

VYUŽITÍ HNOJIVÉ ZÁVLAHY V ZEMĚDĚLSTVÍ A BIOSORPCE ZBYTKOVÝCH ŽIVIN PŮDNÍMI MIKROORGANISMY

Jakub Elbl³⁰, Antonín Kintl³¹, Libor Kalhotka³², Jiřina Foukalová³³, Lukáš Plošek³⁴, Jitka Přichystalová³⁵

Abstrakt

Předkládaná práce se zabývá možnostmi využití hnojivé závlahy v zemědělství a jejím vlivem na dostupnost minerálního dusíku (N_{\min}) v orničním a podorničním horizontu. Cílem předkládané práce bylo prokázat vliv přítomnosti organických látek v hnojivé závlaze na mikrobiální transformace a dostupnost minerálních forem dusíku. Důvodem zkoumání je potenciální možnost využití předčištěných odpadních vod, jakožto zdroje organického uhlíku (C_{org}) a zbytkových živin (N_{\min}) k hnojivé závlaze.

Pro prokázání vlivu způsobu hnojení orné půdy na dostupnost N_{\min} v různých hloubkách půdy, byl realizován laboratorní experiment s využitím modelových pokusných nádob naplněných půdou z orničního a podorničního horizontu, odebranou ze zájmové oblasti. Jako modelová rostlina byla vybrána metlice trsnatá (*Deschampsia caespitosa*). Zájmovou oblast představuje ochranné pásmo vodního zdroje Březová nad Svitavou. Zde se nachází významné podzemní rezervoáry pitné vody nejvyšší jakosti. Místní zdroje pitné vody vykazují od druhé poloviny minulého století nárůst obsahu dusíkatých sloučenin. Tyto se do zdrojů pitné vody dostávají téměř výlučně z orných půd. Proto je pozornost v následujícím textu zaměřena na osud minerálního dusíku v celém komplexu rostlina-půda.

Ze zjištěných výsledků vyplývá, že aplikací hnojivé závlahy s obsahem C_{org} v kombinaci s minerálním hnojivem, lze snížit množství N_{\min} unikajícího z orničního horizontu zemědělských půd. Problémem může být u některých rostlin snížená produkce biomasy.

Klíčová slova: minerální dusík, hnojivá závlaha, pokusné nádoby

³⁰ Ing. Jakub Elbl, Mendelova univerzita v Brně, Fakulta Agronomická, Ústav Agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Zemědělská 1, 613 00 Brno, tel. 5451333324, e-mail: jakub.elbl@mendelu.cz

³¹ Ing. Antonín Kintl, Mendelova univerzita v Brně, Fakulta Agronomická, Ústav Agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Zemědělská 1, 613 00 Brno, e-mail: antonin.kintl@mendelu.cz

³² Ing. Libor Kalhotka, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně, Fakulta Agronomická, Ústav Agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Zemědělská 1, 613 00 Brno, e-mail: libor.kalhotka@mendelu.cz

³³ Ing. Jiřina Foukalová, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně, Fakulta Agronomická, Ústav Agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Zemědělská 1, 613 00 Brno, e-mail: jirina.kucerova@mendelu.cz

³⁴ Ing. Lukáš Plošek, Mendelova univerzita v Brně, Fakulta Agronomická, Ústav Agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Zemědělská 1, 613 00 Brno, e-mail: lukas.plosek@mendelu.cz

³⁵ Ing. Jitka Přichystalová, Mendelova univerzita v Brně, Fakulta Agronomická, Ústav Agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Zemědělská 1, 613 00 Brno, e-mail: jitka.prichystalova@mendelu.cz

Současný stav poznání

Ztráty N_{\min} ze zemědělských půd představují významný problém, a to jak pro samotné zemědělce tak i obyvatele ČR. Důvodem je vliv N_{\min} na úrodnost zemědělských půd a na kvalitu podzemních a povrchových vod.

Na přidavek N_{\min} reagují rostliny bujným růstem, ale dodávat rostlinám N_{\min} je žádoucí pouze v takové míře, aby nedocházelo k jeho ztrátám z půdního prostředí (Záhora, Nohel & Kintl, 2011). Vlivem lidské činnosti dochází k nadměrnému vstupu tzv. místně nepůvodního dusíku, jedná se o sloučeniny reaktivního dusíku (N_r). Erisman (2011) definuje N_r jako reaktivní formu dusíku, vyjadřující zastoupení jeho oxidovaných (NO , NO_2 , NO_3), redukovaných (NH_4^+ , NO_3^-) a organických forem (proteiny, aminy atd.).

Neustálé zvyšování koncentrace N_r v půdě může vést k situaci, kdy půdní prostředí dosáhne své maximální kapacity z hlediska imobilizace dusíkatých sloučenin. Následně rostlinné ani mikrobiální společenstvo není schopno nadbytečný dusík vstupující dále do půdy imobilizovat. Vzniklý stav se nazývá saturace půdního prostředí dusíkatými látkami. Takto saturovaná půda, pak představuje riziko pro kontaminaci podzemních vod dusíkem (hlavně dusičnany). Důvodem je negativní afinita půdního sorpčního komplexu k záporně nabitým částicím (NO_3^-) a obnova podzemních zdrojů průsakem atmosférických srážek skrze saturovaný půdní profil. Protože prosakující voda sebou do hlubších vrstev půdy unáší nitráty, které nebyl schopen zadržet půdní sorpční komplex.

Kromě negativních projevů saturace půdního prostředí N_r , musejí zemědělci hospodařící na území ČR čelit dalšímu problému, a tím jsou neustále se opakující periody sucha a klesající kvalita a množství humusových látek v orničním horizontu. Řešením uvedených problémů může být využití předčištěných odpadních vod k závlaze vhodných zemědělských pozemků. Protože taková hnojivá závlaha může do půdy dodávat nejen základní živiny (NPK), ale i velmi důležité organické látky, konkrétně pro mikroorganismy dostupný organický uhlík.

