

Estratégias de amostragem para determinação do nitrato residual no solo após o cultivo do tomateiro adubado em sulcos

Charles de Araújo¹, Paulo Cezar Rezende Fontes², José Hortêncio Mota^{3*}, Carlos Sigueyuki Sedyama² e Maurício Bernardes Coelho²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus São Vicente, Santo Antônio de Leverger, Mato Grosso, Brasil. ²Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ³Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, Rod BR364, 75800-000, Jataí, Goiás, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: hortenciomota@terra.com.br

RESUMO. O efeito de diferentes critérios para o manejo da adubação nitrogenada e do posicionamento de amostragem para a quantificação do N-NO₃ residual no solo foi determinado após o cultivo do tomateiro adubado por sulcos. Dois experimentos foram conduzidos, no campo sem proteção, com aplicação de adubo sólido e irrigação por sulcos. Em cada experimento, os tratamentos foram arranjados em parcela subdividida, com dez critérios para o manejo da adubação nitrogenada na parcela e posições de amostragem do solo na subparcela. Esses foram arranjados no delineamento experimental de blocos ao acaso. Foi determinado o teor de N-NO₃ no solo de amostras retiradas no final do ciclo de cada experimento, em diferentes posições. Em todos os experimentos o teor de N-NO₃ residual no solo foi proporcional à quantidade de N aplicada nos diferentes critérios. Em condições de campo sem proteção e fertilizante nitrogenado aplicado em sulco, a melhor estratégia de amostragem do solo para a determinação do teor de N-NO₃ residual foi obtida pela utilização de amostra composta tomada em posições sobre o sulco e entre o sulco e as plantas.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, amostragem do solo, adubação por sulcos.

ABSTRACT. Sampling strategies for determining residual nitrate soil levels after growing tomatoes in fertilized furrows. Management of nitrogen fertilizer programs and sampling strategies to determine the levels of N-NO₃ in the soil after growing tomatoes in fertilized furrows were studied. Two groups were studied, one without protection and another grown in an irrigated furrow in which a solid nitrogen fertilizer had been applied. In each plot, 10 treatments or criteria were evaluated. In each experiment, the treatments were arranged in a split-plot design, with 10 different nitrogen fertilizer conditions as the main treatment and soil sampling positions in a split-plot treatment. The sampling positions were arranged in a randomized complete block design. Soil N-NO₃ levels were determined at the end of each sampling cycle. In all groups, residual soil N-NO₃ levels were proportional to the amount of N applied. In fields without protection and nitrogen fertilizer applied to the furrow, the best strategy of soil sampling to determine the residual N-NO₃ level was to use samples obtained from between the furrow and plants.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, soil sampling, furrow fertilization.

Introdução

Para obtenção de alta produtividade e máximo retorno econômico, o tomateiro requer prática intensiva de manejo de nutrientes. Em muitos casos, o nitrogênio (N) é o nutriente que mais limita o crescimento do tomateiro, sendo necessário tanto para formação da área foliar quanto para a produção de frutos. Normalmente, a adubação nitrogenada é realizada pela utilização de doses fixas, sem levar em consideração a quantidade de N existente no solo. Esse fato, aliado ao custo relativamente baixo do fertilizante nitrogenado quando comparado a outros insumos levam, quase sempre, à aplicação de

quantidade elevada de N na cultura do tomateiro (ARAÚJO et al., 2007).

Muitas pesquisas têm sido focadas no desenvolvimento de práticas de manejo que permitam a utilização mais eficiente do fertilizante nitrogenado. Dentre estas práticas, a determinação do teor de N mineral (N-NH₄ e N-NO₃) ou de N-NO₃ no solo pode fornecer informações para tornar o manejo do N mais preciso em vários sistemas agrícolas. A quantidade de N presente no momento da amostragem do solo é diretamente relacionada à capacidade de fornecimento de N pelo solo (OSTERHAUS et al., 2008). Na maioria das vezes, apenas a determinação do teor de N-NO₃ é

suficiente pela quantidade de N-NH₄ ser baixa em condições favoráveis de pH no solo (MEYER; MARCUM, 1998). Além disso, as repostas apresentadas pela correlação entre a produção total e o teor de N-NO₃ ou de N mineral (N-NO₃ + N-NH₄) são similares, não justificando, na maioria das vezes, a determinação de N-NH₄ no solo (BINFORD et al., 1992).

