

NITROGÊNIO RESIDUAL EM SOLO ADUBADO COM DIFERENTES FONTES E INTERVALOS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO

Francisco Cardoso Neto

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Engenharia Agrícola. Rua Rodolfo Garcia, 829, Centro, 59570-000 Ceará-Mirim, RN, e-mail: f_c_net@zipmail.com.br.

Hugo Orlando Carvalho Guerra

Prof. Titular, UFCG, Departamento de Engenharia Agrícola, CEP 58109-970 Campina Grande, PB, e-mail: hugo_carvalho@hotmail.com

Lúcia Helena Garófalo Chaves

Profª. Titular, UFCG, Departamento de Engenharia Agrícola, CEP 58109-970 Campina Grande, PB, lhgarofalo@hotmail.com

RESUMO - Objetivou-se, com este trabalho, avaliar os teores de nitrogênio residual em um solo adubado com quatro fontes de nitrogênio (sulfato de amônio, nitrato de cálcio, uréia e fosfato monoamônico), na dosagem de 80 kg ha⁻¹, parceladas em 2, 3, 4 e 5 vezes, aplicadas via água de irrigação por gotejamento, na produção de frutos do meloeiro cultivado em condições de campo, na Fazenda Cajazeiras, localizada no município de Tibau, RN, Brasil. Utilizou-se um delineamento experimental fatorial 4 x 4, em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. O solo foi amostrado antes do plantio e 40 dias após a primeira aplicação de nitrogênio em quatro intervalos de profundidade (0-15, 15-30, 30-45, 45-60 cm), no qual se determinou o nitrogênio mineral total, NH₄⁺, NO₃⁻ e NO₂⁻. Observou-se um comportamento diferenciado das fontes de N em relação ao fornecimento de amônio para o solo, havendo uma tendência de queda com o aumento do número de vezes de aplicação dos adubos e com a profundidade do solo; para o nitrato as maiores concentrações foram encontradas na camada superficial do solo e não houve tendência de aumento ou diminuição dos seus teores com o aumento das vezes de aplicação; já para o nitrito as maiores concentrações foram encontradas na camada de 30 a 45 cm de profundidade; o N-mineral total se concentrou em maior quantidade na zona de absorção das raízes. O maior acúmulo de N-mineral total no solo foi decorrente da aplicação de MAP e sulfato de amônio e o menor acúmulo foi decorrente da aplicação de uréia.

Palavras chaves: adubos nitrogenados, parcelamento da fertilização

RESIDUAL NITROGEN ON A SOIL FERTILIZED WITH DIFFERENT NITROGEN SOURCES AND APPLICATION INTERVALS.

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the residual nitrogen contents behavior in a soil fertilized with four different nitrogen sources (ammonium sulfate, calcium nitrate, urea and monoammonium phosphate) at dosage of 80 kg ha⁻¹, divided in 2, 3, 4 and 5 parcels, applied through drip irrigation on the melon production, in field conditions, at the Fazenda Cajazeiras, located in Tibau, RN, Brazil. A 4 x 4 factorial, completely randomized block split-plot design, with four replications was used. Soil samples were collected before planting and 40 days after the first nitrogen use to the depth intervals of 0-15, 15-30, 30-45 and 45-60 cm, on which total mineral nitrogen, NH₄⁺, NO₃⁻ e NO₂⁻ was determined. A differentiated behavior of the nitrogen sources regarding the ammonium furnishing to the soil was observed, existing a decreasing tendency of the ammonium contents with the increase of the fertilization partitioning and soil depth. For nitrate the highest concentrations were found on the surface interval and no effect of the fertilizer partitioning was observed. The highest concentrations of nitrite were found on the 30 - 45 cm depth interval and the total mineral nitrogen was concentrated mainly on the root absorption region. The biggest accumulation of total mineral nitrogen in the soil was originated from employment of MAP and ammonium sulfate and the lesser accumulation was due to urea use.