Dusík spolu s uhlíkem, kyslíkem a křemíkem řadíme mezi nejrozšířenější prvky, které jsou obsaženy ve sloučeninách nezbytných pro výskyt života na naší planetě. Problémem, ale může být jejich přirozená dostupnost, například nejvíce dusíkatých látek se nachází v zemské kůře, horninách a půdě. Přičemž litosféra obsahuje přes 98 % veškerého dusíku na Zemi, který je ale pro rostliny z velké části nedostupný (Úlehlová, 1989; Šimek, 2003).

Celkový obsah dusíku lze podle Černého *et al.* (1997) vyjádřit jako NT (nitrogen total) a v rámci orniční vrstvy půd ČR dosahuje hodnoty 0,1 - 0,2 %, dále lze vypočítat, že v orniční vrstvě je asi 3000 – 9000 kgN·ha⁻¹. Z tohoto množství jsou jen 1 až 2 % rostlinám dostupné ve formách amonného (NH_4^+ -N) a dusičnanového dusíku (NO_3^- -N) neboli nitrátů. Pro dostatečnou výživu rostlin je pak nezbytné jim buď uvedené formy N_{\min} zpřístupnit nebo doplnit do půdního prostředí. V případě druhého řešení je problémem únik především nitrátů do hlubších částí půdního profilu a následně až například do podzemních vod. Na omezení úniku N_{\min} z půd agroekosystémů má významný vliv kvantita a kvalita půdní organické hmoty (organického uhlíku), stav půdního sorpčního komplexu, množství a druh aplikovaných hnojiv, dále pak v neposlední řadě uspořádání osevního postupu a způsob zpracování půdy.

Především pak aktivita půdních mikroorganismů hraje důležitou roli v zadržení a umožnění využití N_{\min} k výživě rostlin. Samotná aktivita mikroorganismů je závislá na mnoha faktorech. Mezi nejdůležitější patří přítomnost dostatečného množství vody a organických látek,

jakožto hlavního zdroje energie – organického uhlíku, což potvrdil Kintl *et al.* (2012). Vhodnou aplikací organického uhlíku, tak můžeme pozitivně ovlivnit půdní část geobiochemického cyklu dusíku, a to takovým způsobem, aby docházelo k minimalizaci jeho úniku ze zemědělských půd. Herle a Bares (1990) již v první polovině 90. let upozorňovali na skutečnost, že dochází k neustále se opakujícím a prodlužujícím se periodám sucha. Dále v situaci, kdy se neustále snižuje produkce statkových hnojiv a dalších organických látek nemohou zemědělci na většině orné půdy v ČR zajistit pěstovaným plodinám nejen dostatečný vláhový režim, ale ani přísun C_{org} . Proto v geomorfologicky vhodných oblastech (např. jižní Morava) roste význam hnojivých závlah.

Dostatečné množství C_{org} v půdě pak vede k rozvoji mikrobiální biomasy. Následně rostoucí aktivita půdních mikroorganismů, působí pozitivně na zvýšení kapacity půdního prostředí pro zadržení N_r v půdě. Hlavní mechanismem zadržení N_r v půdním prostředí je tzv. biosorpce. Kapoor & Viraraghavan (1995) popisují biosorpci jako příjem látek anorganického a organického původu půdními mikroorganismy, který může probíhat pasivně nebo aktivně. Nejvýznamnější pro udržení živin v půdním prostředí je aktivní biosorpce, která je výsledkem metabolické aktivity jednotlivých mikroorganismů (bakterie, houby, kvasinky atd.).

Vzhledem ke složitým podmínkám z hlediska dostupnosti povrchových vod se jako velmi vhodné jeví předčištěné odpadní vody, které kromě doplnění potřebného množství vláhy, mohou rostlinám poskytnout i biogenní živiny (N_{min} a P).

Jůva, Filip & Hrabal (1981), Pescod (1992), Šálek (2006) a další doporučují pro účely hnojivé závlahy využít splaškové neboli komunální odpadní vody. Šálek (2006) upozorňuje na skutečnost, že k tomuto účelu jsou vhodné především odpadní vody z menších měst a vesnic, bez rozsáhlého průmyslu s převažující bytovou zástavbou. Důvodem je menší riziko kontaminace z průmyslových zdrojů, menší proměnlivost složení a relativně kontinuální množství. Pescod (1992) doporučuje před použitím komunálních odpadních vod provést jejich mechanické předčištění, dochází sice při něm ke snížení obsahu živin, ale na druhou stranu je takto připravená závlahová voda vhodná k aplikaci prostřednictvím tzv. lokalizované závlahy.

Kromě předčištěných odpadních vod z klasických (mechanicko-biologických) ČOV, existuje alternativa využívání odpadních vod z kořenových a domovních čistíren, využitelné jsou samozřejmě i zemní filtry. Problémem menších zdrojů odpadních vod je kvantita a kontinuita přísunu odpadních vod pro účely závlahy.