Em diversos países, a recomendação da adubação nitrogenada se baseia na relação linear entre o teor de N mineral ou N-NO₃ no solo e doses ótimas (N_{op}) do fertilizante nitrogenado (NEETESON et al., 2003). Nesses casos, a adubação nitrogenada é calculada como a diferença entre a quantidade de N_{op} e o N fornecido pelo solo. Esses critérios têm sido utilizados para várias culturas (BÉLANGER et al., 2001; CUI et al., 2008; GOMES et al., 2007; LUZ et al., 2008; NEETESON et al., 1999; PLATT; ARSENAULT, 2001; REITER et al., 2008; SADRAS, BALDOCK, 2003; SAINJU et al., 2002; SAINZ ROZAS et al., 2000; SCHRÖDER et al., 1998; VALLEJO et al., 2005).

Recomendações precisas do fertilizante nitrogenado, utilizando o teor de N mineral ou N-NO₃ no solo, dependem da obtenção de amostras representativas do solo (ARAÚJO et al., 2007), pois o comportamento do N no solo pode ser influenciado por diferentes formas de aplicação do fertilizante nitrogenado. A aplicação via água de irrigação (fertirrigação), especialmente quando aplicada de forma localizada em irrigação por gotejo, promove maior eficiência da fertilização nitrogenada. Porém, esta prática pode, em algumas situações, favorecer a lixiviação e reduzir a concentração do N-NO₃ próximo ao tubo gotejador, especialmente quando a quantidade de água aplicada for excessiva (COLLA et al., 1999). Além disso, o fertilizante nitrogenado aplicado tende a acumular na extremidade da área formada pela infiltração de água no solo (bulbo molhado) e dependendo do local de amostragem, pode haver variação no teor de N-NO₃ no solo com irrigação por gotejo.

No sistema tradicional de irrigação por sulcos, no qual a quantidade de água aplicada é elevada, o fertilizante nitrogenado é aplicado em faixas para que ocorra maior quantidade de N recuperado (ZEBARTH et al., 1999). Nesse caso, dependendo da estratégia utilizada para a retirada das amostras do solo, a recomendação da quantidade de fertilizante nitrogenado também pode conter erros.

Assim, na amostragem para a determinação do N mineral deve ser levado em consideração a possível desuniformidade de distribuição de N no solo (EVERAARTS; PUTTER, 2003). Clay et al. (1999)

concluíram que a melhor estratégia para amostragem de áreas adubadas em faixa seria a retirada de amostras na posição central localizada entre a linha de plantio e a faixa do fertilizante, que poderiam reduzir em até 50% o número de amostras necessárias quando comparada com amostras retiradas ao acaso. Entretanto, dependendo da quantidade de N aplicada isso pode não ser adequado e outro procedimento de amostragem é necessário.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi determinar o posicionamento de amostragem para a quantificação do N-NO₃ residual no solo após o cultivo do tomateiro adubado por sulcos.

Material e métodos

Foram conduzidos dois experimentos em campo (A e B), em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições cada. Em cada experimento, os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas. Nas parcelas foram estudados dez tratamentos ou critérios para o manejo da adubação nitrogenada do tomateiro. Nas subparcelas foram estudadas as diferentes posições de amostragem do solo.

O experimento A foi conduzido no período de janeiro a maio de 2002 (verão-outono20/02) e o experimento B no período de setembro de 2002 a janeiro de 2003 (primavera20/02-verão20/03).

