusíku shromážděného v biomase pšenice v době sklizně, se zohledněním množství dusíku ve slámě a vývoje počasí v době vegetace (tab. 1). *To je první krok při tvorbě systému hnojení ozimé pšenice.*

Tab. 1: Příjem dusíku pšenicí v letech s odlišnými povětrnostními podmínkami, kg/ha

Předpokládaný výnos zrna t/ha	Obsah dusíku (N) v zrně ¹ , v %			
	2,0		2,25	
	zrno	celkem ²	zrno	celkem
5	100	120	113	147
6,5	130	156	146	190
8	160	192	180	230

¹ bílkoviny v zrně = 5,75 x N; optimální rok – 2 % N = 11,5 % bílkovin; vlhký rok – 2,25 % N = 13% bílkovin

² dusík: zrno + sláma (předpokládaný obsah dusíku ve slámě: 20 % v optimálním roce a 30 % v mokřém roce)

Fyziologie tvorby výnosu pšenice

Každá jednotka dusíku, využitá v dané fázi vývoje pšenice, plní přesně definované funkce při tvorbě výnosu, které ovlivňují konečný počet klasů, počet zrn v klasu, hmotnost zrn a obsah bílkovin v zrně (tab. 2). V každé fázi vývoje musí proto rostlina shromáždit určité množství dusíku, aby splnila předpokládané cíle produkce (obr. 1).

Tab. 2: Vliv hnojení dusíkem na tvorbu výnosu v hlavních fázích vývoje ozimé šenice

Vývojová fáze	Vliv dusíku na tvorbu výnosu
1. Konec odnožování / začátek sloupkování (BBCH 29/30)	- zpomalení tempa redukce počtu odnoží - zpomalení tempa redukce zárodků klásků
2. Vrchol fáze sloupkování (BBCH 32/37)	- zpomalení tempa redukce klásků v klase - zpomalení tempa redukce kvítků v klase
3. Stadium objevení se jazyčku posledního listu / otevření listové pochvy (BBCH 39/49)	- ustálení konečného počtu klasů na ploše - ustálení konečného počtu plodných kvítků v klásku - zvětšení hmoty obilek ¹
4. Zrání	- růst obsahu bílkovin v zrně ²

¹ Hnojení dusíkem v období otevření listové pochvy (BBCH 49)¹ do začátku kvetení (BBCH 60)² nazýváme **pozdní hnojení**.

Odnožování

Spotřeba dusíku do fáze konce odnožování je na úrovni 20 až 25 % celkové spotřeby (obr. 1). V raném období vegetativního rozvoje má výživa rostlin dusíkem rozhodující vliv na počet klasů. Jestliže předpokládáme, že při 600 klasech na 1 m² bude výnos zrna 8 až 9 t/ha a vezmeme v úvahu skutečnost, že z 1 vysetého zrna rostlina vytvoří 1,5 až 2 klasy, pro dosažení stanoveného cíle stačí vyset 300–400 zrn na m². Z toho důvodu je také žádoucí pouze umírněné, nikoliv přehnané odnožování pšenice na jaře. Příliš velké množství dusíku v časných vývojových fázích pšenice totiž vede k vytvoření velkého množství odnoží (až 10–20 odnoží z jedné rostliny). Tento vývoj není pro zemědělce příznivý, protože rostliny vyčerpají rezervy půdního dusíku a tvoří slabá stébla, z nichž nikdy nevzniknou klasy. Nadměrné odnožování pšenice navíc vytváří ideální podmínky pro šíření houbových chorob.

Sloupkování

V uvažovaném období vývoje rostlin přijímá pšeničné pole 50 % celkového množství dusíku. Z tohoto množství připadá 20–25 % na dobu od konce odnožování (BBCH 30) do stadia 2. kolénka (BBCH 32) a zbývající část na dobu od fáze 2. kolénka do počátku metání (BBCH 51). V tomto období vývoje rostliny je nejdůležitějším zdrojem dusíku hnojivo, jehož použití má za cíl doplnit potřeby rostliny v obdobích kritických pro strukturu porostu (tab. 1).

Zrání

V období od počátku kvetení do plné zralosti vzniká 80–90 % výnosu zrna. Teprve v této fázi vývoje pšenice se tedy realizuje dříve vybudovaná struktura výnosu. V této fázi je nejdůležitějším úkolem zemědělce udržet po poměrně dlouhou dobu velký a zelený povrch praporcového listu, druhého listu a klasu, které rozhodují o výnosu zrna: praporcový list z 50–60 %, druhý vrcholový list z 15–25 % a klas z 20–30 %. Až 70–80 % dusíku obsaženého v zrnu pochází z rezerv, vytvořených ve vegetativních orgánech rostliny v předchozích fázích. Zbývající množství dusíku přijímá rostlina z půdy. Nedostatek dusíku v této fázi vývoje pšenice zkracuje dobu dozrávání a zároveň zmenšuje obsah dusíku v zrnu, což má negativní vliv na výnos zrna a na pekařskou jakost mouky.

Diagnostika hnojení dusíkem

Celkové množství dusíku nahromaděného v rostlině bylo definováno v tabulce 1. Problémem, který musíme vyřešit, je rozdělení této dávky, provedené tak, aby byl zajištěn výnos a jakost zrna. Určení množství a rozdělení dávky dusíku je náročný úkol, při jehož řešení je třeba použít několik různých metod, vyplývajících přímo z jednotlivých vývojových fází rostliny (obr. 2).

Rozdělení celkové dávky dusíku v kultuře potravinářské pšenice:

A. Optimální podmínky (dobré stanoviště, příznivé povětrnostní podmínky):

1. dávka I: základní → před začátkem vegetace;
2. dávka II: korekční → fáze sloupkování;
3. dávka III: pozdní → metání.

B. Vodní stres v druhé části jarní vegetace (platí také pro krmnou pšenici v norm. podm.):

1. dávka I: základní → před začátkem vegetace;
2. dávka II: doplňková → fáze sloupkování.

Příklad 1. Rozdělení celkové dávky dusíku v kultuře potravinářské pšenice:

A. Potřebné údaje:

1. stanoviště po řepce; obsah dusíku v půdě na jaře: 70 kg N/ha;
2. předpokládaný výnos zrna: 8 t/ha;
3. celková spotřeba dusíku = 240 kg/ha (8 x 30);

B. Dávkování dusíku – systém 3 dávek – výpočet:

4. dávka I brutto = 50 % celkové spotřeby;
dávka I netto = 50 % celkové spotřeby minus obsah N_{min} v půdě na jaře;
 $dávka I netto = (240 \times 0,5) - 70 = 50 \text{ kg N/ha}$

Kontrola stavu výživy pšenice dusíkem v době vegetace – korekce II. dávky

K nejčastěji doporučovaným metodám kontroly výživy pšenice dusíkem ve vegetačním období patří:

1. Stanovení obsahu dusíku v rostlinách v kritické fázi (tab. 3):
Nevýhodou této metody je to, že ji může provést pouze agrochemická laboratoř, což prodlužuje dobu rozhodování o hnojení dusíkem.
2. Barevná reakce; například s fenylenidaminem (tab. 4):
Tento test byl v Německu velmi dobře kalibrován. Dovoluje rychlé a dostatečně přesné zhodnocení stavu výživy pole dusíkem. Označení se provádí přímo na poli.
3. Měřicí přístroje; například chlorofylometr ve verzi **Hydro N-tester**:
Měření se provádí přímo na rostlinách. V tomto případě jsou však určitým omezením soubory srovnávacích údajů pro jednotlivé odrůdy v kritických fázích.
4. Metoda „kontrolního políčka“:
Jednou z nejjednodušších metod kontroly hnojení obilí dusíkem (obr. 2) je metoda „kontrolního políčka“. Tato metoda spočívá v tom, že se používají zpravidla průměrné dávky dusíku (30–40 kg N/ha) a při průjezdu traktoru polem se na několika místech (podle velikosti pole) uzavře rozmetadlo hnojiva nebo se zmenší množství hnojiva – nejlépe o polovinu. Další dávka dusíku se použije v okamžiku, kdy se na nehnojené (resp. méně hnojené) části pole objeví viditelné známky nedostatku dusíku. Tuto metodu zemědělci často využívají. Stačí pozorovat pole s obilím v době vegetace a zasáhnout v případě potřeby. Zemědělci, kteří využívají tuto metodu, dosahují díky kontrole aktuálního stavu výživy rostlin dusíkem stabilnějších výnosů, a počet aplikací hnojiva obvykle vzroste pouze o jednu.