Key words: nitrogen fertilizers, fertilization partitioning

INTRODUÇÃO

O nitrogênio é um dos nutrientes que mais limitam a produção de alimentos no mundo (COELHO *et al.*, 1991). Em solos tropicais é

indispensável o uso de fertilizantes nitrogenados para manter as produções, devido, sobretudo, à baixa eficiência na utilização, tanto do nitrogênio do solo como daquele aplicado como fertilizante

(BARTHOLOMEW, 1975). A baixa recuperação de fertilizantes nitrogenados pelas culturas em condições tropicais, em torno de 50% (COELHO *et al.*, 1991), tem sido atribuída ao grande potencial de perdas, sendo a desnitrificação, lixiviação e volatilização os mecanismos mais importantes (GAMBOA, *et al.*, 1971). Port *et al.* (2003) usando dejetos de suínos em plantio direto observaram que a perda de N por volatilização de amônia chegou a 16,1% da quantidade de N amoniacal aplicada com esses dejetos no outono e a 11% no verão. Além das características do solo como, por exemplo, capacidade de troca catiônica, pH, teor de matéria orgânica, temperatura e outras, a volatilização do N é influenciada pelas condições climáticas como velocidade dos ventos, temperatura, umidade relativa do ar e precipitação (SOMMER e HUTCHINGS, 2001).

Vários trabalhos têm mostrado que o nitrato, por ser um ânion, é facilmente lixiviado no perfil do solo sendo levado para fora do alcance das raízes das plantas podendo atingir as águas sub-superficiais (MUCHOVEJ e RECHEIGL, 1994; COSTA *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 1999; OLIVEIRA *et al.*, 2001), atuando neste caso como elemento poluente de lençóis freáticos, bem como de lagoas e águas superficiais (OLIVEIRA *et al.*, 2000). Entretanto, um manejo adequado pode controlar a lixiviação do nitrato aumentando a permanência do mesmo no solo. Assim, tem se observado que as perdas de nitrato por lixiviação em solos arenosos são mínimas quando o nitrogênio é aplicado em uma só vez, porém em taxas menores que 200 kg/ha/ano (MUCHOVEJ e RECHEIGL, 1994). Já no caso do íon amônio, por ele ser um cátion, é facilmente retido nas cargas eletronegativas das argilas e da matéria orgânica do solo, o que minimiza a sua perda (LOPES, 1998).

A disponibilidade do nitrogênio do fertilizante pode ser aumentada através de aplicações parceladas durante o período de crescimento das plantas. O parcelamento da dose de fertilizante melhora a absorção do elemento pelas plantas e reduz as perdas por lixiviação e volatilização, devido a já estar o sistema radicular das plantas desenvolvido. No entanto, o melhor aproveitamento do fertilizante pelas culturas está relacionado com a dose aplicada e com o potencial de absorção das mesmas. Melgar *et al.* (1991) encontraram que as perdas de nitrogênio aumentam com o aumento das doses aplicadas, em vista de o suprimento do nitrogênio exceder as necessidades das culturas.

Um aspecto pouco estudado é o efeito residual dos fertilizantes minerais nitrogenados após sua aplicação, ou seja, seu acúmulo no solo, principalmente quando se considera que o elemento nitrogênio se transforma com relativa facilidade e rapidez, produzindo as diferentes formas nitrogenadas, inclusive a orgânica (RAIJ, 1991). A uréia, por exemplo, com 44% de nitrogênio na forma amídica, não contém o íon amônio na sua formulação, no entanto, quando aplicada ao solo, pode ser hidrolisada rapidamente produzindo esse íon, o qual pode passar para a forma nítrica (LOPES, 1998). Dependendo das condições ambientais, a uréia pode também se transformar em gás amônia sendo perdido para a atmosfera. Resultados encontrados por Coelho *et al.* (1991) mostram que da aplicação de 60 kg de N ha⁻¹, aplicado na forma de uréia, em um Latossolo Vermelho-escuro, 23% permaneceram no solo na camada de 0–0,9 m e 15% foram perdidos. Segundo esses autores, a perda por lixiviação correspondeu a 4% do total do N aplicado, sendo o restante atribuído a outros processos não determinados na pesquisa.