Na parcela, os tratamentos foram baseados nos seguintes critérios: 1) dose de 50 kg ha⁻¹ de N aplicada no momento do transplante e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, utilizando-se o critério do nível crítico do índice SPAD para definir a necessidade de N (SPAD-1); 2) igual ao anterior utilizando-se o valor crítico do índice SPAD aumentado em 20% (SPAD-2); igual ao tratamento 1, porém com o valor crítico do índice SPAD diminuído em 10% (SPAD-3); o índice SPAD foi obtido pela utilização do medidor portátil de clorofila SPAD-502; 4) definido com base na produtividade esperada de frutos e contribuições do solo e do fertilizante (PESF); 5) definido com base na quantidade esperada de N no fruto e contribuição do solo (QECS); 6) definido com base na quantidade esperada de N no fruto (QENF); 7) doses de 50 e 105 kg ha⁻¹ de N no momento do transplante nos experimentos A e B, respectivamente e o restante aplicado em cobertura, quando necessário, em razão de observações visuais da aparência da planta (OVAP); 8) dose recomendada experimentalmente de 500 e 525 kg ha⁻¹ de N, nos experimentos A e B, respectivamente, aplicadas parceladamente em cobertura a cada 14 dias

(DRCO); 9) mesmas doses utilizadas no tratamento anterior, mas aplicadas totalmente no momento do transplante (DRTR); 10) não aplicação de fertilizante nitrogenado (TEST). As quantidades totais de N aplicadas em cada experimento encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de N aplicada (kg ha^{-1}) em função dos critérios estudados para o manejo do fertilizante nitrogenado na cultura do tomateiro, nos experimentos A e B.

Critério	Experimento A	Experimento B
1 – SPAD-1	501,4	50,0
2 – SPAD-2	1953,7	727,4
3 – SPAD-3	131,6	50,0
4 – PESF	505,0	1423,5
5 – QECS	1196,2	333,1
6 – QENF	1656,2	412,3
7 – OVAP	250,0	273,0
8 – DRCO	500,0	525,0
9 – DRTR	500,0	525,0
10 – TEST	0,0	0,0

Nos experimentos no campo, A e B, a aplicação das doses de N em cobertura foi realizada em sulcos abertos alternadamente às linhas de transplante, distanciados 30 cm destas, e posteriormente cobertos com solo. No experimento A foi utilizado o sulfato de amônio em todas as aplicações. No experimento B, todas as aplicações no sulco de transplante ou em cobertura foram na forma de sulfato de amônio, exceto aos 42 e 56 DAT, que foi utilizado o nitrato de cálcio.

Na subparcela, nos experimentos A e B, foram utilizados cinco locais de amostragem do solo, distanciados das plantas em 10 cm (P1) e 30 cm (P2) na linha e em 10 cm (P3) e 30 cm à esquerda (P4) e em 10 cm à direita (P5) entre linha de transplante (Figura 1).

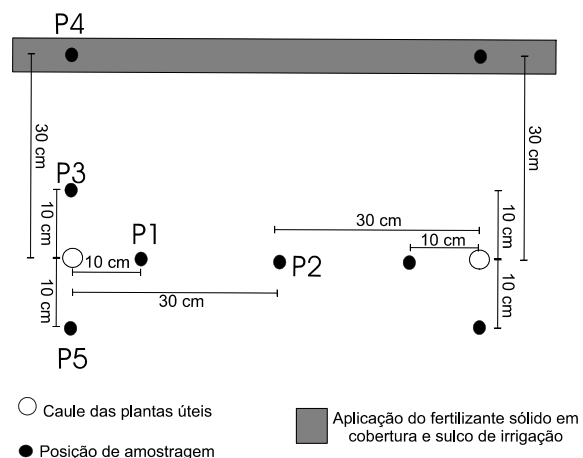


Figura 1. Locais de retiradas das amostras de solo (P1, P2, P3, P4 e P5) nos experimentos A e B (experimentos no campo e irrigação em sulco, com mangueira).