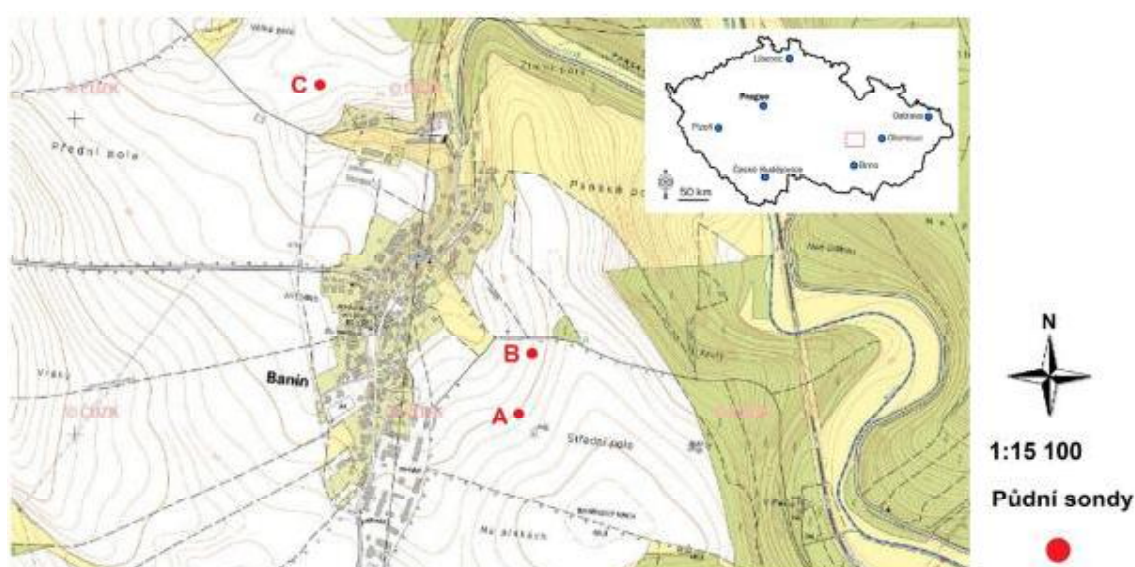
Podle Stehlíka (1980), Šálka (1996), Qian & Mecham (2005) a dalších, mají závlahy odpadními vodami výrazný vliv na chemické a fyzikální vlastnosti půdy. Tento vliv se může projevat negativně nebo pozitivně. Hlavními negativními projevy může být zvýšená půdní eroze a únik živin do podzemních zdrojů pitné vody. Negativní projevy závlah velmi často souvisí s nedokonalým návrhem závlahy (špatně stanovená vláhová potřeba rostlin, závlahová dávka atd.) a následně špatně provedenou realizací. Nejdůležitějším pozitivním vlivem v souvislosti s únikem N_{min} je podpora tvorby humusu (zvýšování obsahu organických látek v půdě) a podpora mikrobiální aktivity v půdě. Kvalitu závlahových vod upravuje ČSN 75 143.

Půdní organická hmota je nezbytným zdrojem dostupného (rozložitelného) uhlíku, který slouží jako zdroj energie pro biologickou fixaci N_2 . Přirozené ekosystémy využívají přirozené fixace atmosférického dusíku k udržení rovnováhy v příjmu a výdeji živin. Důležitou roli může představovat také pro agroekosystémy, a to jako alternativní zdroj dusíkatých látek v kombinaci např. s vhodnými osevními postupy, zapravováním organických látek do půdy atd. (Úlehlová, 1989; Šimek, 2003; Butterbach-Bahl & Gundersen, 2011).

Metodika

Zájmové území

Zájmové území (obr. 1), ze kterého byly odebrány půdní vzorky pro nádobový experiment, je vymezeno hranicí katastru obce Banín, jenž se nachází v Ochranném pásmu vodního zdroje (OPVZ) II. stupně Březová nad Svitavou. Celá oblast OPVZ II. stupně je zařazena do zranitelných oblastí na základě nitrátové směrnice (nařízení vlády ČR č. 103/2003 Sb.). Katastr obce Banín byl vybrán pro odběr půdních vzorků z důvodu své výhodné polohy v rámci OPVZ a převládajícího zemědělského využití půdy (z celkové rozlohy katastrálního území 1294 ha, je součástí zemědělského půdního fondu 794 ha).



Obr. 1 Lokalizace půdních sond v zájmové oblasti

Půdní vzorky byly odebrány ze třech půdních sond (A, B, C) o plošných rozměrech 40x30 cm, hloubka byla proměnlivá v závislosti na mocnosti orničního horizontu. Z každé půdní sondy byly odebrány přibližně 3 kg zeminy z orničního a podorničního horizontu (1,5 kg z každého). Všechny sondy byly lokalizovány na orné půdě a zahrnovaly hlavní půdní jednotky (HPJ) 31 a 12 viz tab. 1.

Tab. 1 Umístění a charakteristika půdních sond

Půdní sonda	Souřadnice		HPJ
	Lat	Long	
A	49°39'52,9''N	16°28'06,02''E	31
B	49°39'53,5''N	16°28'06,60''E	31
C	49°39'46,2''N	16°28'05,20''E	12

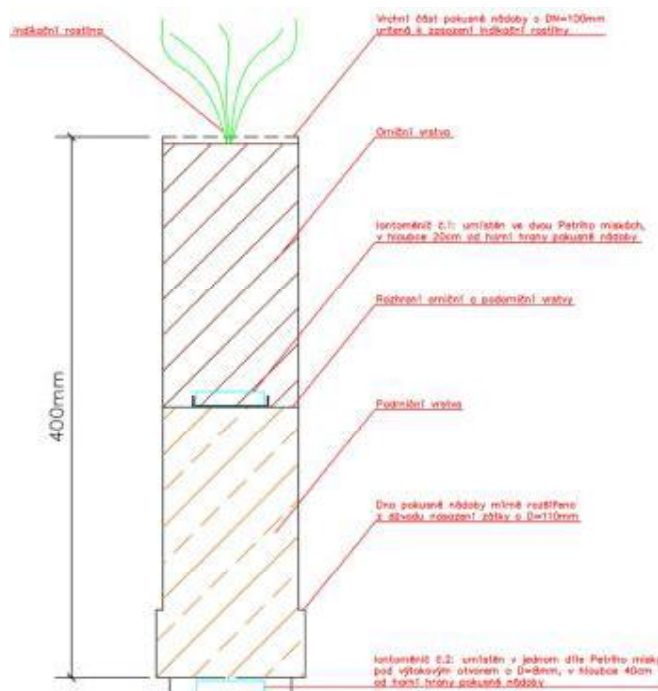
Odebrané půdní vzorky byly uloženy do mikroténových pytlů a po dobu 35 dní byly vzorky preinkubovány při původní vlhkosti a laboratorní teplotě ($T \approx 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$). Po uplynutí

preinkubační doby byly všechny vzorky homogenizovány do dvou hlavních (reprezentující orniční a podorniční horizont) a následně přesátý přes síto o velikosti oka 4 mm.

