



Lixiviação de nitrato em solo adubado com colágeno e cultivado com trigo e arroz ⁽¹⁾.

Livia Cristina Coelho⁽²⁾; Mozart Martins Ferreira⁽³⁾; Valdemar Faquin⁽³⁾; Ana Rosa Ribeiro Bastos⁽⁴⁾; Ewerton Dilelis Ferreira⁽⁵⁾; Larissa de Sousa Coelho⁽⁵⁾

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos da FAPEMIG, CAPES e CNPq.

⁽²⁾Doutoranda do Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil, liviacoeelho_6@hotmail.com; ⁽³⁾Professor Titular do Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras,

⁽⁴⁾Doutora em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras; ⁽⁵⁾Graduando (a) em Agronomia, Universidade Federal de Lavras.

RESUMO: Ao passar por processo de extração do elevado teor de cromo, o resíduo de couro *wet blue* recebe o nome de colágeno e tem potencial para utilização na agricultura como fonte de nitrogênio. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de lixiviação de nitrato em solo adubado com colágeno e cultivado com trigo e arroz respectivamente. O colágeno foi utilizado como fonte nitrogenada para a cultura do trigo e seu efeito residual foi avaliado na cultura do arroz, em casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições. Foram aplicadas cinco doses do colágeno: 0, 3, 6, 9 e 12 t ha⁻¹, equivalentes a 0, 225, 450, 675 e 900 mg kg⁻¹ de N e três tratamentos adicionais (controle - solo nativo, sem adubo e sem colágeno; adubação com N mineral e adubação com N mineral reposta no cultivo do arroz). O colágeno utilizado apresentava 1986 mg kg⁻¹ de cromo. Foram determinados os teores de nitrato percolados. O N das proteínas do colágeno é liberado gradualmente no lixiviado na forma de nitrato e ultrapassa os valores de nitrato lixiviados pela ureia apenas na dose de 675 mg kg⁻¹ N via colágeno.

Termos de indexação: Rejeito. Nitrogênio. Ambiente.

INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos de natureza orgânica na agricultura é uma alternativa promissora para fornecer nutrientes às plantas e ambientalmente correta aos produtores desses resíduos. Isso acontece com os resíduos da indústria do couro, originários de uma tecnologia que consiste na extração de cromo, visando à aplicação da proteína (colágeno - INPI; Processo patenteado Br. n. PI 001538) como fertilizante nitrogenado de liberação gradual, devido ao elevado teor de nitrogênio (N) presente na forma orgânica.

Quando algum material residual é introduzido ao solo, os recursos hídricos sejam superficiais ou subterrâneos são os destinos principais do remanescente, cujas plantas não podem absorver e/ou o solo não pode adsorver. A lixiviação é um componente importante na dinâmica do nitrogênio,

que por sua difícil quantificação tem sido negligenciado em áreas agrícolas. A lixiviação de íons, não é visualizada e pode causar danos irreversíveis nos corpos d'água superficiais e subterrâneos (Silva et al., 2010).

O presente estudo objetivou avaliar em condição de casa de vegetação a lixiviação de nitrato (N-NO₃) em solo quando fertilizado com resíduo da indústria do couro após a extração de Cr (colágeno) e uma fonte mineral amplamente utilizada (ureia).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado, em casa de vegetação na Universidade Federal de Lavras (UFLA), utilizando-se amostras de colágeno, resíduo do couro "*wet blue*" após extração do Cr. O resíduo de couro tratado (colágeno) foi obtido de acordo com a patente Br n. PI001538 proposta por Oliveira et al. (2004).