A dinâmica de transformação do nitrogênio no solo vai depender, dentre outros fatores, da forma em que ele se encontra no fertilizante nitrogenado aplicado ao solo, uma vez que cada uma delas, amoniacal, nítrica ou amídica, pode ter destinos diferentes. Segundo Rajj (1991), essa dinâmica de transformação do nitrogênio é a causa da adubação nitrogenada apresentar pouco ou nenhum efeito residual no solo.

Com base no exposto, o objetivo do presente estudo foi quantificar o nitrogênio residual nas formas de N mineral total, amônio, nitrato e nitrito nas diferentes profundidades de um Neossolo Quartzarênico cultivado com melão, em função de diferentes fontes nitrogenadas e parcelamento da aplicação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de novembro de 2000 a fevereiro de 2001, em condições de campo, numa área localizada na Fazenda Agrícola Cajazeiras, no município de Tibau- RN, num Neossolo Quartzarênico, franco arenoso. O clima, da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSW'h'. As características químicas do solo, determinadas antes do experimento, de acordo com as metodologias recomendadas pela EMBRAPA (1997) são apresentadas na Tabela 1.

Utilizou-se um delineamento experimental fatorial 4 x 4, em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Os blocos

Tabela 1. Caracterização química do solo antes do plantio.

Prof. cm	P Mg dm ⁻³	K -----cmol _c dm ⁻³ -----	Ca	Mg	Na	pH	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	N-mineral Total mg kg ⁻¹
00 – 15	238	0.33	2.7	0.70	0.47	7.3	9,65	19,25	0,92	29,83
15 – 30	71	0.21	2.3	1.00	0.48	7.1	4,53	7,59	0,89	13,01

eram constituídos por 4 parcelas (fontes de nitrogênio) de 36 m de comprimento e 1,5 m de largura, divididas em 4 sub-parcelas (parcelamento) de 9 m de comprimento e área útil de 14 m², cultivadas com melão híbrido Gold Mine do grupo amarelo.

O solo foi preparado com uma aração e duas gradagens e recebeu como adubação de fundação, 7,5 t ha⁻¹ de composto orgânico, 0,4 t ha⁻¹ de fosfato monoamônio (MAP) e 0,15 t ha⁻¹ de cloreto de potássio, em sulcos com a profundidade aproximada de 0,20 m, espaçados entre si de 2,0 m.

A dose experimental de nitrogênio utilizada foi de 80 kg ha⁻¹ parcelada em duas vezes (aos 20 e 27 DAS); três vezes (aos 20, 27 e 34 DAS); quatro vezes (aos 20, 27, 34 e 41 DAS) e cinco vezes (aos 20, 27, 34, 41 e 48 DAS), tendo sido a primeira aplicação aos 20 dias após a semeadura das plantas (DAS). Os fertilizantes utilizados (fontes de N) foram o Sulfato de Amônio, (NH₄)₂SO₄, com 21% de N; Nitrato de Cálcio, Ca(NO₃)₂, com 15% de N; Uréia, CO(NH₂)₂, com 45% de N e Fosfato Monoamônico (MAP), NH₄H₂PO₄, com 12% de N (Tabela 2).

intervalos de profundidade (0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 cm). Para evitar transformações de nitrogênio as amostras de solo, com sua umidade original, após a coleta, foram engarrafadas e acondicionadas em refrigeradores com temperaturas entre 3 e 4°C. O nitrogênio mineral (NO₃⁻; NO₂⁻; NH₄⁺) nestas amostras foi determinado segundo Kenney e Nelson (1982), sendo a extração do mesmo realizada com KCl 1 M (relação solo: solução = 1:3) com posterior destilação Kjeldahl e em seguida, titulação.