Design nádobového experimentu

Dostupnost dusíku v různých hloubkách půdy v závislosti na přídavku organické látky byla posuzována za pomoci speciálně sestavených pokusných nádob. Nádoby byly vytvořeny ze segmentů novodurového potrubí o délce 400 mm, které byly nařezány z profilů o průměru 100 mm a délce 2 000 mm. Vzniklé nádoby, tak měly všechny stejný objem, tvar průřezu a všechny byly na jednom konci osazeny zátkou s odtokovým otvorem pro přebytečnou vodu o průměru 0,8 mm. Otevřený konec nádoby byl po naplnění prostoru zemínou využit k zasazení předpěstované rostliny metlice trsnaté (*Deschampsia caespitosa* /L./ P. Beauv) připravena podle Elbl (2012).

Jednotlivé nádoby byly naplněny předem homogenizovanou zemínou, přičemž vznikly dva horizonty (každý o mocnosti 200 mm) – orniční a podorniční. Hlavním cílem uvedeného způsobu vrstvení zeminy v nádobách bylo vytvoření podmínek, které by co nejvěrněji simulovaly reálné prostředí orné půdy. Sazenice metlice trsnaté byly předem předpěstovány. Z důvodu eliminace možných odlišných reakcí na základě rozdílného genetického původu, byly jednotlivé sazenice odebrány z jednoho trsu. Různé reakce jednotlivých rostlin na nové prostředí by totiž mohly být způsobeny genetickou nejednotností použitého materiálu. Metlice trsnatá byla použita pro účely indikace z důvodu jejího přirozeného výskytu v zájmové oblasti a schopnosti přizpůsobovat se různým životním podmínkám (vlhkost, světlo, teplota atd.).



Obr. 2 Schéma použité pokusné nádoby

Únik N_{\min} vyplaváním byl v každé pokusné nádobě měřen za pomoci aplikace plochých vodorovných iontoměničových pouzder a to do předem zvolených hloubek ($h_1 = 200$ mm; h_2

= 400 mm). Aplikace byla provedena podle Šrámek *et al.* (2004). Pouzdra umístěna v h_1 sloužila k určení množství vyplavovaného N_{\min} z orničního horizontu, pouzdra uložena v h_2 pro určení úniku N_{\min} z podorničního horizontu. Každá pokusná nádoba byla hnojena různým způsobem, byly připraveny tyto varianty experimentu:

- V1 kontrolní varianta, bez aplikace hnojiv
- V2 aplikace doporučené dávky hnojiva GSH (N:P:K:S ~ 10:10:10:13, číslo registrace: 2007), tj. 90 g/m².
- V3 aplikace doporučené dávky hnojiva Lignohumát „B“ (číslo registrace: 2723), tj. 50 ml/m²
- V4 aplikace doporučené dávky hnojiva Lignohumát „B“ a ½ doporučené dávky hnojiva GSH, tj. 50 ml/m² + 45 g/m²
- V5 aplikace trojnásobku doporučené dávky hnojiva Lignohumát „B“ a ½ doporučené dávky hnojiva GSH, tj. 150 ml/m² + 45 g/m²

Hnojivá závlaha byla připravena rozpuštěním výše uvedených dávek hnojiv, které byly přepočteny na plochu průřezu pokusné nádoby a rozpuštěny ve 150 ml destilované vody. Aplikace hnojivé závlahy proběhla v pěti dávkách po 30 ml, přičemž první dávka byla realizována 21 dní od přesazení rostlin do nádob a další vždy po sedmi dnech. Kromě hnojivé závlahy byla aplikována i doplňková závlaha destilovanou vodou.

Stanovení úniku minerálního dusíku

Záchyt N_{\min} byl měřen za využití směsných iontoměničů (IER, ion Exchange resin), které se skládaly z kationtových (CER, cation exchange resin) a aniontových zrn (AER, anion exchange resin). Jednotlivé IER byly tvořeny disky z novodurového potrubí, každý o průměru 5 cm a tloušťce 1 cm. Na disky byla z obou stran připevněna polyamidová síť UHELON tak, aby mohly být disky naplněny směsí CER a AER v poměru 1:1. Disky připravené uvedeným postupem byly aplikovány do různých hloubek pokusných nádob (viz obr. 3)