Os resíduos de couro após o tratamento, foi denominado colágeno, e possuía 390 g kg⁻¹ de Carbono orgânico (C); 148 g kg⁻¹ Nitrogênio_{Kjeldahl} e 1986 mg kg⁻¹ de Cromo (BRASIL, 2007)

O solo utilizado neste experimento, coletado no município de Lavras- MG, foi classificado como Latossolo Vermelho, distrófico típico, textura muito argilosa, com pH_(á gua 1:2,5) 4,8; 41 (g kg⁻¹) de matéria orgânica, SB mmol_c dm⁻³; V% 10,7 (EMBRAPA, 2006).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, cinco doses de colágeno e três tratamentos adicionais. Cada unidade experimental foi composta por um vaso contendo 9 kg de solo, com os tratamentos correspondendo à aplicação de 0, 3, 6, 9 e 12 t ha⁻¹ de colágeno, o que corresponde a 0, 225, 450, 675 e 900 mg kg⁻¹ de N. Essas doses de colágeno foram calculadas de acordo com o teor total de nitrogênio presente no mesmo (14,8%).

Os tratamentos adicionais foram: 1. controle - sem adubo e sem resíduo, sendo utilizada como referência; 2. adubação convencional do trigo com N mineral (ureia), correspondendo à dose de 450



mg kg⁻¹ N; 3. adubação convencional do trigo com N mineral (ureia), correspondendo à dose de 450 mg kg⁻¹ que foi reposta no segundo experimento com arroz. Os adicionais 2 e 3 foram iguais para o experimento com a cultura do trigo para avaliação do efeito residual na cultura do arroz. No segundo cultivo (arroz) o colágeno também não foi reposto para avaliar o efeito residual do N vindo do colágeno.

Antes do plantio, elevou-se a saturação por bases do solo para 50% por meio da aplicação dos reagentes carbonato de cálcio e hidroxicarbonato de magnésio (P.A.).

O colágeno foi aplicado simultaneamente à calagem e os vasos foram incubados por 15 dias, com umidade em torno de 60 % do volume total de poros (VTP). No plantio do trigo, foram adicionados, em mg kg⁻¹ de solo, macronutrientes (P: 200, K: 350, Ca: 80, Mg: 30 e S: 50) e micronutrientes (B: 0,5; Cu: 1,5; Zn: 5 e Mo: 0,1), na forma de reagentes P.A. em solução, segundo Malavolta (1980). O nitrogênio (somente nos tratamentos adicionais 2 e 3) e o potássio foram parcelados em 4 aplicações iguais: no plantio e aos 30, 45 e 75 dias após a semeadura. No tratamento controle (solo natural), não foi realizada nenhuma adubação ou correção de solo.

Foram colocadas 12 sementes de trigo por vaso deixando-se, após desbaste, quatro plantas. Após 52 dias da germinação, no início do florescimento, duas plantas foram cortadas e as duas restantes foram mantidas nos vasos até o final do ciclo.

Após a colheita do trigo foi implantada a cultura do arroz, onde a ureia não foi reposta no adicional 2 (efeito residual da fonte nitrogenada) e foi reposta no adicional 3. No segundo cultivo o colágeno não foi reposto. Foram mantidas quatro plantas por vaso até o primeiro corte (57 dias após germinação, no início do florescimento) e as duas plantas restantes foram mantidas até o final do ciclo.

Os teores de nitrato no lixiviado foram acompanhados durante os dois cultivos, por meio de coletas feitas em frascos coletores. Em cada vaso, foi feito um orifício, ao qual foi acoplada uma mangueira, e então colocada uma placa porosa envolvida com uma camada dupla de lã acrílica no interior do vaso com solo. Essa placa foi colocada cerca de 20 cm acima do fundo do vaso e conectada à mangueira mantida sobre os frascos coletores. O orifício só foi aberto no dia de coletas de lixiviados. Após a coleta dos mesmos, era feita a leitura de teores de nitrato conforme Bremner (1965).

O lixiviado foi coletado em intervalos de tempo

de 20 dias em média. Foram realizadas 11 coletas ao longo do experimento, sendo 6 durante o cultivo do trigo e 5 durante o cultivo do arroz.

Com a determinação dos teores, os dados obtidos a partir dos lixiviados foram submetidos à análise de variância e, quando ocorreram diferenças significativas pelo teste F, foram realizadas análises de regressão com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2003) e foram preparados gráficos de lixiviação. Os gráficos de lixiviação foram criados em função do número de volume de poros ocupados. O número de volume de poros (VP) foi determinado, dividindo-se o volume acumulado de lixiviado que passou pelo vaso com solo em certa coleta pelo volume de poros do solo, o qual a solução foi percolada. O volume de poros do solo foi obtido com base no volume da amostra (vaso) e na porosidade total.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de nitrato encontrados nos lixiviados ao longo dos cultivos de trigo e arroz nas doses de colágeno e tratamentos comparativos estão demonstrados nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

A percolação de nitrato foi variável em função da dinamicidade desse ânion, causando picos de elevação e supressão nos tratamentos aplicados.