Os teores de nitrogênio no solo foram analisados estatisticamente através de processamento eletrônico, empregando-se o SAEG for Windows 8.0 (Sistema para Análises Estatísticas), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). O processamento constou de análise de variância (ANOVA) pela significância do teste F e teste de comparação de médias (Tukey).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações das várias formas de nitrogênio em cada profundidade de solo analisada em relação às fontes de nitrogênio são apresentadas

Tabela 2. Quantidades totais e parceladas dos fertilizantes aplicados de acordo com o parcelamento.

Fontes de N	Quantidade Total		Quantidade de acordo com o número de aplicações (parcelamento)			
	kg ha ⁻¹	g m ⁻¹	2	3	4	5
			-----g m ⁻¹ -----			
Sulfato de Amônio	381	50	25,00	16,67	12,50	10,00
Nitrato de Cálcio	533	70	35,00	23,33	17,50	14,00
Uréia	178	24	12,00	8,00	6,00	4,80
MAP	667	90	45,00	30,00	22,50	18,00

A cultura foi diariamente irrigada, por gotejamento, durante todo o seu ciclo, tendo o manejo da irrigação sido feito de acordo com as exigências da cultura.

No solo, os acúmulos de N-mineral total, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ e N-NO₂⁻ foram avaliados em amostras coletadas 40 dias após a primeira aplicação das fontes de nitrogênio ao solo, em quatro

na Tabela 3. Embora nas fontes de nitrogênio utilizadas o elemento ocorra nas formas amoniacal e nítrica, devido à dinâmica transformação do nitrogênio, o nitrito também foi encontrado no solo.

A camada superficial do solo, diretamente em contato com os adubos, foi a que mostrou maior concentração de amônio, independente da fonte

Tabela 3. Teores de N-mineral total, amônio, nitrato e nitrito no solo, nas várias profundidades, para os tratamentos com diferentes fontes de nitrogênio.

Fontes de N	Profundidades (cm)			
	0 – 15	15 – 30	30 – 45	45 – 60
N-mineral total (mg kg⁻¹)				
Sulfato de amônio	36,61 a A	13,74 b B	13,23 a B	8,88 b C
Nitrato de cálcio	32,55 b A	13,70 b B	10,15 b C	8,70 b C
Uréia	24,14 c A	8,90 c C	16,32 a B	9,67 b C
MAP	33,89 ab A	20,53 a B	11,60 b C	12,71 a C
Amônio (mg kg⁻¹)				
Sulfato de amônio	15,28 a A	2,27 c C	5,20 a B	2,58 c C
Nitrato de cálcio	5,80 c A	4,85 b AB	3,47 b BC	3,34 bc C
Uréia	6,53 c A	1,79 c C	5,71 a A	4,16 ab B
MAP	10,31 b A	7,14 a B	3,64 b C	4,81 a C
Nitrato (mg kg⁻¹)				
Sulfato de amônio	19,78 c A	10,68 ab B	6,50 b C	5,67 a C
Nitrato de cálcio	26,14 a A	8,05 bc B	4,88 b C	4,63 a C
Uréia	16,50 d A	6,84 c BC	9,41 a B	4,44 a C
MAP	22,64 b A	13,00 a B	5,77 b C	7,12 a C
Nitrito (mg kg⁻¹)				
Sulfato de amônio	1,55 a A	0,80 a B	1,53 bc A	0,64 a B
Nitrato de cálcio	0,61 b B	0,80 a B	1,81 ab A	0,73 a B
Uréia	1,12 ab A	0,27 b B	1,20 c A	1,07 a A
MAP	0,93 b B	0,38 ab C	2,19 a A	0,78 a BC

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si na vertical e médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na horizontal (P>0.05) pelo teste de Tukey.

de nitrogênio utilizada tendo a concentração, em geral, diminuído com o aumento da profundidade. Isto indica que o amônio tendeu a se concentrar em torno da região de aplicação do adubo, concordando com o que foi observado por Rodrigues e Kiehl (1992). A presença de amônio nas camadas subsuperficiais, mesmo que em menores concentrações, comprovou a movimentação dessa forma nitrogenada, estando de acordo com Gonçalves *et al.* (2001) e Oliveira *et al.* (2001). Isto mostra que o amônio pode difundir-se em sentido descendente, contribuindo para reduzir as perdas por volatilização. O maior acúmulo de amônio no solo foi proveniente da aplicação do MAP, seguido pelo sulfato de amônio, uréia e nitrato de cálcio.