Todas as amostras de solo foram secadas ao ar e passadas em peneira de malha de 2 mm. Posteriormente, foram acondicionadas em sacos

plásticos, identificadas e armazenadas em refrigerador a 5°C, visando paralisar atividades microbiológicas sobre as formas de N, até a determinação do teor de N-NO_3 .

Em laboratório, foram tomadas subamostras de 5 cm^3 de solo, nas quais foi feita a extração de N-NO_3 , em copos plásticos descartáveis, utilizando $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ como extrator, na relação solo:extrator de 1:10. Após agitação em agitador horizontal, por 15 min., o extrato foi obtido por filtração, utilizando-se papel de filtração lenta. O N-NO_3 , presente no extrato, foi determinado utilizando-se a metodologia simplificada, baseada no método do salicilato, proposta por Yang et al. (1998).

Subamostras foram misturadas e homogeneizadas para constituir uma amostra composta em que foi determinado o pH em água, relação 1:2,5; teor de fósforo (P), potássio (K), cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn) extraídos pelo Mehlich 1; cálcio (Ca) e magnésio (Mg) extraídos por $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ (DEFELIPO; RIBEIRO, 1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância. Para o teor de N-NO_3 no solo, as médias dos tratamentos da parcela e da subparcela foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Também, foi realizada a análise de correlação linear de Pearson entre os valores de pH e dos teores de N-NO_3 nas diferentes posições de amostragem, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn com as doses de N aplicadas nos diferentes tratamentos estudados. Os coeficientes de correlação foram testados a 1 (**), 5 (*) e 10% (°) de significância, pelo teste t.

Resultados e discussão

Experimento no período de verão-outono20/02 (A)

No experimento A, houve diferenças significativas entre os critérios estudados em todas as posições de amostragem (Tabela 2). Nos critérios SPAD-2, PESF, QECS, QENF e DRCO, que resultaram na aplicação de doses de N acima de $500,0 \text{ kg ha}^{-1}$, o teor de N-NO_3 da amostra de solo retirada na posição P4, distanciada das plantas em 30 cm à esquerda entre linha de transplante, no local onde o fertilizante nitrogenado foi aplicado, foi significativamente diferente das demais posições de amostragem. Além disso, para a maioria dos critérios, as amostras retiradas nessa posição apresentaram os maiores teores de N-NO_3 . Por outro lado, menores teores de N-NO_3 , independentemente da posição de amostragem, foram obtidos quando não houve aplicação de N (TEST), quando a dose de N recomendada foi aplicada toda no momento do transplante (DRTR) e quando houve aplicação de pequena quantidade de N no momento do transplante e aos 28 DAT (SPAD-3).

Tabela 2. Teor de N-NO₃ (mg dm⁻³) das amostras de solo em diferentes posições (P1, P2, P3, P4 e P5), em função dos critérios estudados, no experimento A.

Critério	Dose de N (kg ha ⁻¹)	Posição de amostragem ¹				
		P1	P2	P3	P4 ²	P5
1 – SPAD-1	501,4	106,9 cA	138,0 cA	234,1 bcA	381,6 eA	50,5 cdA
2 – SPAD-2	1953,7	456,1 aAB	255,5 aB	651,6 aAB	718,4 dA	241,8 aB
3 – SPAD-3	131,6	55,7 cA	36,3 dA	17,3 cA	35,8 hA	20,4 dA
4 – PESF	505,0	75,2 cB	57,0 dB	89,5 bcB	1202,4 cA	27,8 dB
5 – QECS	1196,2	276,5 bB	182,2 bcB	373,0 abB	2638,4 aA	185,5 aB
6 – QENF	1656,2	259,5 bB	197,7 abB	444,1 abB	2253,0 bA	160,7 abB
7 – OVAP	250,0	59,7 cA	47,6 dA	36,1 cA	248,2 gA	104,8 bcA
8 – DRCO	500,0	90,3 cB	52,6 dB	110,3 bcB	594,1 eA	101,1 cB
9 – DRTR	500,0	91,5 cA	61,9 dA	34,9 cA	33,9 hA	58,8 cdA
10 – TEST	0,0	36,8 cA	21,3 dA	18,9 cA	25,9 hA	24,8 dA
C.V. (%)		55,9	81,9	76,5	44,3	92,9

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula não diferem significativamente entre si na linha e na coluna, respectivamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

²Local onde foi aplicado o fertilizante em cobertura.