Tab. 3: Stav výživy obilí dusíkem, fáze 30/31, podle *World Fertilizer Manual*

<i>Obsah dusíku v %</i>		
2,0 – 2,9	3,0 – 3,4	3,5
<i>Stav výživy</i>		
Velmi nízký	Nízký	Normální

Tab. 4: Výživa obilí dusíkem a úprava výživy; barevný test, fáze 30/31

(*Sturm – Buchner – Zerulla, 1994*)

<i>Indikační hodnoty testu</i>		
0 – 1	1 – 2	2 – 3
<i>Dávka N, kg.ha⁻¹</i>		
50 – 40	40 – 20	20 – 0

Pozdní hnojení dusíkem, dávka III

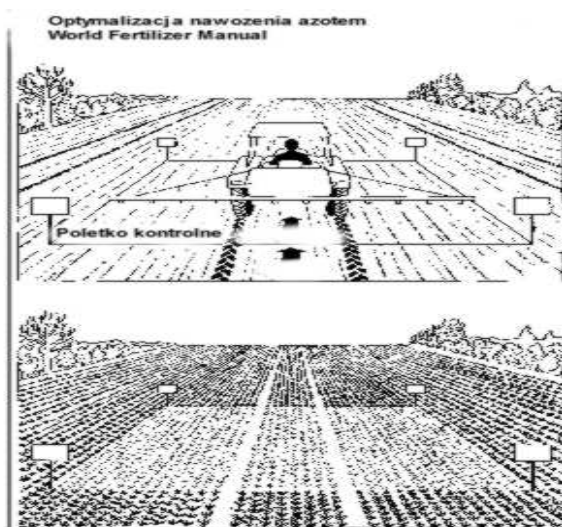
III. dávka dusíku se určuje metodami doporučenými pro II. dávku nebo se vychází z kritéria předpokládaného výnosu zrna. V Německu se dodržuje pravidlo, že odrůdy chlebové pšenice se ve fázi metání hnojí dusíkem v dávce 0,8–1,2 N/dt výnosu zrna, krmné pšenice v dávce 0,6–1,8 N/dt. V regionech Střední Evropy s výrazně horšími klimatickými a půdními podmínkami postačují k zajištění optimální výživy pšenice dusíkem dolní hodnoty z výše uvedených rozmezí. Například pro získání výnosu 80 dt/ha by bylo nutné hnojení dusíkem v dávkách 64 a 48 kg N/ha. Velikost poslední dávky dusíku v pšenici může zemědělci připadat šokující kvůli riziku polehnutí. Takové nebezpečí zde skutečně existuje, ale pravděpodobnost škodlivého účinku této dávky dusíku je omezena optimální výživou rostlin fosforem, draslíkem a magnéziem a také ochranou rostlin před nemocemi základu stébla a listů. Použití prostředků proti poléhání je nutné v případě pěstování odrůd s dlouhým stéblem.

Obecná doporučení

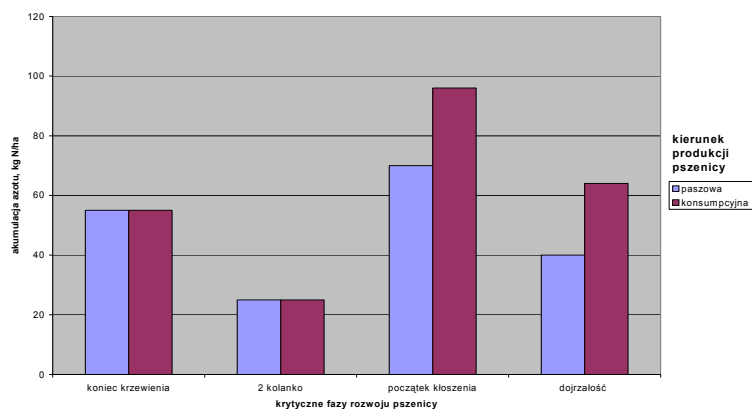
Pro dosažení uspokojivých výsledků při pěstování potravinářské pšenice je třeba:

1. zvolit odrůdu s vysokou schopností hromadit bílkoviny,
2. racionálně stanovit celkovou dávku dusíku pro předpokládaný výnos zrna, s ohledem na využití pěstovaných rostlin,
3. zvýšit celkovou dávku dusíku o 30–40 kg N/ha, což zajistí dobrou jakost zrna v letech, které jsou nepříznivé pro hromadění bílkovin v zrna ,
4. rozdělit dávku dusíku tak, aby alespoň 40–50 kg N/ha bylo použito ve fázi od otevření listové pochvy (BBCH 49) do konce metání (BBCH 59),
5. dobrou výživou potravinářské pšenice fosforem, draslíkem, magnéziem a mědí zajistit efektivní využití přijatého dusíku na výnos.

Obr. 2: Hnojení pšenice dusíkem – metoda „kontrolního políčka“



Obr. 3. Akumulace dusíku v kritických fázích vývoje ozimé pšenice



Literatura

Finck, Arnold: Dünger und Düngung: Grundlagen. Verl. Chemie, Weinheim 1979, 442 s.

Grzebisz W. – Gaj R.: Optymalizacja nawożenia pszenicy ozimej. Wyd. IOR, Poznań 2007, v tisku.

Sturm, Hellmut – Buchner, Anton – Zerulla, Wolfram: Gezielter düngen. DLG Verlag, Frankfurt a. Main 1994, 472 s.

Wichmann W.: World Fertilizer Use Manual, IFA, BASF AG, 1995–2006, 600 s.

Využití různých forem dusíku u obilnin při mimokořenové aplikaci

Marie Trčková, Ivana Raimanová, Pavel Růžek

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 161 06 Praha 6 - Ruzyně

Abstract

Uptake and subsequent translocation of different N forms after foliar application was studied in wheat plants. Semi-quantitative evaluation of results demonstrated high urea use efficiency during whole grown season. Addition of 5ppm urease inhibitor increased the rate of urea uptake but it reduced translocation of metabolized N into growing plant parts.

Úvod

Jedním z předpokladů pro efektivní využití dusíku v mimokořenové výživě je rychlost jeho příjmu, metabolické zpracování a následná translokace na místo spotřeby – do rostoucích orgánů nebo do vyvíjejících se zrn. Na buněčné úrovni je mechanismus příjmu jednotlivých forem N shodný pro všechny části rostlin. Obě minerální formy, nitráty i amonné ionty, jsou přijímány aktivně, to je proti koncentračnímu spádu a za spotřeby metabolické energie. Odpovídající vysokoafinitní (HATS) i nízkoafinitní (LATS) transportní systémy byly identifikovány v kořenech i listech různých druhů rostlin včetně obilovin.

Průměrná rychlost příjmu nitrátů kořeny různých odrůd pšenice pěstované v živném roztoku ($4 - 7 \mu\text{mol NO}_3^-/\text{g kořenu/hod}$) se pohybuje okolo 80 % stanovené maximální rychlosti (V_{max}). Schopnost přijímat amonné ionty je u stejných odrůd více než dvojnásobná. Na rozdíl od nitrátů je převážná část amonných iontů metabolizována již v kořenech. Ve srovnání s oběma minerálními formami N je příjem močoviny mnohem pomalejší.

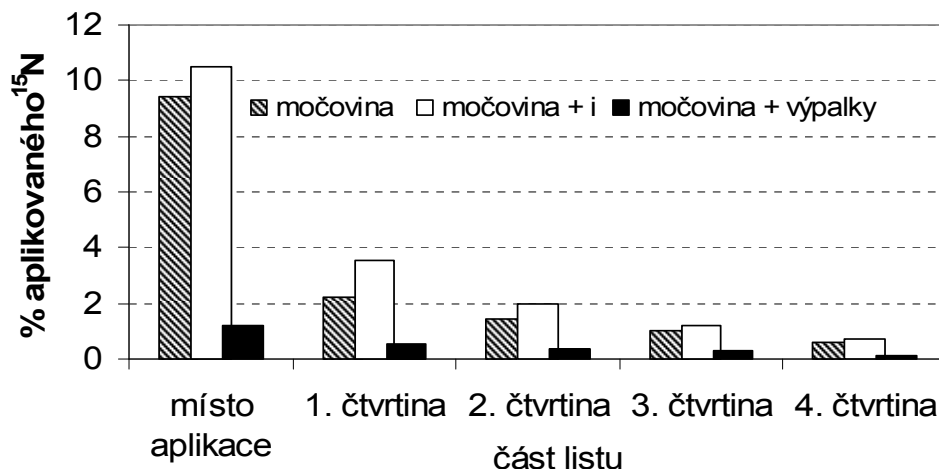
Příjem dusíku nadzemními částmi rostlin je komplikovanější. Hlavní bariérou pro vstup jednotlivých forem N do pletiv listů je kutikula, která pokrývá vnější povrch pokožky a vyvíjí se po celou dobu životnosti listů. K průniku aplikovaných živin kutikulou slouží obrovské množství pórů ($10^{10}/\text{cm}^2$) s velikostí okolo 1nm. Mnohem menší význam pro příjem živin mají průduchy, protože i jejich vnitřní buněčné stěny jsou pokryty kutikulou. Z mnoha publikovaných prací vyplývá, že do nitra listu nejlépe vstupují malé nepolární sloučeniny, po nich následují kationty a anionty. V případě různých forem N je to močovina, amonné ionty a nitráty.

Objektivní posouzení efektivity mimokořenové aplikace různých forem N je dost obtížné. Proto jsme pro semikvantitativní hodnocení rychlosti příjmu a následující translokace N z různých listově aplikovaných forem použili značení stabilním izotopem ^{15}N . V modelovém pokusu s jarní pšenicí pěstovanou v živném roztoku jsme aplikovali $10 \mu\text{l}$ 5 % roztoku značené močoviny (resp. močoviny doplněné o další složky, NH_4NO_3) na bázi zralého listu (to je listu s plně vyvinutými oušky). Ve vhodně zvolených časových intervalech byl sledován pohyb ^{15}N uvnitř exponovaného listu i jeho množství v ostatních částech rostliny.