Na Figura 1 estão expressos em função da fração do volume de poros ocupados, o teor de nitrato lixiviado no solo natural em relação à ureia (com e sem reposição) e na Figura 2, a lixiviação de nitrato no solo que não foi aplicado N via colágeno em relação ao solo em que o N foi fornecido via ureia.

Nota-se um pico de lixiviação de nitrato quando a ureia é reposta (Figura 1), aproximadamente ao 0,8 VP, e uma lixiviação de nitrato constante e em menor intensidade, no solo natural.

Quando adicionado ao solo, o N-orgânico proveniente do colágeno sofre um processo de mineralização, sendo a regulação de sua disponibilidade dependente entre outros fatores, da ação microbiana e da quantidade do resíduo aplicado (Moreira & Siqueira, 2006). Pelas Figuras 3, 4, 5 e 6 observaram-se picos de lixiviação de nitrato em função do volume de poros ocupados, em tratamentos que receberam doses de N via colágeno e ureia.

A mineralização do nitrogênio no solo (amoniificação e nitrificação) é essencialmente microbiológica. As duas fases mostram a mesma importância, isso por que as plantas são capazes de absorver o nitrogênio tanto na forma amoniacal quanto na forma nítrica. Os microrganismos que atuam na etapa de nitrificação oxidam o NH₄⁺ a



NO_3^- , via nitrito (NO_2^-) (Malavolta et al., 1997). Os nitratos formados na camada aeróbica de solo podem difundir-se até uma camada mais profunda do solo, em um ambiente anaeróbico, e podem então, ser desnitrificados para as formas gasosas N_2 e N_2O que se perdem para atmosfera (Brady, 1989).

No colágeno, produto após a extração de Cr, a relação C/N é baixa (5/1), assim, espera-se que haja uma rápida mineralização do nitrogênio orgânico nos primeiros dias após a aplicação no solo, como observaram Feigin et al. (1991) para lodo de curtume e Oliveira et al. (2008) para colágeno com $84,7 \text{ mg kg}^{-1}$ Cr remanescente. Por meio da nitrificação, o NH_4^+ existente no lodo e no colágeno, bem como o que derivou da amonificação, é normalmente oxidado a NO_2^- e rapidamente a NO_3^- (Malavolta & Moraes, 2009).

Ao analisar o N-nítrico total lixiviado, após as 11 coletas, foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, todavia, sem ajuste de regressão polinomial adequado. As médias observadas foram plotadas na Figura 7.

Observa-se maior lixiviação total de N- NO_3^- na dose de 675 mg kg^{-1} valor semelhante ao encontrado para a lixiviação de N- NO_3^- , da ureia, com e sem reposição. A maior lixiviação de N- NO_3^- na dose de 675 mg kg^{-1} pode ser explicada pela intensa atividade microbiana nessa dose, pelo aumento da dose de N, sem o efeito prejudicial do Cr.

A lixiviação significativamente elevada na ausência de colágeno e no solo natural é consequência do menor desenvolvimento das plantas nesses tratamentos. Plantas menos desenvolvidas pela deficiência de N, exploram menos o ambiente radicular e absorvem menos nutrientes, deixando-os passíveis de percolação e/ou adsorção. O solo em estudo possui um teor de matéria orgânica de 41 g kg^{-1} , que deve ser ressaltado.

A lixiviação do N- NO_3^- mostra que a contaminação do lençol freático, com esse íon é ausente quando se utiliza o colágeno como fonte nitrogenada, até mesmo na maior dose estudada, onde os teores encontrados no lixiviado foram inferiores aos encontrados no solo natural.

CONCLUSÕES

O N das proteínas do colágeno na forma de N- NO_3^- é mineralizado gradualmente, e varia de acordo com a dose aplicada.