O teor de N-NO₃ de todas as posições de amostragem apresentou correlações significativas com as doses de N aplicadas nos diferentes critérios (Tabela 3), sendo maiores coeficientes obtidos para as amostras de solo retiradas na posição P1, distanciadas em 10 cm na linha, P2, em 30 cm na linha, e P4, em 30 cm à esquerda entre linha de transplante, no local onde foi aplicado o fertilizante nitrogenado.

Tabela 3. Coeficiente de correlação linear simples (r) entre o teor de N-NO₃ determinado em amostras de solo retiradas nas posições P1, P2, P3, P4 e P5, valores de pH e teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn das amostras de solo com as doses de N aplicadas nos diversos tratamentos, no experimento A.

Característica avaliada	Coefficiente de correlação linear (r) ¹
N-NO ₃ na posição P1	0,96**
N-NO ₃ na posição P2	0,95**
N-NO ₃ na posição P3	0,65*
N-NO ₃ na posição P4	0,96**
N-NO ₃ na posição P5	0,89**
pH	0,53
P	-0,55°
K	-0,36
Ca	0,20
Mg	0,36
Cu	-0,28
Fe	0,31
Zn	-0,12
Mn	0,66*

¹** , * e ° = significativos a 1, 5 e 10% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Experimento no período de primavera20/02-verão20/03 (B)

No experimento B, houve diferenças significativas entre os critérios estudados em todas as posições de amostragem (Tabela 4). Somente nas duas maiores doses de N aplicadas, 727,4 e 1.423,5 kg ha⁻¹, o teor de N-NO₃ da amostra de solo retirada na posição P4, distanciada das plantas em 30 cm à esquerda entre linha de transplante, no local onde o fertilizante nitrogenado foi aplicado, foi diferente das demais posições de amostragem.

Os menores teores de N-NO₃ das amostras de solo retiradas fora da linha de transplante (P3 e P4) foram observados quando não foi aplicado N (TEST) e quando foi aplicado somente no momento do transplante, em doses de 50,0 (SPAD-1 e SPAD-2) e 525,0 kg ha⁻¹ de N (DRTR). Em todos os critérios estudados e posições de amostragem, o teor de N-NO₃ foi menor do que no experimento A.

No experimento B, maior correlação com as doses de N aplicadas nos diferentes critérios foi obtida para o teor de N-NO₃ da amostra de solo retirada na posição P3, distanciadas em 30 cm à esquerda entre linha de transplante, no local onde foi aplicado o fertilizante nitrogenado (Tabela 5). Correlação negativa e significativa com as doses de N aplicadas nos diferentes critérios foi observada para os teores de Ca e Mg.

Tabela 4. Teor de N-NO₃ (mg dm⁻³) das amostras de solo em diferentes posições (P1, P2, P3, P4 e P5) e coeficientes de correlação linear com as doses de N aplicadas nos diferentes critérios estudados, no experimento B.