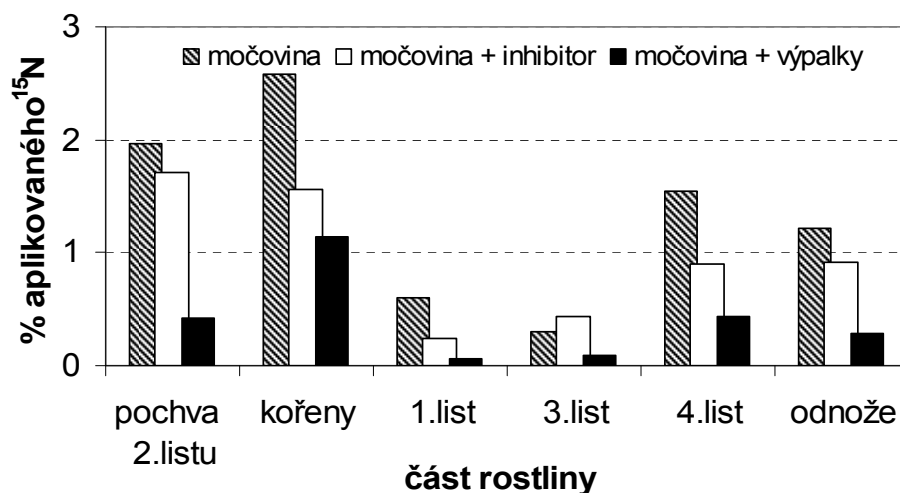
Pohyb močoviny uvnitř listu

Po vstupu do pletiv listu je pasivní pohyb živin omezen na bezprostřední okolí místa aplikace. Kromě toho mohou být transpiračním proudem unášeny směrem k vrcholu a okrajům listu. Ve fázi odnožování bylo již za 2 hodiny po bodové aplikaci nalezeno 14,7 % močoviny v exponovaném (2.) listu; se vzdáleností od místa aplikace její množství klesalo (graf 1). Příkladově inhibitoru ureasy v koncentraci 5 ppm zvyšoval rychlost příjmu močoviny (na 18 %) i její pohyb podél listu. Naproti tomu použití melasových výpalků místo vody k přípravě aplikačního roztoku snížilo rychlost příjmu na 2,5 %, ale neovlivnilo pohyb uvnitř listu.

Graf 1: Distribuce ^{15}N v listu pšenice 2 hodiny po bodové aplikaci 10μ 5 % roztoku (0,5mg) močoviny



Graf 2: Translokace ^{15}N z exponovaného listu do ostatních částí rostliny 20 hodin po bodové aplikaci 10μ 5 % roztoku močoviny



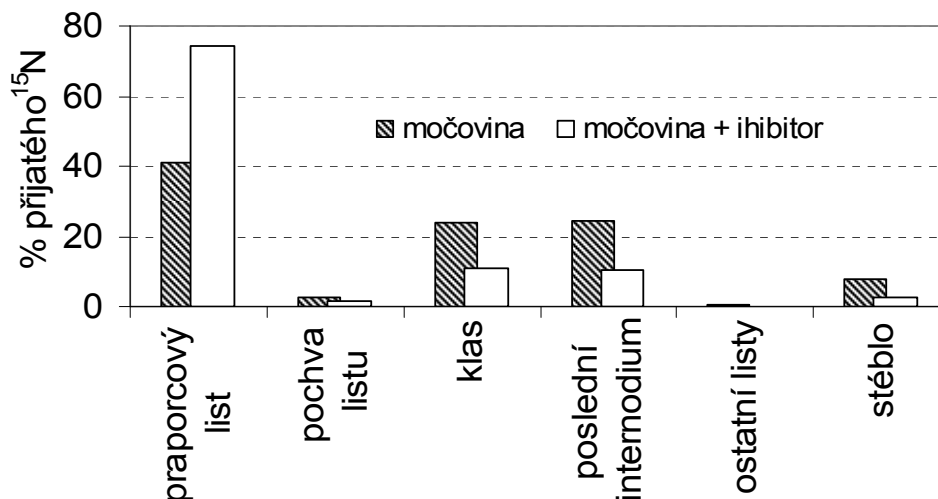
Translokace N z listově aplikované močoviny do ostatních částí rostliny

Dalšímu využití N z listově aplikovaných látek předchází jeho metabolická transformace. Močovina nebo minerální formy N jsou aktivně přijímány do listových buněk, kde dochází, s použitím příslušných metabolických drah, k postupnému zabudování do aminokyselin. Ve formě aminokyselin (to je kyseliny glutamové a glutaminu) je N pocházející z listových hnojiv transportován floémem na místo spotřeby. Za 20 hodin po bodové aplikaci 0,5mg značené močoviny na 2. list pšenice byl ^{15}N nalezen ve všech částech rostliny. Hlavním místem spotřeby byly rostoucí kořeny, vyvíjející se 4. list a odnože. Relativně vysoký obsah ^{15}N v pochvě 2. listu svědčí o intenzitě transportních procesů. Přídavek 5 ppm inhibitoru ureasy snížil translokaci ^{15}N z 8 % na 6 %, melasové výpalky dokonce až na 2,4 % (graf 2).

V době metání, 5 dní po bodové aplikaci 0,5mg močoviny na praporcový list, bylo 40 % ^{15}N nalezeno v exponovaném listu. Stejný podíl metabolizovaného ^{15}N (po 24 %) byl translokován do rostoucího klasu a posledního internodia, které představuje dočasný úložný prostor pro asimiláty určené k tvorbě zrna. S výjimkou nižších pater stébla je transport metabolizovaného ^{15}N do

zbývajících částí zanedbatelný (graf 3). Také v tomto případě přidavek 5 ppm inhibitoru ureasy prodloužil zadržování aplikovaného dusíku v praporcovém listu a zpomalil jeho translokaci do rostoucích částí.

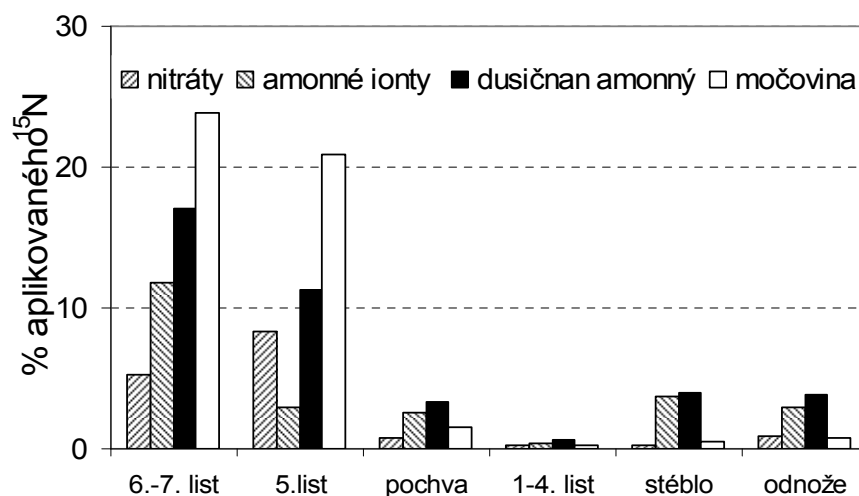
Graf 3: Distribuce ^{15}N 5 dní po bodové aplikaci 10 μ 5 % roztoku močoviny na praporcový list v době metání



Rozdíly v příjmu a distribuci N z minerálních forem a močoviny

Zajímavé jsou dílčí výsledky, které byly získány vzájemným srovnáním příjmu a translokace N z močoviny, nitrátů a amonných iontů. Listová aplikace 5 % roztoku dusičnanu amonného ve formě $^{15}\text{NH}_4\text{NO}_3$ nebo $\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ umožnila sledování obou minerálních forem při jejich společném příjmu (graf 4). Ve srovnání s močovinou bylo celkové množství ^{15}N přijatého z NH_4NO_3 za 3 dny po aplikaci asi o 10 % nižší. Více než polovina pomaleji přijímaných nitrátů (z celkových 14,9 %) byla akumulována v exponovaném 5. listu, kde může být dočasně uložena do vakuoly. Naproti tomu amonné ionty (21,3 % z aplikovaného množství) byly velmi rychle metabolizovány. Vytvořené N látky označené stabilním izotopem ^{15}N byly translokovány nejen do rostoucích mladších listů, ale ve značné míře i do stébla a odnoží (graf 4).