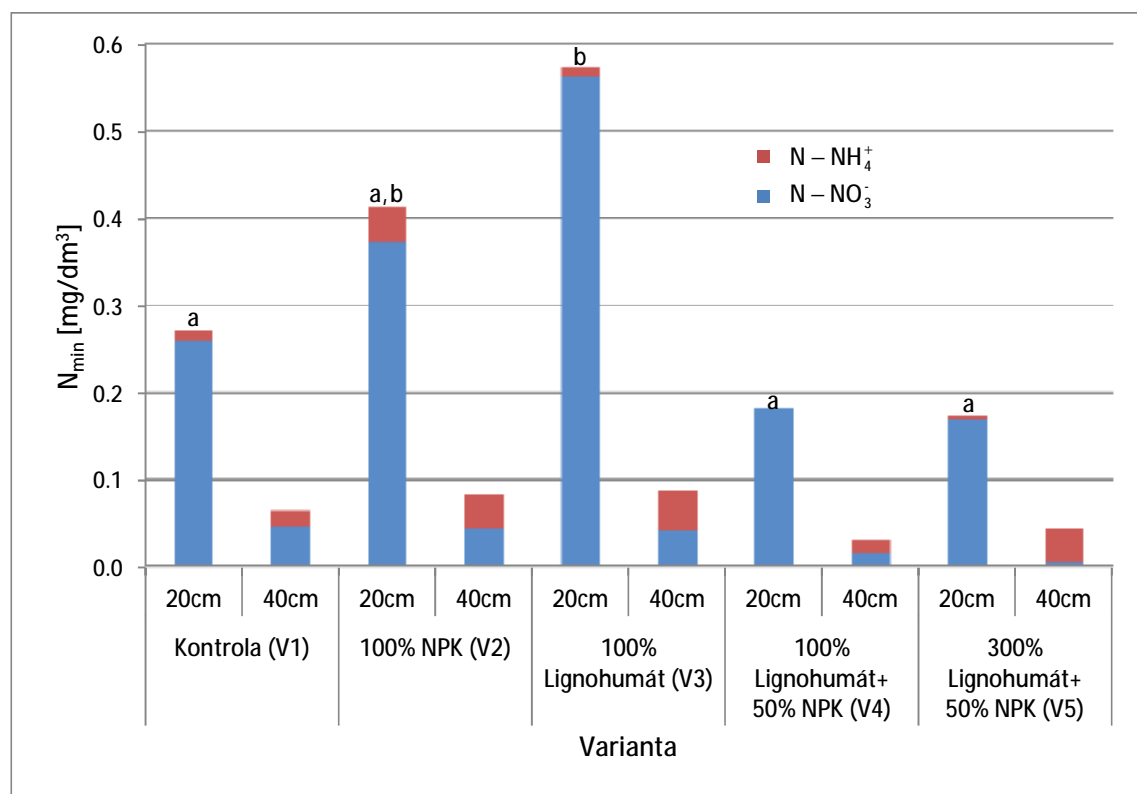
Obr. 3 Iontoměničové pouzdro

Po ukončení celého experimentu byla iontoměničová pouzdra vyřata z jednotlivých nádob, rozdělena podle hloubky umístění. Následně byla provedena resorpce nasorbovaných iontů

aplikováním 10% roztoku NaCl. Uvolněné ionty se pak stanovily destilačně titrační metodou podle Peoples *et al.*, 1989.

Výsledky a diskuze

Sledování úniku N_{\min} bylo prováděno po dobu 72 dní v modelových nádobách a za kontrolovaných podmínek ve fytotronu. Grafy 1; 2 a 3 znázorňují dostupnost N_{\min} v orničním ($h_1 = 20$ cm) a podorničním horizontu ($h_2 = 40$ cm). Dostupnost N_{\min} je zde vyjádřena jako součet váženého průměru jednotlivých záchytů amonného a nitrátového dusíku, a to vždy pro každý horizont v každé variantě experimentu. Naměřené hodnoty poukazují na vliv způsobu hnojení na únik N_{\min} z orničního horizontu. Zvýšená pozornost je věnována úniku N_{\min} z orničního horizontu, a to z důvodu značného nebezpečí, které dusíkaté látky unikající z půdního prostředí představují pro podzemní rezervoáry pitné vody.



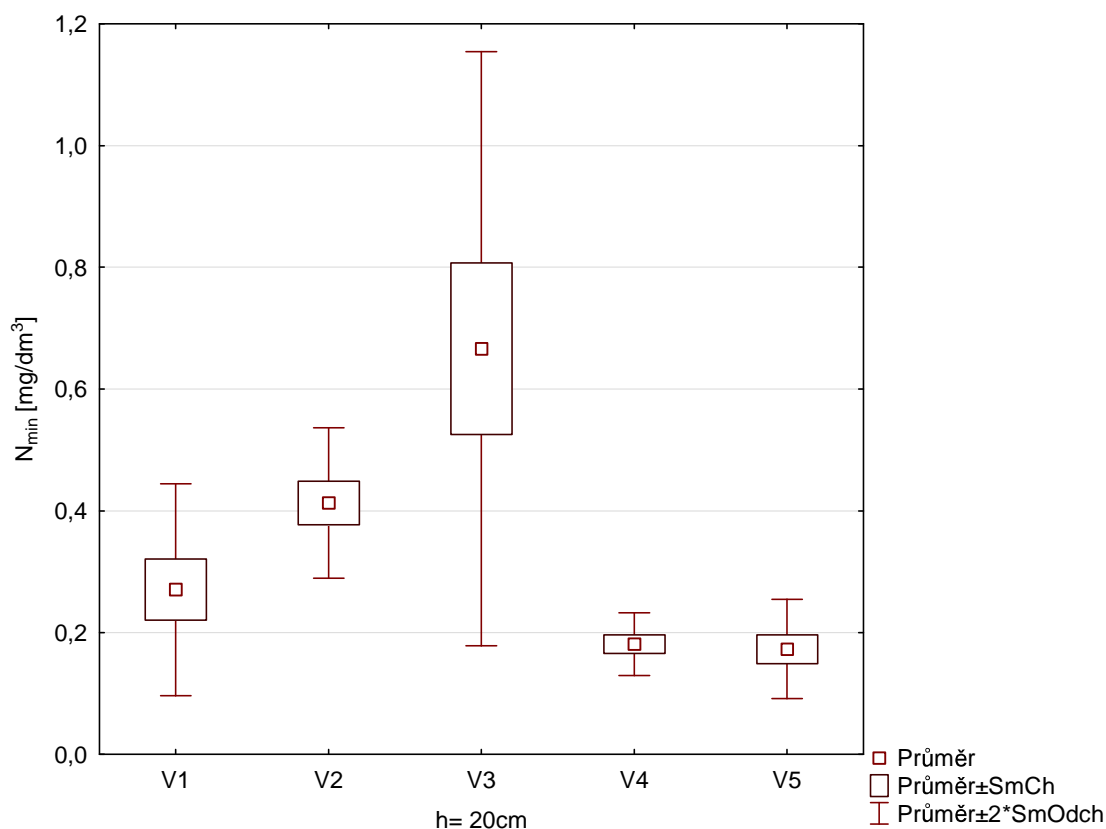
Graf 1 Porovnání průměrných hodnot záchytu minerálního dusíku v orničním a podorničním horizontu mezi jednotlivými variantami hnojení. Vyznačeny jsou hodnoty váženého průměru ($n = 3$). Jednotlivá písmena indikují významné rozdíly.