Apenas na dose de 675 mg kg^{-1} N via colágeno a lixiviação de nitrato é maior que a ureia aplicada em condições recomendadas agronomicamente em casa de vegetação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG, CAPES E CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BRADY, N. C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7. ed. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1989. 878p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. *Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos*. Brasília, 2007. 143p.

BREMNER, J. M. Total nitrogen. In: BLACK, C. A. (Ed.). *Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties*. Madison: Soil Science Society of America, 1965. p.1149-1178. Part 2. (Agronomy monograph, 9)

COSTA, C. N. et al. Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. In: MEURER, E. J. (Ed.). *Fundamentos de química do solo*. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 207-237

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço de Produção de Informação. *Sistema brasileiro de classificação de solo*. Brasília, 2006. 412p.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. *Irrigation whit treated sewage effluent, management for environmental protection: advanced series in agricultural sciences*. Berlin: Springer-Verlang, 1991. 224p.

FERREIRA, D. F. *SISVAR software: versão 4.6*. Lavras: UFLA/DEX, 2003. (Software).

MALAVOLTA, E. ; MORAES, M. F. O Nitrogênio na agricultura brasileira. In: *Fertilizantes: agroindústria e sociedade*. Rio de Janeiro: [s. n.], 2009. p.211-255.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

NASCIMENTO, R.S.M.P. Utilização de resíduos da indústria de couro como fonte nitrogenada para o capim-elefante. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:417-424, 2008.

OLIVEIRA, D.Q.L.; CARVALHO, K.T.G.; BASTOS, A.R.R.; OLIVEIRA, L.C.A.; MARQUES, J. J.G.S.M.; NASCIMENTO, R.S.M.P. Utilização de resíduos da indústria de couro como fonte nitrogenada para o capim-elefante. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:417-424, 2008.

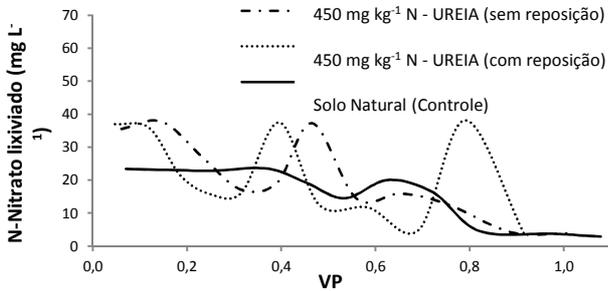


Figura 1 - Concentração de nitrato observada no lixiviado em função da fração do volume de poros (VP) ocupados nos cultivos de trigo e arroz, submetidos a doses de N via ureia.

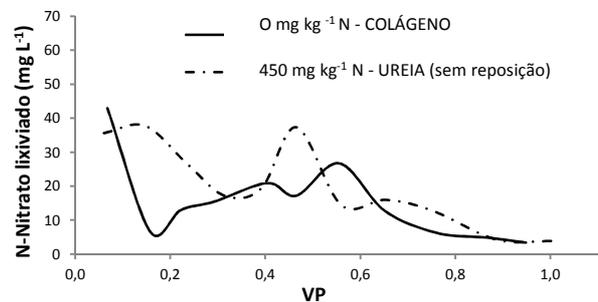


Figura 2 - Concentração de nitrato observada no lixiviado em função da fração do volume de poros (VP) ocupados nos cultivos de trigo e arroz, submetidos a doses de 0 mg kg⁻¹N via colágeno e 450 mg kg⁻¹N via ureia.

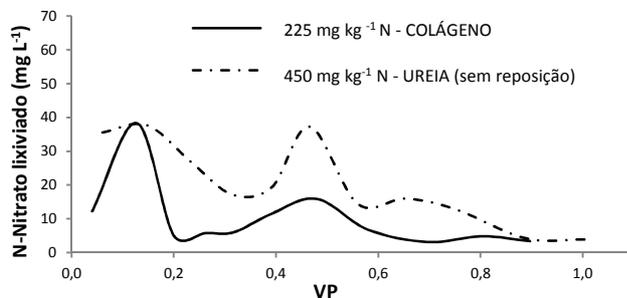


Figura 3 - Concentração de nitrato observada no lixiviado em função da fração do volume de poros (VP) ocupados nos cultivos de trigo e arroz, submetidos a doses de 225 mg kg⁻¹N via colágeno e 450 mg kg⁻¹N via ureia.