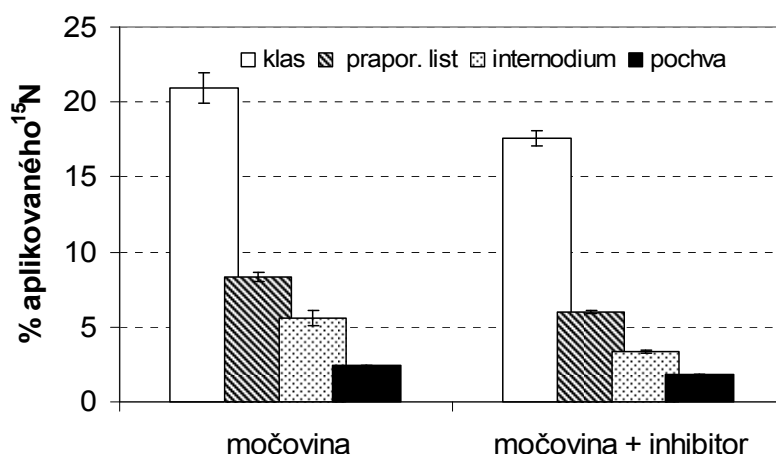
Graf 4: Rozdíly v příjmu a distribuci různých forem N 3 dny po jejich aplikaci na 5. list pšenice



Efektivnost využití močoviny aplikované na počátku kvetení k tvorbě zrna

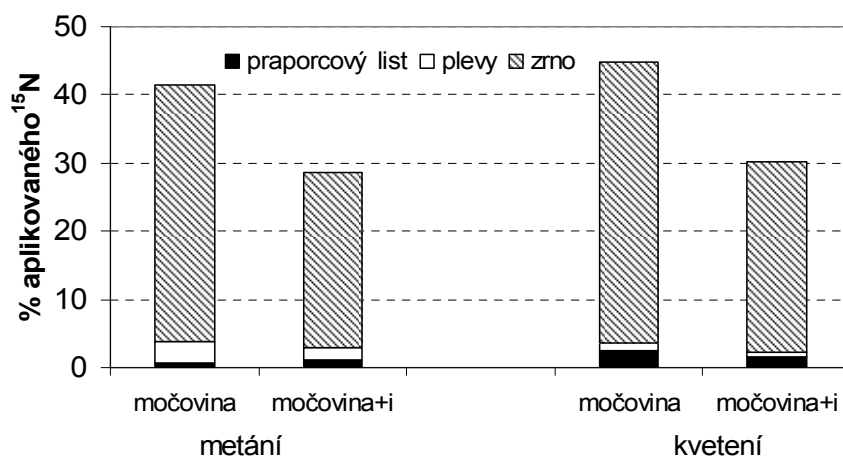
Na základě získaných výsledků byl stejný způsob aplikace značené močoviny použit u ozimé pšenice Nela pěstované v polním pokusu. Na počátku kvetení (objevení prvních prašníků) byl označen dostatečný počet plodných stébel, na jejich praporcový list bylo opět aplikováno 10 µl 5 % roztoku močoviny, resp. močoviny s 5 ppm inhibitoru ureasy. Pohyb metabolizovaného ^{15}N byl sledován jen v praporcovém listu, posledním internodiu a vyvíjejícím se klasu. Po 17 dnech, to je v době intenzivní translokace asimilátů do zrna, bylo nalezeno 29 % (močovina s přidavkem ureasy) až 38 % (jen močovina) aplikovaného dusíku v horní části rostliny. Více než polovina tohoto množství (17,6 – 21 % ^{15}N) byla lokalizována v klasech (graf 5).

Graf 5: Distribuce ^{15}N 17 dní po aplikaci 10µl 5 % roztoku močoviny na praporcový list na počátku kvetení



V období po odkvětu dochází k rozsáhlé remobilizaci dusíkatých látek ze stárnoucích vegetativních částí rostliny pro tvorbu zrna. Je známo, že v závislosti na výživném stavu porostu, zásobě minerálního N v půdě a průběhu počasí se zrno v době sklizně podílí na celkovém obsahu N v rostlině ze 75 – 80 %. Využití značeného ^{15}N z močoviny aplikované ve fázi metání a kvetení bylo velmi vysoké, pohybovalo se od 43 % do 45 % (graf 6). Významně nižší využití ^{15}N z močoviny s přidavkem 5 ppm inhibitoru ureasy (28,5 – 30 %) může být způsobeno nevhodně zvolenou dávkou inhibitoru pro listovou aplikaci.

Graf 6: Využití N z močoviny aplikované ve fázi metání a počátku kvetení pro tvorbu zrna pšenice



Výsledky byly získány za finanční podpory MZE ČR, projektu č.. 00027006-01.

Uplatnění inhibitorů ureasy a nitrifikace při používání dusíkatých hnojiv

Jana Pišánová, Pavel Růžek

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, Praha 6 - Ruzyně

Abstract

Urease inhibitor had favourable effect upon increase of effectiveness of urea fertilization. Inhibitor of nitrification had no positive effect on uptake of the nitrogen from the urea neither added to urea only nor in combination with urea treated urease inhibitor.

Úvod

Vznik plynného amoniaku je důležitým článkem v koloběhu dusíku v přírodě a jeho velké množství na povrchu půdy může znamenat značné ztráty dusíku z aplikovaných hnojiv. Řada studií poukazuje, že až 60 % dusíku z hnojiva aplikovaného na povrch půdy může být ztraceno volatilizací amoniaku.

V případě povrchové aplikace močoviny může docházet k volatilizaci amoniaku v důsledku její rychlé hydrolyzy. Močovina se na povrchu půdy hydrolyticky rozkládá pomocí enzymu ureasy na uhličitán amonný, který se dále mění na oxid uhličitý a amoniak. Vzhledem k tomu, že při hydrolyze pH v okolí močoviny roste, podíl dusíku ve formě amonného iontu je posunut směrem k amoniaku.

Hydrolytická aktivita Typ půdy, průběh počasí a také management hnojení ovlivňuje míru hydrolyzy močoviny a tím i množství unikajícího dusíku ve formě amoniaku. Nejdůležitějšími půdními charakteristikami, které tyto úzce související děje ovlivňují jsou pH, pufrční kapacita, kationtová výměnná kapacita, teplota, vlhkost a aktivita enzymů. Rychlost hydrolyzy močoviny stoupá s rostoucí teplotou vzduchu a s vyšší intenzitou slunečního záření.

Amonné soli tvořící se při rozkladu močoviny v půdě mohou být následně také nitrifikovány. Vzniklé nitráty jsou mobilní a nejsou vázány na půdní koloidy. Pokud nejsou nitrátové ionty využity rostlinami, může za určitých podmínek dojít k jejich redukci denitrifikací nebo k pohybu v půdním profilu směrem dolů a mohou být vyplaveny z půdy do spodních vod a způsobit tak jejich znečištění.

Materiál a metody

V laboratorním pokusu ve VÚRV jsme sledovali vliv použití inhibitoru ureasy na bázi NBPT spolu s močovinou na rychlost hydrolyzy močoviny z hlediska její aplikace na povrch půdy při různých teplotách (8 °C a 28 °C) a následný únik amoniaku z aplikovaného hnojiva. Inkubační pokus probíhal po dobu 14 dnů při simulování různých podmínek pro hydrolyzu močoviny při teplotách 8 °C a 28 °C. Použité půdní vzorky byly odebrány ze stanoviště v Ruzyni (hlinitá půda, hnědozem na spraši). Pokus byl založen v conway nádobách s variantou bez hnojení (K) a se dvěma variantami hnojení močovinou, tzn. močovinou samotnou (MO) a močovinou s inhibitorem ureasy na bázi NBPT (UREA^{stabil}, Us) ve čtyřech opakováních. Unikající amoniak byl odchyťován do prostoru uprostřed nádoby, kam bylo napipetováno 10 ml 0,01 % nH₂SO₄. Vzorky byly inkubovány při dvou teplotách, 8 °C a 28 °C a jejich odběry byly provedeny ve čtyřech termínech, po 2, 4, 7, a 14 dnech.

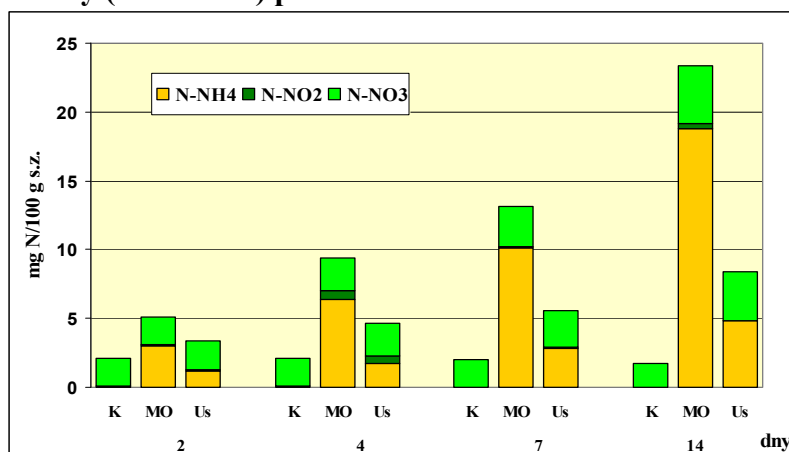
Hodnoty úniku amoniaku, obsahu nitrátového, nitritového a amonného iontu byly měřeny na přístroji FIA.