O comportamento do nitrato foi semelhante ao do amônio no que diz respeito a maior concentração dessa forma de nitrogênio ter ocorrido na camada superficial, independente da fonte de nitrogênio, e ter diminuído, em geral, com o aumento da profundidade (Tabela 3). A diminuição do nitrato com a profundidade está em desacordo com os resultados obtidos por Oliveira *et al.* (2001), uma vez que os mesmos verificaram um aumento do nitrato com a profundidade.

Mesmo sabendo que as perdas de nitrato por

lixiviação dependem da ocorrência de excedente hídrico, o manejo do nitrogênio pode controlar tais perdas. Segundo Silva *et al.* (1999), essas perdas em solos arenosos são mínimas quando o nitrogênio é aplicado em taxas menores de 200 kg/ha/ano, como é o caso no presente trabalho.

Embora a amônia possa exercer toxicidade nos organismos nitrificadores (KIEHL e COBRA NETO, 1974), não se observou efeito inibitório, visto que houve acúmulo de nitrato no solo, principalmente nas parcelas que receberam o nitrogênio na forma amoniacal. Inclusive, os processos de nitrificação e/ou volatilização contribuíram para que houvesse maior acúmulo de nitrato do que de amônio no solo, como pode ser visto na Tabela 3.

Outro fato que corrobora a hipótese de ter havido nitrificação é a diminuição do valor de pH do solo da camada superficial das parcelas que receberam o nitrogênio amoniacal. O pH do solo, inicialmente 7,3 (Tabela 1), decresceu, de acordo com a fonte de nitrogênio, para 5,3 (sulfato de amônio), 5,7 (uréia) e 5,8 (MAP).

Se o manejo do nitrogênio for orientado no sentido de reduzir o processo de nitrificação, haverá possibilidade de elevar a eficiência no aproveitamento das fontes amoniacais, como sulfato

de amônio. Segundo Silva *et al.* (2005), em algumas situações, principalmente em solos onde há maior infiltração de água, é benéfico um maior teor de NH_4^+ no solo, pois a presença deste prolonga o tempo de disponibilidade de N para as plantas. Em condições favoráveis à nitrificação, a oxidação do nitrito a nitrato é rápida, motivo pelo qual, normalmente o nitrito ocorre nos solos em quantidades traço (HASSETT e BANWART, 1992). Na Tabela 3 pode-se observar que realmente os teores de nitritos acumulados no solo foram muito baixos, apesar de que a presença de amônia, proveniente das fontes amoniacais, associada a valor inicial do pH do solo, 7,3, pudesse ter inibido a oxidação do nitrito a nitrato pelas nitro bactérias.

Em geral, o maior acúmulo de nitrito no solo ocorreu no intervalo de profundidade de 30 – 40 cm, apesar da análise de regressão não ter mostrado significância desse acúmulo ao longo do perfil do solo.

Independente da fonte de nitrogênio usada, as maiores concentrações de N-mineral total foram encontradas na camada superficial do solo corroborando com Silva *et al.* (2005), sendo essas con-

centrações diminuídas com o aumento da profundidade, seguindo, assim também, o mesmo comportamento do amônio e do nitrato (Tabela 3), estando de acordo com Ceretta *et al.* (2002). No entanto, Basso e Cerreta (2000) observaram que os teores de N-mineral do solo foram praticamente uniformes em quase todas as profundidades do solo analisadas, ou seja, até 40 cm de profundidade. O fato das maiores concentrações de N-mineral total estar presentes na camada superficial do solo pode estar relacionado à presença de matéria orgânica, que ocorre nesta camada em maior quantidade e ao fato do nitrogênio nas formas amoniacal e nítrica ter acumulado em maior proporção na mesma camada. Deve-se lembrar que no começo do experimento foram aplicadas $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ de composto orgânico como adubação de fundação. Segundo Maia (1999), a matéria orgânica aumenta a capacidade de troca catiônica do solo contribuindo para uma maior adsorção de NH_4^+ , da mesma forma que aumenta a capacidade de retenção de água diminuindo, assim, a lixiviação do NO_3^- no perfil do solo. A Tabela 4 apresenta os teores de nitrogênio no solo para as diferentes fontes de nitrogênio e parcelamentos e

Tabela 4. Teores de N-mineral total, amônio, nitrato e nitrito determinados no solo, para os diferentes parcelamentos, em relação as diferentes fontes de nitrogênio.