Graf 1 znázorňuje dostupnost minerálního dusíku v rámci jednotlivých variant pokusu. Pro účely předkládané práce je dostupnost N_{\min} vyjadřována jako jeho záchyt v určité hloubce pokusných nádob ($h_1 = 20$ cm a $h_2 = 40$ cm) přepočtený na objem zeminy (1 dm^3).

Nejvyšší záchyt N_{\min} byl zjištěn u varianty s aplikací lignohumátu, a to v orničním horizontu ($0,57 \text{ mg/dm}^3$). Při porovnání uvedené hodnoty se záchytem kontrolní varianty ve stejné hloubce ($V1 = 0,27 \text{ mg/dm}^3$), je zde průkazně nižší záchyt N_{\min} v případě nehnojené varianty. V porovnání s V3 dosahovaly v hloubce 20 cm průkazně nejnižších hodnot záchytu N_{\min}

varianty kombinující organickou látku se směsným minerálním hnojivem ($V_4 = 0,18 \text{ mg/dm}^3$ a $V_5 = 0,17 \text{ mg/dm}^3$).

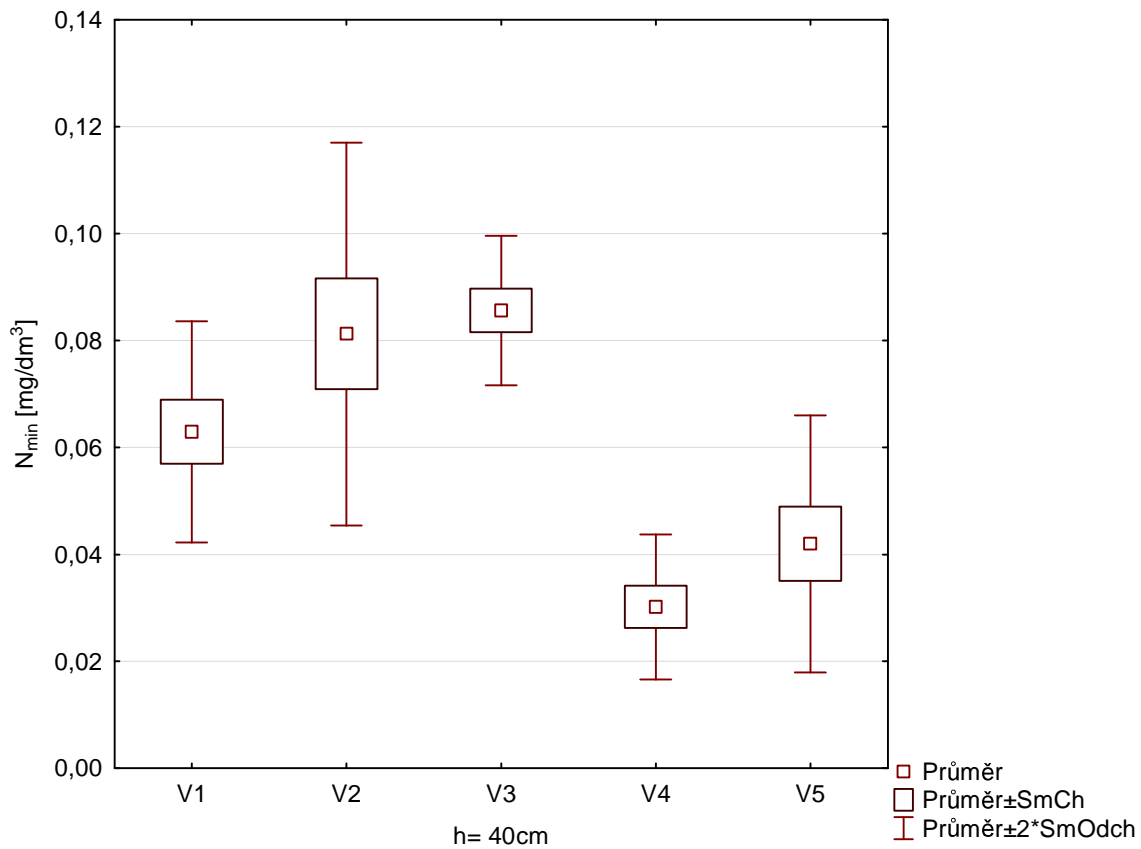
Dominantní formou zachyceného N_{\min} byl u všech variant v hloubce 20 cm dusičnanový dusík. Například u kontrolní varianty představoval 95,8 % z celkově zachyceného N_{\min} . Průměrně u všech variant v uvedené hloubce představoval 80 – 100 % veškerého zachyceného N_{\min} .