V polních maloparcelkových pokusech byl sledován vliv inhibitoru ureasy a nitrifikace byl na stanovišti v Lukavci u Pacova (bramborářská výrobní oblast, nadm. výška 610 m, roční úhrn srážek 686 mm, dlouhodobá průměrná roční teplota 6,8 °C). Při pokusu byla použita samotná močovina, močovina s inhibitorem ureasy a močovina společně s inhibitorem ureasy NBPT i nitrifikace DCD se značenými izotopy ^{15}N . Rostliny byly odebrány ve sloupkování (1.- 2. kolénko, fáze BBCH 30-32) a obsah ^{15}N v nadzemní části rostlin byl zjišťován pomocí hmotnostního spektrometru IRMS.

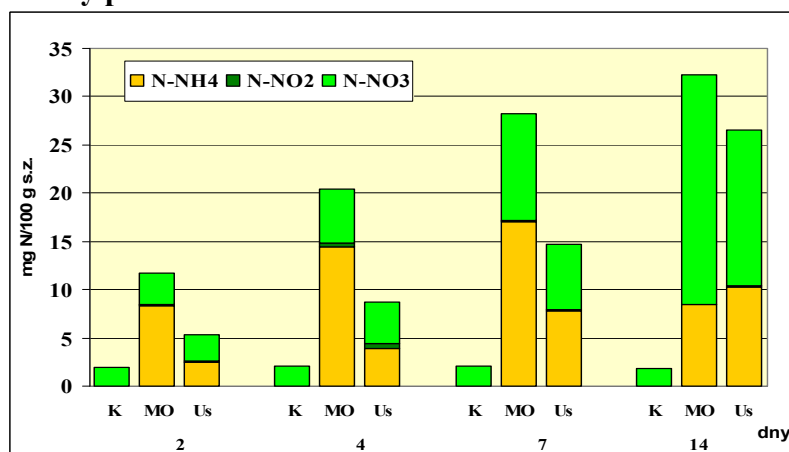
Výsledky a diskuse

Ze zjištěných výsledků je patrné, že při teplotě 8 °C, jak ukazuje graf 1, inhibitor ureasy výrazně zpomaloval hydrolýzu močoviny po celých 14 dnů pokusu. Při použití močoviny bez inhibitoru ureasy probíhala hydrolýza mnohem rychleji, a za 14 dní byla převážná část aplikované močoviny zhydrolyzována. V podmínkách 28 °C byla zjištěna mnohem vyšší hydrolytická aktivita u aplikovaných hnojiv (graf 2). Inhibitor ureasy účinkoval po dobu 4 dnů a poté byl jeho účinek působením vysokých teplot omezován.

Graf 1: Obsah anorganických forem dusíku v půdě po aplikaci močoviny a močoviny s inhibitorem ureasy (UREA^{stabil}) při 8 °C



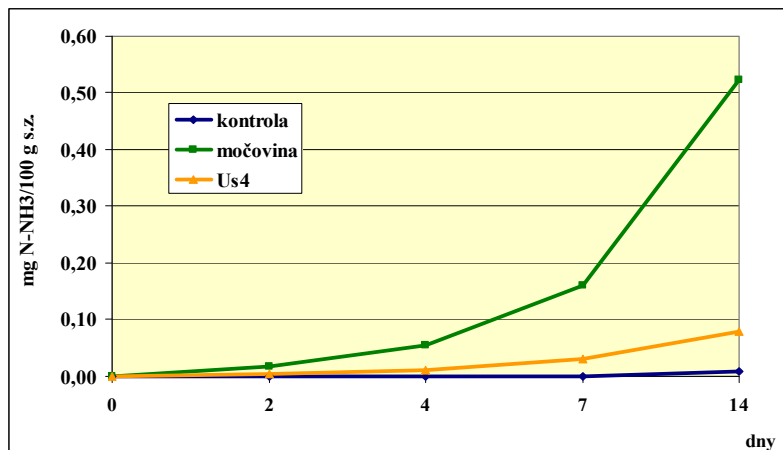
Graf 2: Obsah anorganických forem dusíku v půdě po aplikaci močoviny a močoviny s inhibitorem ureasy při 28 °C



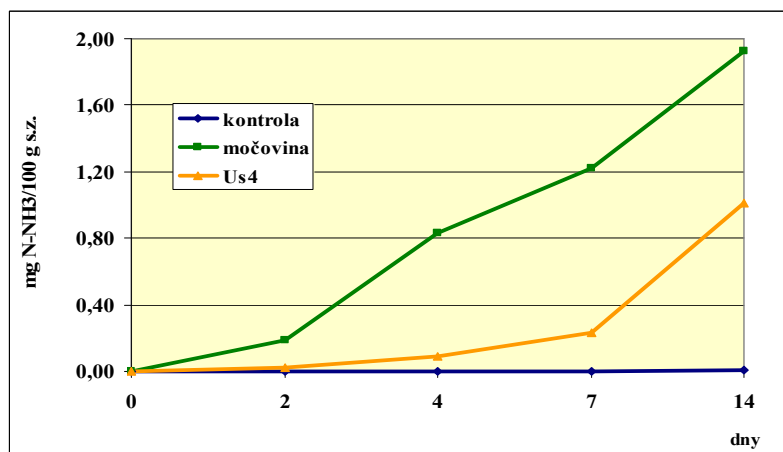
Průběh hydrolýzy při různé teplotě měl vliv na volatilizaci amoniaku (grafy 3,4). Volatilizace amoniaku u variant inkubovaných při 8 °C (graf 3) byla nižší oproti variantám inkubovaných při 28 °C (graf 4). Při 8 °C inhibitor ureasy omezil přeměnu močoviny na

amoniak a tím došlo k omezení jeho volatilizace. U močoviny samotné vzhledem k její vyšší hydrolytické aktivitě oproti variantě s inhibitorem byla zjištěna i vyšší volatilizace amoniaku. Při teplotě 28 °C byly hodnoty volatilizovaného amoniaku vyšší u obou aplikovaných hnojiv v porovnání s variantami sledovanými při 8 °C.

Graf 3: Volatilizace amoniaku po aplikaci močoviny a močoviny s inhibitorem ureasy při 8 °C



Graf 4: Volatilizace amoniaku po aplikaci močoviny a močoviny s inhibitorem ureasy při 28 °C



Účinek inhibitoru ureasy NBPT na hydrolýzu močoviny a volatilizaci amoniaku v laboratorních pokusech sledovali také Carmona a kol. (1990) a zjistili, že inhibitor ureasy při teplotě 8 °C významně redukoval hydrolýzu močoviny a i po 8 dnech byly ztráty amoniaku volatilizací minimální. U varianty s močovinou samotnou bylo již za 4 dny zhydrolyzováno 65 % hnojiva. Inkubace při teplotě 32 °C významně zvýšila míru hydrolýzy a volatilizaci amoniaku u obou variant hnojení. Dále porovnávali vliv různých koncentrací inhibitoru NBPT (0,01 % a 0,05 %) při obou teplotách na hydrolytickou aktivitu a volatilizaci amoniaku, přičemž zjistili, že při teplotě 32 °C je potřeba vyšší koncentrace inhibitoru, aby se mohl jeho účinek projevit po dobu delší než 4 dny.

V polních maloparcelkových pokusech, kde byl sledován vliv inhibitoru ureasy a nitrifikace, bylo zjištěno, že působení inhibitoru nitrifikace vzhledem k delšímu období sucha po aplikaci (srážky až po 11 dnech, 29 mm) se neprojevovalo pozitivně, protože inhibitor nitrifikace omezoval přeměnu amonného iontu na nitrátový na povrchu půdy,

a tím přispíval ke ztrátám dusíku únikem amoniaku. Tento efekt potvrzují také pokusy Giacchini a kol. (2002), kteří porovnávali účinek močoviny s inhibitorem ureasy NBPT a močoviny s inhibitorem ureasy NBPT a nitrifikace DCD. Výsledky jejich pokusů ukazují, že volatilizace amoniaku byla významně redukována při použití inhibitoru ureasy NBPT spolu s močovinou, ale přítomnost inhibitoru nitrifikace DCD únik amoniaku výrazně zvýšila.

Závěr

Po aplikaci močoviny bez zapravení dochází při suchém a teplém počasí ke ztrátám dusíku z aplikovaného hnojiva volatilizací amoniaku do ovzduší. Přídavkem inhibitoru ureasy je možné zabránit těmto ztrátám dusíku z aplikovaného hnojiva a přispět ke zlepšení využitelnosti močoviny.

Z uvedených výsledků pokusů je zřejmé, že použití inhibitoru ureasy při hnojení močovinou na začátku jarní vegetace zpomaluje její hydrolýzu a snižuje riziko ztrát dusíku únikem amoniaku. Tím prodlužuje dobu, kdy může být nehydrolyzovaná močovina transportována po srážkách do půdního profilu, kde se pomalu rozkládá a dusík močoviny je využit kořeny rostlin. Hnojení močovinou s inhibitorem ureasy tak může být využíváno při aplikaci vyšších dávek hnojiva v ranějších fázích růstu, což má největší přínos v oblastech s častými jarními přísušky a při pěstování plodin na výrobu bioetanolu a pro krmné účely.