Fontes de N	Distribuição das aplicações (número de vezes)			
	2	3	4	5
N-mineral total (mg kg^{-1})				
Sulfato de amônio	27,65 a A	15,41 b B	13,23 b B	16,17 ab B
Nitrato de cálcio	21,43 b A	13,03 b B	12,16 b B	18,48 a A
Uréia	17,27 c A	15,12 b AB	13,85 b AB	12,80 b B
MAP	16,87 c B	21,86 a A	24,90 a A	15,11 ab B
Amônio (mg kg^{-1})				
Sulfato de amônio	15,64 a A	3,76 bc B	3,17 b B	2,75 c B
Nitrato de cálcio	3,86 c A	4,78 b A	3,87 b A	4,93 ab A
Uréia	7,19 b A	3,29 c B	4,00 b B	3,71 bc B
MAP	3,92 c C	9,20 a A	7,50 a B	5,29 a C
Nitrato (mg kg^{-1})				
Sulfato de amônio	11,32 bc A	10,64 a A	9,15 b A	11,51 a A
Nitrato de cálcio	16,63 a A	6,87 b C	7,44 b C	12,77 a B
Uréia	8,54 c A	10,67 a A	9,62 b A	8,36 b A
MAP	11,92 b B	11,48 a B	16,84 a A	8,29 b C
Nitrito (mg kg^{-1})				
Sulfato de amônio	0,69 b B	1,01 a AB	1,34 a A	1,49 a A
Nitrato de cálcio	0,94 b AB	1,38 a A	0,86 ab B	0,78 b B
Uréia	1,54 a A	1,16 a AB	0,23 c C	0,73 b BC
MAP	1,03 b AB	1,18 a A	0,55 bc B	1,52 a A

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si na vertical e médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si na horizontal pelo teste de Tukey ($P>0.05$).

utilizados.

Em geral, a aplicação parcelada das fontes nitrogenadas no solo, influenciou o acúmulo das diversas formas de nitrogênio. Ao comparar cada fonte nitrogenada, isoladamente, com o número de vezes de aplicação das mesmas (Tabela 4), encontrou-se para o sulfato de amônio uma maior concentração do nitrogênio mineral total quando a aplicação foi feita em duas vezes. Isso quer dizer que para essa fonte, nas condições estudadas, quanto menos parcelada for a aplicação maior será o efeito residual no solo. Para o nitrato de cálcio o parcelamento em duas e cinco vezes foram os que acarretaram os maiores e não significativamente diferentes teores de nitrogênio mineral total. A explicação para esta diferença não significativa entre esses teores é o fato da última aplicação do adubo ter sido feita em período próximo da coleta do solo para análise, encurtando, assim, o tempo para ocorrência de perdas; já para a uréia esse fato não ocorreu, pois o teor de nitrogênio mineral total, quando o adubo foi aplicado em duas vezes, foi superior de forma significativa a aquele quando o adubo foi parcelado em cinco vezes; para o MAP os parcelamentos intermediários concentraram mais o N-mineral total.