Critério	Dose de N (kg ha ⁻¹)	Posição de amostragem ¹				
		P1	P2	P3	P4 ²	P5
1 – SPAD-1	50,0	48,8 bcA	12,8 dA	32,7 dA	38,2 eA	52,7 abcA
2 – SPAD-2	727,4	49,1 bcB	29,0 bcdB	99,3 bAB	218,5 bA	66,7 abB
3 – SPAD-3	50,0	40,3 bcA	15,8 dA	43,8 cdA	37,6 eA	45,3 Ca
4 – PESF	1423,5	87,5 aBC	47,7 aC	170,3 aB	359,0 aA	67,9 abBC
5 – QECS	333,1	52,1 bA	16,3 dA	59,1 cA	77,0 dA	63,2 abcA
6 – QENF	412,3	54,7 bA	22,4 dA	51,3 cA	88,2 cdA	62,4 abcA
7 – OVAP	273,0	46,1 bcA	24,0 cdA	41,6 cdA	30,7 eA	56,0 abcA
8 – DRCO	525,0	57,3 bA	43,4 abA	95,5 bA	100,1 cA	69,4 aA
9 – DRTR	525,0	40,6 bcA	41,2 abcA	52,1 cA	23,3 eA	52,3 abcA
10 – TEST	0,0	33,8 cA	20,6 dA	43,9 cdA	35,3 eA	50,5 bcA
C.V. (%)		33,1	51,7	66,7	103,0	26,5

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula não diferem significativamente entre si na linha e na coluna, respectivamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

²Local onde foi aplicado o fertilizante em cobertura.

Tabela 5. Coeficiente de correlação linear simples (r) entre o teor de $N-NO_3$ determinado em amostras de solo retiradas nas posições P1, P2, P3, P4 e P5, valores de pH e teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn e Mn das amostras de solo com as doses de N aplicadas nos diversos tratamentos, no experimento B.

Característica avaliada	Coeficiente de correlação linear (r) ¹
N- NO_3 , na posição P1	0,86**
N- NO_3 , na posição P2	0,80**
N- NO_3 , na posição P3	0,91**
N- NO_3 , na posição P4	0,94**
N- NO_3 , na posição P5	0,72*
pH	-0,64
P	0,42
K	-0,30
Ca	-0,80**
Mg	-0,77**
Cu	-0,26
Fe	0,06
Zn	-0,21
Mn	0,36

¹** e * = significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Nos experimentos A e B, o maior teor de $N-NO_3$ no solo nos critérios que receberam fertilizante nitrogenado em cobertura foi obtido na amostra distanciada das plantas em 30 cm à esquerda (P4), no local onde o fertilizante nitrogenado foi aplicado (Tabelas 2 e 4). Além disso, o teor de $N-NO_3$ da amostra de solo retirada nessa posição apresentou o maior coeficiente de correlação com as doses de N (Tabelas 3 e 5). Correlações positivas e significativas entre doses de N com o teor de $N-NO_3$ nas demais posições de amostragem (P1, P2, P3 e P5) indicam que houve movimento horizontal do $N-NO_3$, conforme também observado por Clay et al. (1999). Dessa forma, mesmo considerando o elevado volume de chuvas no período de cultivo dos dois experimentos, 849,8 e 965,5 mm, respectivamente, o movimento vertical do $N-NO_3$ para camadas mais profundas do solo foi menor quando o N foi aplicado parceladamente em cobertura. Esses resultados reforçam a provável ocorrência de alta capacidade de troca aniônica e de adsorção de $N-NO_3$ no solo da área de cultivo, conforme também enfatizado para os experimentos em ambiente protegido.

Considerando as maiores doses de N aplicadas, houve menor teor de $N-NO_3$ no experimento B (Tabela 3). Isso é porque em parte a maior quantidade de N absorvido pelas plantas que apresentaram maior produção de frutos em todos os critérios estudados e maior perda de N do sistema solo-planta causada pela alta e frequente incidência de chuva (EVERAARTS; PUTTER, 2003) a partir dos 70 DAT, durante o período de colheita de frutos.