Amonné ionty vzniklé v půdě rozkladem močoviny jsou buď přímo zdrojem dusíku pro rostliny nebo jsou přeměněny nitrifikačními bakteriemi až na nitráty. Pokud nejsou nitrátové ionty využity rostlinami, může za určitých podmínek dojít k jejich redukcí denitrifikací nebo mohou být vyplaveny do spodních vod a způsobit tak jejich znečištění. Účinnou cestou ke zpomalení přeměny amonných iontů na nitrátové je použití inhibitorů nitrifikace spolu s močovinou. Pro kladné působení inhibitoru nitrifikace je však potřeba, aby bylo hnojivo transportováno včas do půdy. Jestliže močovina s inhibitorem nitrifikace zůstane na povrchu půdy, může jeho působení naopak zvyšovat ztráty dusíku únikem amoniaku.

Všeobecně platí, že působením inhibitorů ureasy a nitrifikace jsou snižovány ztráty dusíku z aplikovaného hnojiva na bázi močoviny, jejich účinnost je však závislá hlavně na povětrnostních podmínkách.

Seznam použité literatury:

Carmona G., Christianson C.B., Byrnes B.H. (1990): Temperature and low concentration effects of the urease inhibitor NBPT on ammonia volatilization from urea. *Soil Biology and Biochemistry*, 22(7): 933 - 937

Giacchini P., Nasri A., Marzadori C. (2002): Influence of Urease and Nitrification Inhibitors on N Losses from Soil Fertilized with Urea. *Biology and Fertility of Soils*, 36(2): 129 – 135.

Výsledky byly získány za finanční podpory MZE ČR, projektu č.. 00027006-01.

Nové dusíkaté hnojivo UREA^{stabil} a jeho uplatnění ve výživě rostlin

Pavel Růžek, Jana Pišánová, Helena Kusá

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, 160 01 Praha 6 - Ruzyně

Abstract

UREA^{stabil} is the new concentrated mineral nitrogen fertilizer (46% N) destined for the basic fertilization before seeding or outplanting of agricultural crops as well as for additional fertilization during vegetation. The base of this fertilizer is urea treated with urease inhibitor NBPT (N-(n-butyl)-thiophosphoric triamid) that stabilizes urea, slows its dissociation and reduces nitrogen losses at surface application of fertilizer. The crop roots can take UREA^{stabil} in the form of both non-polar molecule and ions, namely NH_4^+ - after hydrolysis and NO_3^- - after nitrification.

Úvod

Nové dusíkaté hnojivo UREA^{stabil} bylo zaregistrováno v roce 2006 a je na rozdíl od podobných hnojiv na českém a zahraničním trhu cenově srovnatelné s běžně používanými dusíkatými minerálními hnojivy (cena 1 kg dusíku v hnojivu je nižší než v ledku amonném s vápencem, resp. s dolomitem). Hlavní předností hnojiva UREA^{stabil} ve srovnání s běžně používanými minerálními dusíkatými hnojivy je vysoký obsah dusíku, velmi dobrá rozpustnost ve vodě a již po malém množství srážek (5 mm) transport nepolární molekuly močoviny ke kořenům rostlin. Během transportu půdním profilem dochází k oddělení inhibitoru ureasy od močoviny, která je buď přímo přijímána kořeny rostlin nebo se rozkládá na uhličitán amonný a rostlinou je pak přijímána ve formě amonného, resp. při vhodných podmínkách pro nitrifikaci ve formě nitrátového iontu. Rostlina tak může při nízkých teplotách půdy přijímat dusík ve formě močoviny nebo amonného iontu a po zvýšení teploty půdy ve formě nitrátového iontu. Ve srovnání s neupravenou močovinou jsou působením inhibitoru ureasy eliminovány ztráty dusíku únikem amoniaku a vytvořeny lepší předpoklady pro transport nehydrolyzované močoviny ke kořenům rostlin. Nová hnojiva na bázi močoviny s inhibitorem ureasy jsou základním předpokladem pro uplatnění nových technologických postupů ve výživě rostlin, jejichž cílem je zvýšit efektivnost hnojení dusíkem a zároveň omezit znečišťování vod a ovzduší.

Uplatnění hnojiva UREA^{stabil} v nových technologiích ve výživě rostlin

Hnojivo UREA^{stabil} je vhodné pro aplikaci vyšších dávek dusíku při zakládání porostů zemědělských plodin a při přihnojení ozimů na začátku jarní vegetace. To přináší největší efekt v oblastech s častými jarními přísuškami a při používání půdoochranných technologií zpracování půdy. Čím více posklizňových zbytků s širším poměrem C : N zůstává po předplodině u bezorebných technologiích na povrchu půdy nebo v její povrchové vrstvě, tím větší je efekt lokální aplikace UREA^{stabil} v pásech nebo makrogranulích. Při lokálním způsobu aplikace tohoto hnojiva, a to zejména při uložení hnojiva do půdního

profilu, je velmi dobrého efektu dosaženo i při nižším přidavku inhibitoru ureasy, což snižuje náklady na výrobu hnojiva. Předpokládá se, že v příštích letech bude hnojivo UREA^{stabil} dodáváno farmářům na základě jejich konkrétních požadavků (např. granulace podle způsobu aplikace a použité aplikační techniky) a podmínek stanoviště (úhrn srážek, vlastnosti půdy včetně způsobu zpracování, pH, aktivity enzymu ureasy apod.). Také v pokročilejších fázích vegetace rostlin a při vyšších teplotách vzduchu budou vlastnosti hnojiva jiné než pro přihnojení rostlin na začátku jarní vegetace. Širší uplatnění těchto hnojiv si vyžádá také nové požadavky na aplikační techniku spojené s pneumatickým systémem aplikace, lokální podpovrchové a povrchové aplikace, dávkování hnojiva přímo k osivu atd. Možnost aplikace hnojiva (také v kombinaci s půdními pesticidy) přímo k osivu bez negativních vlivů na klíčení rostlin a růst kořenů podstatně zjednoduší a zefektivní zakládání porostů zemědělských plodin v půdoochranných technologiích. Při použití hnojiva UREA^{stabil} k přípravě roztoků za účelem aplikace na listy rostlin se urychlí ve srovnání s běžnou močovinou vstup dusíku do listů, což přináší největší efekt při vyšších teplotách vzduchu, nižší vlhkosti vzduchu, větrném počasí apod. Vzhledem k rychlejšímu a intenzivnějšímu příjmu než u neupravené močoviny je třeba používat v pozdějších fázích vegetace nižší koncentrace roztoků než jsme byli zvyklí u klasické močoviny, aby nedošlo k poškození špiček listů pěstovaných rostlin.

Doporučení pro používání hnojiva v zemědělské praxi:

Regenerační přihnojení ozimů

Doporučená dávka se pohybuje od 40 do 100 kg N.ha⁻¹. Vyšší dávky než 60 kg N.ha⁻¹ se doporučuje používat k dobře přezimovaným porostům ozimů po horších předplodinách v sušších oblastech s nepromyvnými půdami, kde později aplikované dávky dusíku přináší vzhledem k častým přísuškům menší efekt. Vyšší dávky dusíku se používají také u půdoochranných technologií zpracování půdy, a to zejména po horších předplodinách a zapravení posklizňových zbytků s širokým poměrem C : N (např. sláma). Hnojivo UREA^{stabil} je vhodné k přihnojení ozimů při pomalém nástupu jara a nízkých teplotách půdy, kdy aplikace hnojiv s nitrátovou formou dusíku je málo účinná a více riziková vzhledem k následnému vyplavení nitrátů. Nejlepší výsledky jsou získány, jestliže po aplikaci hnojiva následuje chladné a vlhké počasí a do 14 dnů po aplikaci přijdou srážky (min. 5 mm). Hnojivo UREA^{stabil} není vhodné používat k přihnojení velmi slabých neodnožených porostů ozimů po pozdním setí, porostů silně poškozených vyzimováním a vyjarováním (velká redukce listové plochy, vysílené porosty pod déletrvající sněhovou pokrývkou apod.), a to především na půdách s nízkou sorpční schopností (písčité a šterkovité půdy).

Produkční přihnojení ozimů

Hnojivo UREA^{stabil} je vhodné k časným produkčním dávkám dusíku k ozimům (ozimá pšenice, BBCH 29 – 31), a to zejména na stanovištích s častými přísuškami, kde pozdější aplikace dusíkatých hnojiv je méně efektivní. UREA^{stabil} je jediným koncentrovaným dusíkatým hnojivem, které má velmi dobrou rozpustnost ve vodě

a umožňuje transport nepolární molekuly močoviny ke kořenům rostlin. To umožňuje vytvořit v půdě zásobu rostlinami využitelného dusíku pro pozdější intenzivní příjem rostlinami (např. v době metání ozimé pšenice 4 – 6 kg N.ha⁻¹.den⁻¹). Kromě běžné dávky 60 kg N.ha⁻¹ je možné při příznivých povětrnostních podmínkách (chladné, vlhké počasí s nízkou sluneční aktivitou a s předpovědí srážek do 10 dnů) a dobrém stavu porostu aplikovat až dvojnásobnou dávku dusíku. Vysokou jednorázovou dávku dusíku v tomto období lze doporučit zejména při pěstování obilnin na bioetanol, krmné pšenice, potravinářské pšenice pěstované v suchších oblastech a při bezorebném zpracování půdy. Hnojivo UREA^{stabil} je vhodné také aplikovat v roztoku (do 13 %) postřikem na listy rostlin.