Graf 2 Záchyt minerálního dusíku v orničním horizontu

Struktura záchytu N_{\min} v podorničním horizontu, byla obdobná jako v hloubce 20 cm (nejvyšší V3, nejnižší V4 a V5 viz graf 3), ale v porovnání s orničním horizontem, zde byly zjištěny minimální hodnoty záchytu N_{\min} ($V_3 = 0,086 \text{ mg/dm}^3$; $V_4 = 0,030 \text{ mg/dm}^3$; $V_5 = 0,042 \text{ mg/dm}^3$). Daný stav lze vysvětlit zvýšeným záchytem v orničním horizontu. Ionty amonného a nitrátového dusíku, které byly sorbované na povrchovou strukturu CER a AER, nemohly dále postupovat do hlubších vrstev modelové nádoby. Tato situace je dobře patrná z grafů 2 a 3, krabicové grafy zobrazují hodnoty záchytu (vážený průměr) N_{\min} jednotlivých variant v hloubce 20 a 40 cm.

Kromě nižšího záchytu N_{\min} je patrný nárůst zastoupení amonné formy N_{\min} . Tento jev se nám nepodařilo plně objasnit. Nabízí se určitá hypotéza: v hlubších vrstvách půdy uložené v pokusných nádobách, došlo k vytvoření anaerobního prostředí. Mikroorganismy za účelem získání potřebného kyslíku začaly provádět respirační denitrifikaci dusičnanového dusíku.



Graf 3 Záchyt minerálního dusíku v podorničním horizontu

Pro nádobový experiment byla použita půda z OPVZ II. stupně Březová nad Svitavou (katastrální území obce Bannín), v dané oblasti Novosadová (2007) sledovala za využití IER disků (v hloubce 20 a 50 cm) únik N_{\min} během vegetačního období, a to z pozemků s různým způsobem využití (les, paseka, louka a pastva).

Pozemky s trvalým travním porostem (paseka, louka a pastva), vykazovaly v hloubce 50 cm pouze mírné zvýšení záchytu N_{\min} oproti hloubce 20 cm. V přirozeném nebo částečně ovlivněném travním ekosystému, tak lze očekávat zvýšenou mikrobiální aktivitu v rhizosféře a tím i účinnější využití dusíkatých látek než např. u orných půd. Nízký záchyt N_{\min} u V4 a V5, kde byla aplikována organická látka ve formě lignohumátu, můžeme pak považovat za potvrzení hypotézy, že lignohumát pozitivně ovlivňuje mikrobiální procesy v rhizosféře. Větší aktivita v prostředí orního horizontu, posléze vede ke zvýšení hranice ($\text{mg/dm}^3 N_{\min}$), kdy dochází k saturaci daného půdního prostředí dusíkatými látkami.

Ze zjištěných hodnot a při porovnání s jinými pracemi (Novosadová, 2007; Záhora, Nohel & Kintl, 2011; Kintl *et al.*, 2012) je zřejmé, že rozvinutá aktivita půdních mikroorganismů v rhizosférické půdě, je základním předpokladem pro zamezení úniku živin z půdního prostředí a zajištění dostatečné výživy rostlin. Mikroorganismy představují nejdůležitější element při

vytváření organo-minerálního půdního komplexu a obnově půdní organické hmoty. Bez jejich přítomnosti v půdním prostředí nejsme schopny zajistit dostatečnou půdní úrodnost, která je základním předpokladem rentabilní zemědělské činnosti.

Závěr

Zjištěné výsledky záchytu N_{\min} , poukazují na korelační vztah mezi způsobem hnojení a velikostí jeho úniku z půdního prostředí. Přičemž je zřejmé, že dostupnost organických látek v půdě a rozvinutá mikrobiální biomasa jsou absolutně nezbytné pro zachycení, využití a uplatnění dusíkatých látek v rámci geobiochemického koloběhu dusíku. Půda, jež není správně obhospodařována, přesněji vykazuje absenci organických látek a tím i mikrobiálních společenstev, které jsou nezbytné pro tvorbu organicko-minerálního sorpčního komplexu, pak není schopna tento dusík poutat. Dochází tak ke kontaminaci povrchových i podzemních zdrojů pitné vody, okyselování půdního prostředí a v konečném důsledku nastává degenerace půdní úrodnosti.

Realizovaný laboratorní pokus prokázal, že organické látky obsažené hnojivé závlaze, v kombinaci s přidavkem minerálního hnojiva, mohou pozitivně stimulovat mikrobiální společenstva v půdě a tím snížit únik N_{\min} z orničního horizontu. Problémem může být pokles produkce rostlinné biomasy u některých rostlin. Další experimenty by měly být realizovány s předčištěnými odpadními vodami, u kterých existuje předpoklad zvýšeného obsahu organických látek a živin.

Dále byla ověřena možnost v laboratorních podmínkách vytvořit zkušební model simulující reálné prostředí a za využití vhodných metod sledovat únik N_{\min} .

Poděkování

Tento článek vznikl za finanční podpory programu Inovační vouchery Jihomoravského inovačního centra č.: 2011030059 „Podmínky nezbytné pro použití předčištěné odpadní vody na zavlažování půdy při současném zamezení znečištění podzemních vod“.

Literatura

ABER, John D., Knute J. NADELHOFFER, Paul STEUDLER a Jerry M. MELILLO. Nitrogen saturation in northern forest ecosystem: Excess nitrogen from fossil fuel combustion may stress the biosphere. *BioScience*. 1989, roč. 39, č. 6, s. 378-386.

ČERNÝ, Jindřich, Jiří BALÍK, Pavel TLUSTOŠ a Radek NĚMEČEK. Minerální a organický dusík v půdě. In: *Racionální použití průmyslových hnojiv: sborník z konference konané 27.11.1997*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 1997, s. 72-78. ISBN 80-213-0366-2.