O aumento na dose de N nos critérios SPAD-2, PESF, QECS e QENF proporcionou o maior teor de $N-NO_3$ no solo e a possibilidade do mesmo ser perdido via lixiviação. No experimento A, esses critérios proporcionaram os maiores teores de $N-NO_3$ no solo de amostras retiradas sobre o sulco de

aplicação do fertilizante nitrogenado em cobertura (P4), que foram significativamente diferentes das demais posições de amostragem (P1, P2, P3 e P5). Entretanto, se a amostragem do solo fosse realizada somente sobre o sulco de aplicação do fertilizante, o teor de $N-NO_3$ seria superestimado, pois foram obtidos valores 476, 441 e 272% maiores do que as doses de N aplicadas nos critérios PESF, QECS e QENF, respectivamente. Para Clay et al. (1999), esse problema pode ser solucionado e o teor de $N-NO_3$ precisamente determinado, se amostras simples forem coletadas sobre o sulco e entre sulcos de aplicação do fertilizante nitrogenado para preparo de amostras compostas a serem analisadas.

Os resultados obtidos nos experimentos A e B indicam que se o fertilizante nitrogenado for aplicado em sulco, maior teor de $N-NO_3$ será no sulco (posição P4). Isso possibilita que uma segunda cultura possa ser cultivada sobre esses sulcos para utilizar o $N-NO_3$, prevenindo que o mesmo possa ser perdido (EVERAARTS; PUTTER, 2003) e gastos desnecessários com fertilizante nitrogenado ocorram.

Pelos resultados obtidos nos experimentos A e B, a melhor estratégia de amostragem do solo para a determinação do teor de $N-NO_3$ em que o fertilizante nitrogenado foi aplicado em cobertura no sulco lateral à linha de transplante com irrigação em sulcos via mangueira é a de coletar amostras sobre o sulco e em distâncias equidistantes entre o sulco e as plantas. Nas mesmas condições de irrigação, se o fertilizante nitrogenado for aplicado integralmente na linha de transplante, a amostragem do teor de $N-NO_3$ no solo pode ser mais precisa quando as amostras de solo forem coletadas entre plantas na linha de transplante ou a 10 cm lateralmente a linha de transplante.

Conclusão

O teor de $N-NO_3$ residual no solo foi proporcional à quantidade de N aplicada nos diferentes critérios.

Em condições de campo sem proteção e fertilizante nitrogenado aplicado em sulco, a melhor estratégia de amostragem do solo para a determinação do teor de $N-NO_3$ residual foi obtida pela utilização de amostra composta obtida de amostras simples tomadas em posições sobre o sulco e entre o sulco e as plantas.

Referências

ARAÚJO, C.; FONTES, P. C. R.; SEDIYAMA, C. S.; COELHO, M. B. Critérios para a determinação da dose de nitrogênio a ser aplicada no tomateiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 327-332, 2007.