O acúmulo de amônio nas parcelas onde foram aplicados o sulfato de amônio e a uréia, em duas vezes, foi muito maior que nas demais parcelas, onde a aplicação do adubo foi mais subdividida. Essa diferença foi significativa, como pode ser observado na Tabela 4. Poder-se-ia supor neste caso, que o poder residual do amônio diminui com o número de aplicações ou então, que o adubo parcelado foi mais bem aproveitado pelas plantas, acumulando menos amônio no solo. Em relação ao nitrato de cálcio, o seu parcelamento não influenciou os teores de amônio acumulado no solo, visto que não houve diferença significativa entre os mesmos. Provavelmente isto ocorreu devido este adubo não apresentar amônio em sua formulação. O MAP apresentou

comportamento diferente das demais fontes nitrogenadas, uma vez que, neste caso, houve maior acúmulo de amônio quando o adubo foi aplicado em três vezes.

Quando analisadas as fontes nitrogenadas em função do número de vezes em que foram aplicadas, em relação aos teores de nitrato acumulado no solo, encontrou-se diferença significativa apenas entre aqueles provenientes do nitrato de cálcio e do MAP, sendo que, para a primeira fonte, os maiores valores de nitrato foram encontrados quando o adubo foi aplicado em duas vezes; já para o MAP o parcelamento em quatro vezes foi o que acarretou em maior concentração de nitrato no solo. O fato da coleta de solo para análise das frações nitrogenadas acumuladas no solo ter sido muito próxima da época da última aplicação dos adubos, talvez possa explicar o aumento do teor de nitrato no solo, proveniente do nitrato de cálcio, quando este foi aplicado em cinco vezes, em relação aos teores correspondentes ao parcelamento em três e quatro vezes.

Como pode ser também observado na Tabela 4, houve diferenças significativas entre as fontes nitrogenadas utilizadas, em relação ao acúmulo de amônio e de nitrato no solo, em todas as modalidades de parcelamento.

Os teores de nitrito no solo foram muito baixos, mesmo assim, foram influenciados pelo parcelamento das fontes nitrogenadas, como pode ser observado na Tabela 4. O maior parcelamento do sulfato de amônio favoreceu o acúmulo de nitrito, ao contrário do que ocorreu com o nitrato de cálcio e uréia.

Embora tenha ocorrido acúmulo de nitrogênio mineral no solo, observa-se que este foi muito pequeno em relação à quantidade inicial total do elemento presente no solo, ou seja, o efeito residual dos adubos nitrogenados foi pequeno (Tabela 5). Contudo, os teores de N encontrados no solo no final do experimento foram maiores do que aqueles encontrados antes do plantio na

Tabela 5. Porcentagem de N-mineral total, e de nitrogênio nas formas de amônio, nitrato e nitrito que permaneceram no solo em relação à quantidade de nitrogênio aplicado ao solo

Fontes de N	N-mineral total	Amônio	Nitrato	Nitrito
	-----%-----			
Sulfato de amônio	4,39	1,53	2,58	0,27
Nitrato de cálcio	3,94	1,06	2,65	0,24
Uréia	3,58	1,10	2,25	0,22
MAP	4,77	1,57	2,94	0,26

profundidade de 030 cm (42,8 mg N_{mineral} total kg⁻¹, Tabela 1). Caso não haja um equilíbrio entre a quantidade de nitrogênio adicionada ao solo e a quantidade perdida anualmente, pode ocorrer uma redução da capacidade do solo em fornecer nitrogênio para as culturas, levando a um declínio progressivo da produtividade do sistema (DALAL & MAYER, 1986, citados por GONÇALVES *et al.*, 2000).

Considerando que o nitrogênio é um dos elementos mais exigidos pelo melão, que exige um determinado intervalo entre um plantio e outro em uma mesma área, e ainda, a dinâmica de transformação do nitrogênio, podendo o mesmo ser perdido, nesse intervalo, por volatilização e/ou lixiviação, as quantidades do elemento acumulado no solo não são suficientes para satisfazer a necessidade das culturas a virem a ser cultivadas na mesma área.

CONCLUSÕES

O maior acúmulo no solo de nitrogênio mineral total, de amônio e de nitrito foi decorrente da aplicação das fontes nitrogenadas MAP e sulfato de amônio.

O maior acúmulo de nitrato no solo foi decorrente da aplicação das fontes nitrogenadas MAP e nitrato de cálcio.