Kvalitativní přihnojení ozimé pšenice

Hnojivo UREA^{stabil} je vhodné k pozdnímu přihnojení ozimé pšenice v dávce 30 – 60 kg N.ha⁻¹ ve fázi praporcového listu až metání (BBCH 55) a má příznivý vliv na zvýšení obsahu dusíkatých látek v zrna ozimé pšenice. Vyšší dávku lze doporučit pro hnojení v ranější fázi na méně úrodných půdách a při delší vegetaci rostlin. Největší efekt hnojení nastává, jestliže je při aplikaci hnojiva teplota vzduchu nižší než 20 °C, nízká sluneční aktivita a do 5 – 7 dnů přijdou srážky (min. 5 - 10 mm). Hnojivo UREA^{stabil} se nedoporučuje aplikovat na mokré rostliny. Hnojivo UREA^{stabil} je vhodné k aplikaci ve formě 4 % roztoku na listy rostlin na začátku metání.

Hnojení sladovnického ječmene

Hnojivo UREA^{stabil} lze použít jak k předsetevému hnojení, tak i k přihnojení po zasetí do začátku odnožování rostlin. Základem pro stanovení dávky dusíku je rozbor vzorků půd odebraných před setím a hnojením z půdních vrstev 0 – 0,3 m a 0,3 – 0,6 m (metoda N_{min}, popř. zjištění mineralizační aktivity ornice). S využitím těchto údajů lze určit optimální dávku hnojiva, způsob a termín jeho aplikace. Při aplikaci hnojiva UREA^{stabil} před setím se dávka dusíku zpravidla pohybuje od 30 do 60 kg N/ha. UREA^{stabil} je vhodným hnojivem pro podpovrchovou lokální aplikaci pod osivo nebo přímo k osivu v dávce 20 – 30 kg N.ha⁻¹ při setí jarního ječmene. Při lokální aplikaci hnojiva mezi řádky setého osiva je možné dávku zvýšit na 60 – 70 kg N/ha. Při hnojení po zasetí jarního ječmene (nejlépe ve 3 listech) dávkou 30 – 60 kg N/ha se termín aplikace určuje podle průběhu počasí a předpokládaných srážek. Hnojivo UREA^{stabil} není vhodné aplikovat na povrch půdy bez zapojeného porostu při déletrvajícím teplém, suchém a větrném počasí. Pro dobrou účinnost hnojiva a omezení rizika nadlimitních dusíkatých látek v zrna je třeba, aby po přihnojení byly srážky (min. 5 – 10 mm) nejpozději do 10 – 14 dnů. V případě dobrého odnožení a vytvoření silných vyrovnaných odnoží u porostů s vysokým výnosovým potenciálem po horších předplodinách (obilniny, kukuřice) aplikujeme v době sloupkování (nejpozději ve fázi BBCH 37) spolu s fungicidem 5 – 10 % roztok UREA^{stabil}., přičemž roztoky nad 8 % používáme nejpozději ve fázi BBCH 32.

Hnojení kukuřice

UREA^{stabil} je vhodným dusíkatým hnojivem zejména k základnímu hnojení před setím kukuřice v dávce 80 – 150 kg N.ha⁻¹. Na rozdíl od běžné močoviny je omezeno riziko poškození klíčících rostlin po aplikaci vyšších dávek dusíku. Vyšší dávky než 100 kg N.ha⁻¹ se doporučuje používat především v sušších oblastech s nepromyvnými půdami, kde později aplikované dávky dusíku přináší vzhledem k častým přísuškům menší efekt. Hnojivo UREA^{stabil} je vhodným hnojivem pro podpovrchovou lokální aplikaci při setí kukuřice v dávce do 50 kg N.ha⁻¹ pod osivo nebo do 150 kg N.ha⁻¹ při aplikaci mezi řádky, což přináší největší efekt při používání půdoochranných technologií zpracování půdy. Pro přihnojení během vegetace jsou doporučovány dávky 30 – 60 kg N.ha⁻¹ aplikované do 4. listu kukuřice. UREA^{stabil} je velmi vhodným hnojivem pro lokální přihnojení mezi řádky kukuřice pomocí pneumatických rozmetadel s připojením hadic, což umožňuje aplikovat vyšší dávky dusíku (60 – 80 kg N.ha⁻¹) i v pozdějších fázích růstu rostlin bez rizika poškození porostu.

Výsledky byly získány za finanční podpory MZE ČR, projektu č.. 00027006-01.

Současná a připravovaná legislativa používání hnojiv

Jan Klír

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Drnovská 507, Praha 6 - Ruzyně

Abstract

Important czech rules for utilization of fertilizers are as follows – fertilizer law, water law, nitrate directive, direct payments, less favorite areas payments and payments for agri-environment measures. All these rules are novelized and changed frequently. Farmers should follow these rules because non-compliance is followed by penalties and/or by shortage of many subventions.

Úvod

Používání hnojiv je upraveno několika předpisy. Základním předpisem je zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech a na něj navazující vyhlášky. Dále je skladování a používání hnojiv, jakožto závadných látek, upravováno i zákonem č. 254/2001 Sb., o vodách a zejména navazujícím nařízením vlády č. 103/2003 Sb. (nitrátová směrnice). Požadavky na hnojení upřesňují i dotační předpisy – přímé platby, LFA, agroenvironmentální opatření.

Základní podmínky pro skladování, uvádění do oběhu a pro používání hnojiv a statkových hnojiv stanoví zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů.

Základní terminologie zákona o hnojivech (podle § 2):

- hnojivo = látka obsahující živiny pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce (*hnojivo je ve smyslu zákona o hnojivech výrobkem, podléhajícím registraci před jeho uvedením do oběhu; hnojiva se dělí na minerální hnojiva, organická hnojiva a organominerální hnojiva; viz vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva*),
- statkové hnojivo = hnůj, hnojůvka, močůvka, kejda, sláma, jakož i jiné zbytky rostlinného původu a další vedlejší produkty vzniklé chovem hospodářských zvířat, vznikající zejména v zemědělské prvovýrobě, nejsou-li dále upravovány (*za statkové hnojivo jsou považovány i výkaly a moč hospodářských zvířat ponechané na zemědělské půdě při pastvě nebo při celoročním pobytu venku*),
- pomocná půdní látka = látka bez účinného množství živin, která půdu biologicky, chemicky nebo fyzikálně ovlivňuje, zlepšuje její stav nebo zvyšuje účinnost hnojiv,
- pomocný rostlinný přípravek = látka bez účinného množství živin, která jinak příznivě ovlivňuje vývoj kulturních rostlin nebo kvalitu rostlinných produktů,
- substrát = látka sloužící k zakořeňování a pěstování rostlin; substrátem je zejména rašelina, zemina nebo jejich směs,
- uvádění do oběhu = nabízení hnojiv, statkových hnojiv, pomocných půdních látek, pomocných rostlinných přípravků a substrátů k prodeji nebo jinému způsobu převodu, jejich prodej nebo jiný způsob převodu a skladování za účelem prodeje nebo jiného způsobu převodu,
- půdní úrodnost = schopnost půdy umožňovat rostlinám růst, vývoj a dosažení žádoucího výnosu, kvality a nezávadnosti produkce,
- rizikový prvek nebo riziková látka = prvek nebo látka, jež mohou nepříznivě ovlivnit vlastnosti půdy nebo kvalitu produkce nebo potravní řetězec,
- typ hnojiva = hnojivo se stanoveným obsahem živin a se shodnou formou a rozpustností

živin.

Terminologii hnojení upravuje zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, a vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění vyhlášek č. 401/2004 Sb. a č. 209/2005 Sb. Podle této terminologie se hnojiva dělí na minerální, organická a organominerální. Hnojiva mohou být typová i netypová. Při jejich uvádění do oběhu musí být registrována ÚKZÚZ.

Typová hnojiva (*jak jsou uvedena v příloze č. 3 k vyhlášce č. 474/2000 Sb.*)

- **minerální hnojiva**
 - jednosložková
 - dusíkatá hnojiva (*typ 1*)
 - fosforečná hnojiva (*typ 2*)
 - draselná hnojiva (*typ 3*)
 - hnojiva s vápníkem, hořčíkem a sírou (*typ 4*)
 - vícesložková
 - NPK hnojiva (*typ 5*)
 - NP hnojiva (*typ 6*)
 - NK hnojiva (*typ 7*)
 - PK hnojiva (*typ 8*)
 - hnojiva se stopovými živinami
 - jednosložková (*typ 1-4*) a vícesložková hnojiva (*typ 5-8*) s přidavkem stopových živin (= *typ 9*)
 - hnojiva, která obsahují jen stopové živiny (*typ 10-16*)
 - vápenatá a hořečnatovápenatá hnojiva (*typ 17*)
- **organická hnojiva** (*typ 18.1*)
 - průmyslový kompost (*typ 18.1 a*)
 - vyrobená ze statkových hnojiv termofilní aerobní fermentací (*typ 18.1 b*)
 - vyrobená ze statkových hnojiv zpracováním žížalami *Eisenia foetida* (*typ 18.1 c*)
 - vyrobená z melasy po vydestilování lihu, také „melasové výpalky zahuštěné“ (*typ 18.1 d*)
 - vyrobená zejména ze statkových hnojiv anaerobní fermentací (*typ 18.1 e*)
- **organominerální hnojiva** (např. obohacené melasové výpalky) (*typ 18.2*)

Novela zákona o hnojivech upřesňuje podmínky používání hnojiv, statkových hnojiv, pomocných látek a upravených kalů (§ 9).