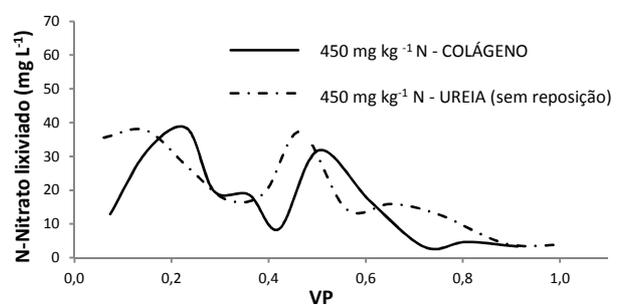


Figura 4 - Concentração de nitrato observada no lixiviado em função da fração do volume de poros (VP) ocupados nos cultivos de trigo e arroz, submetidos a doses de 450 mg kg⁻¹N via colágeno e 450 mg kg⁻¹N via ureia.

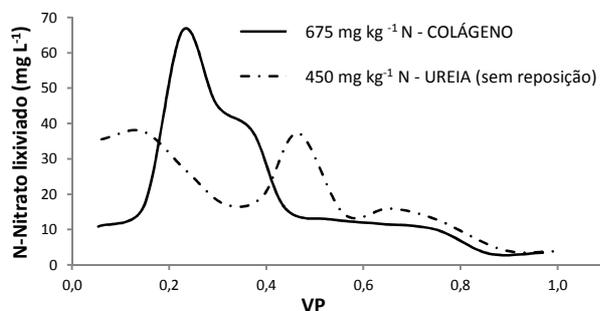


Figura 5 - Concentração de nitrato observada no lixiviado em função da fração do volume de poros (VP) ocupados nos cultivos de trigo e arroz, submetidos a doses de 675 mg kg⁻¹N via colágeno e 450 mg kg⁻¹N via ureia.

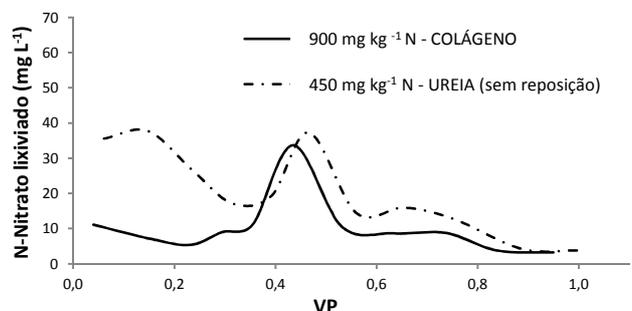


Figura 6 - Concentração de nitrato observada no lixiviado em função da fração do volume de poros (VP) ocupados nos cultivos de trigo e arroz, submetidos a doses de 900 mg kg⁻¹N via colágeno e 450 mg kg⁻¹N via ureia.

○ Solo natural (Controle) ◇ N mineral com reposição ▲ N mineral sem reposição → Colágeno

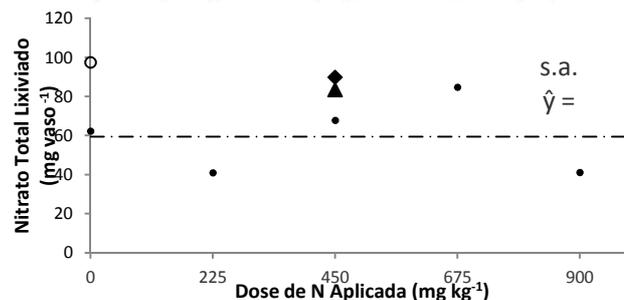


Figura 7 - Quantidade de nitrato total lixiviado por vaso, observada em função da dose de N aplicada via colágeno e três tratamentos adicionais, durante o cultivo de trigo e arroz em casa de vegetação.