O nitrogênio mineral total, amônio e nitrato tenderam a concentrar-se na camada superficial do solo (0 – 15 cm) enquanto que o nitrito na camada de 30 – 45 cm.

Com exceção do MAP o parcelamento das fontes nitrogenada em duas vezes, favoreceu o acúmulo de nitrogênio mineral total, amônio e nitrato no solo.

A aplicação de uréia provocou maiores perdas de nitrogênio no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARTHOLOMEW, W.V. El nitrogeno y la matéria orgánica de los suelos. In: DROSDOFF, M. *et al.* (eds.) **Suelos de las regiones tropicales húmedas**. Buenos Aires: Marymar, 1975. p.85-107.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.4, p.905-915, 2000.

CERETA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.;

MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.16, n.1, p.163-171, 2002.

COSTA, S.N.da; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T. de; RAMOS, V.B.N. Mobilidade do nitrato em colunas de solo sob condições de escoamento não permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.2, p.190-194, 1999.

COELHO, A.M.; FRANCA, G.E.; BAHIA, A.F.C.; GUEDES, G.A.A. Balanço de nitrogênio (¹⁵N) em um Latossolo Vermelho-escuro, sob vegetação de cerrado cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, n.2, p.187-193, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

GAMBOA, J.; PERES, G. e BLASCO, M. Un modelo para describir los procesos de retención y lixiviación en los suelos. **Turrialba**, San José, Costa Rica, v.21, p.312-316, 1971.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.153-159, 2000.

GONÇALVES, J.L.M.; MENDES, K.C.F.S.; SASAKI, C.M. Mineralização de nitrogênio em ecossistemas florestais naturais e implantados do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.601-616, 2001.

HASSET, J.J.; BANWART, W.L. **Soils and their environment**. New Jersey: Englewood Cliffs, 1992. 424p.

KEENEY, D.R.; NELSON, D.W. Nitrogen-inorganic forms. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. e KEENEY, D.R. (eds.) **Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties**. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p. 687-693. (Agronomy, 9).

- KIEHL, J.C.; COBRA NETO, A. Capacidade de retenção de amônia de alguns solos do município de Piracicaba. **O Solo**, Piracicaba, v.65, p.60-64, 1974.
- LOPES, A.S. **Manual Internacional de fertilidade do solo**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177p.
- MAIA, C.E. **Reserva e disponibilidade de nitrogênio pela adição continuada de adubação orgânica e da mineral na cultura do milho em um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico**. 1999. 55f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- MELGAR, R.J.; SMYTH, T.J.; CRAVO, M.S.; SÁNCHEZ, P.A. Doses e épocas de aplicação de fertilizantes nitrogenados para milho em Latossolo da Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, n.3, p.289-296, 1991.
- MUCHOVEJ, R.M.C.; RECHEIGL, J.E. Impacts of nitrogen fertilization of pastures and turfgrasses on water quality. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (ed.) **Soil processes and water quality**. Lewis Publication, 1994, p. 91-135.
- OLIVEIRA, F.C. Percolação de nitrato em Latossolo Amarelo Distrófico afetada pela aplicação de composto de lixo urbano e adubação mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.731-741, 2001.
- OLIVEIRA, J.R.A.; VILELA, L.; ANGELAYARZA, M. Adsorção de nitrato em solos de cerrado do Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p. 1199-1205, 2000.
- PORT, O.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.7, p. 857-865, 2003.
- RODRIGUES, M.B.; KIEHL, J.C. Distribuição da amônia proveniente da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.3, p.403-408, 1992.
- SILVA, E.C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.3, p.353-362, 2005.
- SILVA, M.S.; COSTA, L.A. de M.; BENINCA-SA, M.; LUCAS JR., J. de. Avaliação das perdas de nitrato em solo irrigado e submetido à diferentes intensidades de radiação solar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.82-88, 1999.
- SOMMER, S.G.; HUTCHINGS, N.J. Ammonia emission from field applied manure and its reduction: invited paper. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.15, n.1, p.1-15, 2001.
- Van RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991, 343p.