Statkovými hnojivy a upravenými kaly nesmějí být při jejich používání vnášeny do půdy rizikové prvky nebo rizikové látky, které by mohly narušit vývoj kulturních rostlin nebo ohrozit potravní řetězec.

Hnojiva, statková hnojiva, pomocné látky a upravené kaly nesmějí být používány na zemědělské půdě a lesních pozemcích, pokud:

- způsob jejich použití neumožňuje rovnoměrné pokrytí pozemku,
- jejich použití může vést ke vzniku škody na zemědělské půdě, lesním pozemku nebo na pozemcích sousedících s tímto pozemkem, popřípadě i v jeho širším okolí,
- půda, na kterou mají být aplikovány, je přesycená vodou, pokrytá vrstvou sněhu vyšší než 5 cm nebo promrzlá do hloubky větší než 8 cm.

Novela ukládá podnikatelům v zemědělství, hospodařícím na zemědělské půdě ve zranitelných oblastech, povinnost používat hnojiva a statková hnojiva v souladu s požadavky akčního programu nitratové směrnice (nařízení vlády č. 103/2003 Sb.).

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) vykonává odborný dozor při

přezkoušení hnojiv, při uvádění hnojiv a statkových hnojiv do oběhu, při jejich skladování a používání, jakož i při používání upravených kalů. Novela zákona o hnojivech rovněž pověřuje ÚKZÚZ dozorem nad dodržováním podmínek pro skladování a používání hnojiv a statkových hnojiv, stanovených nařízením vlády č. 103/2003 Sb. (akční program) ve zranitelných oblastech. Zákon o hnojivech předepisuje povinnost evidovat hnojení, přičemž podrobnosti stanoví vyhláška č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv, která určuje i způsob vedení evidence hnojení.

Konkrétní požadavky na skladování a používání hnojiv a statkových hnojiv stanoví vyhláška č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv, ve znění pozdějších předpisů:

- kapacita skladovacích prostor musí odpovídat skutečné produkci hnoje, popřípadě jiných tuhých statkových hnojiv za 6 měsíců; toto ustanovení se nevztahuje na statková hnojiva uložená na zemědělské půdě před jejich použitím,
- jímky musí kapacitně odpovídat minimálně čtyřměsíční předpokládané produkci u kejdy a minimálně tříměsíční předpokládané produkci u močůvky a hnojůvky, a to v závislosti na klimatických a povětrnostních podmínkách regionu; při provozu jímek musí být vyloučen přítok povrchových vod do jímky,
- pokud nejsou k dispozici údaje o skutečné produkci statkových hnojiv nebo o obsahu živin v aplikovaných statkových hnojivech, použijí se tabulkové hodnoty uvedené ve vyhlášce,
- při používání hnojiv, statkových hnojiv, pomocných půdních látek, pomocných rostlinných přípravků a substrátů nesmí dojít k jejich přímému vniknutí do povrchových vod nebo na sousední pozemek,
- diferencované hnojení splňuje podmínky rovnoměrného pokrytí pozemku, pokud je zaručena vyrovnanost agrochemických vlastností pozemku,
- při aplikaci kejdy nebo močůvky na povrch orné půdy je nutné jejich zapracování do půdy nejpozději do 24 hodin s výjimkou řádkového přihnojování porostů hadicovými aplikátory; při aplikaci hnoje a průmyslových kompostů bude zapracování provedeno do 48 hodin,
- při hnojení dusíkem za účelem rozkladu slámy je možno použít kejdu nebo močůvku v dávce do $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$,
- pro určování potřeby hnojiv (*potřeby hnojení*) se vychází:
 - » z potřeby živin porostu pro předpokládaný výnos a kvalitu produkce,
 - » z množství přístupných živin v půdě a stanovištních podmínek (zejména vliv klimatu, půdního druhu a typu),
 - » z půdní reakce (pH), poměru důležitých kationtů (vápníku, hořčíku a draslíku) a množství půdní organické hmoty (humusu),
 - » z pěstitelských podmínek ovlivňujících přístupnost živin (předplodina, zpracování půdy, závlaha),
- údaje o množství živin v půdě poskytuje agrochemické zkoušení půdy; chemickým rozбором je stanovena půdní reakce (pH), obsah uhličitánů, potřeba vápnění, obsah přístupných živin (P, K, Mg, Ca) a kationtová výměnná kapacita půdy.

S účinností od 1.5.2007 je připravována novela vyhlášky č. 274/1998 Sb., která mění některé požadavky na používání a skladování hnojiv. Mění se i požadavky na vedení evidence hnojení.

Změna evidence hnojení je připravována zejména v návaznosti na Program rozvoje venkova ČR na období 2007-2013. V rámci osy II se připravují nařízení vlády k opatření „Platby v rámci NATURA 2000 na zemědělské půdě“ a nařízení vlády k podmínkám provádění tzv. agroenvironmentálních opatření.

Změna způsobu vedení evidence hnojení se připravuje již od roku 2006. Přitom byly zohledněny nejen požadavky kontrolních orgánů, ale i připomínky zemědělské praxe ke sporným bodům v dosavadním způsobu evidence hnojení podle platného znění vyhlášky č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv.

Evidence hnojení je nejen důležitým podkladem pro kontrolu, ale měla by sloužit i samotnému zemědělci, např. pro sledování hospodaření se živinami, pro stanovení potřeby vhodného hnojení následných plodin i pro vlastní kontrolu limitů hnojení požadovaných různými předpisy (dotační tituly, nitratová směrnice apod.).

K tomu byl připraven a vydán sešit „Evidence hnojení“. Část A obsahuje tabulky pro vedení evidence pro celkem 35 půdních bloků. Část B (pomocný sešit) obsahuje návody, vzory, tabulky, přehledy, skladové listy apod. Sešit je tedy určen především menším zemědělcům. Z analýzy údajů v LPISu vyplývá, že 85 % registrovaných uživatelů má méně než 35 půdních bloků nebo jejich dílů. Ale i zemědělci do 70 půdních bloků (92 % uživatelů) mohou vydaný sešit úspěšně využívat. Pro tyto účely bylo vydáno 2x více sešitů A než pomocných sešitů B. Pro větší zemědělské podniky je nejvhodnější způsob vedení evidence hnojení v elektronické formě, na počítači. Sešit zde může být využit jako pracovní nebo např. pro dílčí vedení evidence na farmách nebo střediscích.

Sešity „Evidence hnojení“ A a B jsou k dispozici na Krajských informačních střediscích (KIS) a na Zemědělských agenturách MZe. Uvedený sešit se připravuje i v elektronické formě.

V sešitu jsou již zapracovány nyní připravované změny (novela vyhlášky č. 274/1998 Sb. k 1.5.2007), zejména:

- možnost vedení evidence hnojení různým způsobem (rozhodující je pouze úplnost zaznamenaných údajů a nikoliv jejich forma),
- požadavek na uvádění výměry (plochy) pozemku (půdního bloku), výměry pěstované plodiny a hnojené plochy,
- požadavek na uvádění data zapravení hnojiva nebo statkového hnojiva do půdy,
- upřesnění požadavků na evidenci ponechání skliznitelných posklizňových zbytků (sláma apod.) a výkalů a moči hospodářských zvířat na zemědělské půdě (pastva),
- sloučení kategorií minerálního a organického hnojení, doplnění živiny „síra“, apod.

Další připravované změny (požadavek na provedení záznamu do 1 měsíce, úprava terminologie hnojení, požadavek na evidenci použitých sedimentů apod.) budou řešeny novelou zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, plánovanou na rok 2008. Ale i tyto eventuality, podobně jako možný požadavek na bilancování živin a uvádění živin v prvcích, jsou již v sešitech zohledněny, aby zemědělci nemuseli již nadále měnit způsob vedení evidence hnojení.

Závěr

Požadavky na používání hnojiv jsou obsaženy v několika předpisech. Tím, že jsou uvedeny i v dotačních předpisech, hrozí při jejich nedodržování kromě pokut i krácení dotací, např. agroenvironmentálních plateb, přímých plateb či dotací na hospodaření v méně příznivých oblastech (LFA).

Literatura

Klír J., 2006, Pravidla daná nitratovou směrnicí, *Zemědělec 14 (39): 14-15*

Klír J., 2006, Evidence hnojení. Evidence o používání hnojiv, pomocných látek, upravených kalů a sedimentů na zemědělské půdě podle zákona o hnojivech, *Vydal VÚRV v ÚZPI, ISBN 80-86555-60-7, 72 pp.*

Klír J., 2006, Evidence hnojení. Pomocný sešit (návody, vzory, tabulky, přehledy, skladové listy), *Vydal VÚRV v ÚZPI, ISBN 80-86555-60-7, 56 pp.*