BUTTERBACH-BAHL, Klaus a Per GUNDERSEN. Nitrogen processes in terrestrial ecosystems SUTTON, Mark A. *The European nitrogen assessment: sources, effects and policy perspectives*. New York: Cambridge University Press, 2011, s. 99-125. ISBN 978-1-107-00612-6.

ELBL, Jakub. *Porovnání vývoje obsahu dusíku v různých hloubkách půdy a ve vodě získávané z jímací oblasti Březová nad Svitavou*. Brno, 2012. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Záhora, CSc.

ERISMAN, Jan Willem. The European nitrogen problem in a global perspective. SUTTON, Mark A. *The European nitrogen assessment: sources, effects, and policy perspectives*. New York: Cambridge University Press, 2011, s. 9-31. ISBN 978-1-107-00612-6.

GALLOWAY, James a Ellis COWLING. Reactive Nitrogen and The World: 200 Years of Change. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. 2002, roč. 31, č. 2, s. 64-71. ISSN 0044-7447.

GALLOWAY, James N., John D. ABER, Jan W. ERISMAN, Sybil P. SEITZINGER, Robert W. HOWARTH, Ellis B. COWLING a B. Jack COSBY. The Nitrogen Cascade. *BioScience*. 2003, roč. 53, č. 4, s. 341-356. ISSN 0006-3568. DOI: 10.1641/0006-3568(2003)053[0341:TNC] 2.0.CO;2.

JŮVA, Karel, Antonín HRABAL a Jiří FILIP. *Závlaha zemědělských kultur*. 1. Vyd. Praha: SZN, 1981, 310 s.

KAPOOR, A. a T. VIRARAGHAVAN. Fungal biosorption an alternative treatment option for heavy metal bearing wastewaters: a review. *Bioresource Technology*. 1995, roč. 53, č. 3, s. 195-206. ISSN 09608524. DOI: 10.1016/0960-8524(95)00072-M.

KINTL, A., J. ELBL, J. ZÁHORA, J. HYNŠT, L. PLOŠEK a I. TŮMA. Vliv dodaných uhlikatých látek na dynamiku ztrát dusíku z orných půd. In *Pedologické dni 2012, Poda v krajine meniacom sa režime využívania a ochrany*. 1. vyd. Bratislava: Výzkumný ústav podoznalectva a ochrany pody Bratislava, 2012, s. 28. ISBN 978-80-89128-96-9.

NOHEL, Petr, Jaroslav ZÁHORA a Lukáš MEJZLÍK. Sledování úniku minerálního dusíku z půd různých ekosystémů v ochranném pásmu vodního zdroje II. stupně Březová nad Svitavou. Praha: SOVAK – *Časopis oboru vodovodů a kanalizací*, 2008, roč. 17, s. 48-51. ISSN 12010-3039.

NOVOSADOVÁ, Irena. *Vliv mikrobiální mineralizace půdního organického dusíku na obsah minerálního dusíku v prosakující půdní vodě*. Brno, 2007. Diplomová práce, Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin. Vedoucí práce Ing. Jaroslav Záhora, CSc.

NOVOSADOVÁ, I., J. ZÁHORA a RUIZ-SINOGA. Vliv trsnaté trávy *Stipa tenacissima* L. na mikrobiální transformaci půdního uhlíku a dusíku v aridních podmínkách středozemního klimatu. *Úroda časopis pro rostlinnou výrobu vyd. Min. Zemědělství. Vědecká příloha*. 2011, LIX, č. 10. ISSN 0139-6013.

PESCOD, M. *Wastewater treatment and use in agriculture*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1992, xiv, 125 s. ISBN 92-510-3135-5.

QIAN, Y. L. a B. MECHAM. Long-Term Effects of Recycled Waste Irrigation on Soil Chemical Properties on Golf Course Fairways. *Agronomy Journal*. 2005, roč. 97, č. 3, s. 717-721. ISSN 1435-0645. DOI: 10.2134/agronj2004.0140.

STEHLÍK, K. *Závlahové využití odpadních vod: Závlahy městskými odpadními vodami. II. 1.* Vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství a výživy ČR, 1980. 86 s.

SUTTON, Mark A. *The European nitrogen assessment: sources, effects, and policy perspectives*. New York: Cambridge University Press, 2011. ISBN 978-1-107-00612-6.

ŠÁLEK, Jan. *Přírodní způsoby čištění znečištěných povrchových a odpadních vod*. 1. vydání. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2006, 283 s. ISBN 80-867-6974-7.

ŠIMEK, Miloslav. *Základy nauky o půdě: 3. Biologické procesy a cykly prvků*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, 2003, 151 s. ISBN 80-704-0630-5

ŠRÁMEK, Vít, Jiří KULHAVÝ, Věra FADRHOŇSOVÁ, Monika VEJPUŠTKOVÁ, Bohumír LOMSKÝ a Jaroslav ZÁHORA. *Vliv současných depozic dusíku na zvyšování přírůstu a kvality výživy smrkových porostů*. Praha: VÚLHM Závěrečná zpráva projektu NAQC1273, 2005, 50 s.

ÚLEHLOVÁ, Blanka. *Koloběh dusíku v travních ekosystémech*. 1. vyd. Praha: Academia, 1989, 110 s. Studie ČSAV, 1989, č. 20. ISBN 80-200-0192-1.

ZÁHORA, Jaroslav, Petr NOHEL a Antonín KINTL. Vyplavování minerálního dusíku z orných, lučních a lesních půd v OPVZ II. st. Březová nad Svitavou. In: *Sborník příspěvků XV. Mezinárodní vodohospodářské konference VODA ZLÍN 2011*. Zlín: Moravská vodárenská, a. s., 2011, s. 49-54. ISBN 978-80-254-9113-3.