- BÉLANGER, G.; WALSH, J. R.; RICHARDS, J. E.; MILBURN, P. H.; ZIADI, N. Predicting nitrogen fertilizer requirements of potatoes in Atlantic Canada with soil nitrate determinations. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 81, n. 5, p. 535-544, 2001.
- BINFORD, G. D.; BLACKMER, A. M.; CERRATO, M. E. Relationships between corn yields and soil nitrate in late spring. **Agronomy Journal**, v. 84, n. 1, p. 53-59, 1992.
- CLAY, S. A.; LEMS, G. J.; FORCELLA, F.; ELLSBURY, M. M.; CARLSON, C. G. Sampling weed spatial variability on a fieldwide scale. **Weed Science**, v. 47, n. 5, p. 674-681, 1999.
- COLLA, G.; COLLA, G.; CASA, R.; LOCASCIO, B.; SACCARDO, F.; TEMPERINI, O.; LEONI, C. Responses of processing tomato to water regime and fertilization in Central Italy. **Acta Horticulturae**, n. 487, p. 531-535, 1999.
- CUI, Z.; ZHANG, F.; MIAO, Y.; SUN, Q.; LI, F.; CHEN, X.; LI, J.; YE, Y.; YANG, Z.; ZHANG, Q.; LIU, C. Soil nitrate-N levels required for high yield maize production in the North China Plain. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 82, n. 2, p. 187-196, 2008.
- DEFELIPO, B. V.; RIBEIRO, A. C. **Análise química do solo**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997.
- EVERAARTS, A. P.; PUTTER, H. Hollow stem in cauliflower. **Acta Horticulturae**, n. 607, p. 187-190, 2003.
- GOMES, R. F.; SILVA, A. G.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agrônômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 5, p. 931-938, 2007.
- LUZ, P. H. C.; HERLING, V.; BRAGA, G.; NOGUEIRA FILHO, J.; FARIA, L.; LIMA, C. Resposta da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) à irrigação por aspersão e adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 421-426, 2008.
- MEYER, R. D.; MARCUM, D. B. Potato yield, petiole nitrogen, and soil nitrogen response to water and nitrogen. **Agronomy Journal**, v. 90, n. 3, p. 420-429, 1998.
- NEETESON, J. J.; BOOIJ, R.; WHITMORE, A. P. A review on sustainable nitrogen management in intensive vegetable production systems. **Acta Horticulturae**, n. 506, p. 17-26, 1999.
- NEETESON, J. J.; LANGEVELD, J. W. A.; SMIT, A. L.; HAAN, J. J. Nutrient balances in field vegetable production systems. **Acta Horticulturae**, n. 627, p. 13-23, 2003.
- OSTERHAUS, J. T.; BUNDY, L. G.; ANDRASKI, T. W. Evaluation of the Illinois soil nitrogen test for predicting corn nitrogen needs. **Soil Science Society of America Journal**, v. 72, n. 1, p. 143-150, 2008.
- PLATT, H. W.; ARSENAULT, W. J. Management of nitrogen and phosphorus rates does not suppress verticillium wilt in yukon gold. **American Journal of Potato Research**, v. 78, n. 3, p. 215-219, 2001.
- REITER, M. S.; REEVES, D. W.; BURMESTER, C. H.; TORBERT, H. A. Cotton nitrogen management in a high-residue conservation system: cover crop fertilization. **Soil Science Society of American Journal**, v. 72, n. 5, p. 1321-1329, 2008.
- SADRAS, V. O.; BALDOCK, J. A. Influence of size of rainfall events on water-driven processes. II. Soil nitrogen mineralisation in a semi-arid environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 54, n. 4, p. 353-361, 2003.
- SAINJU, U. M.; SINGH, B. P.; YAFFA, S. Soil organic matter and tomato yield following tillage, cover cropping, and nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, v. 94, n. 3, p. 594-602, 2002.
- SAINZ ROZAS, H.; ECHEVERRÍA, H. E.; STUDDERT, G. A.; DOMÍNGUES, G. Evaluation of the presidress soil nitrogen test for no-tillage maize fertilized at planting. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 6, p. 1176-1183, 2000.
- SCHRÖDER, J. J.; NEETESON, J. J.; WITHAGEN, J. C. M.; NOIJ, I. G. A. M. Effects of N application on agronomic and environmental parameters in silage maize production on sandy soils. **Field Crops Research**, v. 58, n. 1, p. 55-67, 1998.
- VALLEJO, A.; GARCÍA-TORRES, L.; DÍEZ, J. A.; ARCE, A.; LÓPEZ-FERNÁNDEZ, S. Comparison of N losses (NO_3^- , N_2O , NO) from surface applied, injected or amended (DCD) pig slurry of an irrigated soil in a Mediterranean climate. **Plant and Soil**, v. 272, n. 1-2, p. 313-325, 2005.
- YANG, J. E.; SKOGLEY, E. O.; SCHAFF, B. E.; KIM, J. J. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extracts. **Soil Science Society of American Journal**, v. 62, n. 4, p. 1108-1115, 1998.
- ZEBARTH, B. J.; YOUNIE, M. F.; PAUL, J. W.; HALL, J. W.; TELFORD, G. A. Fertilizer banding influence on spatial and temporal distribution of soil inorganic nitrogen in a corn field. **Soil Science Society of American Journal**, v. 63, n. 6, p. 1924-1933, 1999.

Received on July 3, 2008.

Accepted on October 13, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.