

Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes

Yield and nitrogen in soil and solution in an apple orchard subjected to application of nutrient sources

Bruno Salvador Oliveira^I Vítor Gabriel Ambrosini^I Paulo Emilio Lovato^I
Jucinei José Comin^I Carlos Alberto Ceretta^{II} Elano dos Santos Junior^{III}
Matheus Ademir dos Santos^{III} Cleiton Júnior Ribeiro Lazzari^{III} Gustavo Brunetto^{II*}

RESUMO

A aplicação de fontes de nitrogênio (N) em pomar de macieira pode incrementar o teor do nutriente no solo ao longo do ciclo, afetar o estado nutricional e a produção, mas parte do N pode ser perdido por lixiviação. O trabalho objetivou avaliar o teor de N total em folhas, a produção e o fluxo de N no solo e na solução, em um pomar de macieira com a aplicação de distintas fontes de N, em um experimento em Urubici (SC). Plantas foram selecionadas, receberam a aplicação de ureia (U), ureia peletizada (UP) e cama sobreposta de suínos (CS); além de um tratamento sem adubação (SA). Nas safras 2011/2012 e 2012/2013 foram analisados teores de N em folhas completas e mensurados o crescimento das plantas e a produção de frutos. Foram coletadas amostras de solo e de solução, e analisados os teores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ ao longo da segunda safra. Aplicações de U, UP e CS aumentaram o rendimento da macieira no segundo ano, mas o teor de N em folhas não foi afetado nas duas safras. A aplicação de N afetou o fluxo de formas do nutriente no solo e na solução ao longo do ciclo da cultura, com pequenos incrementos nos teores do solo e da solução em períodos próximos à aplicação das diferentes fontes de N.

Palavras-chave: adubação, nitrogênio mineral no solo, *Malus domestica*.

ABSTRACT

The application of nitrogen (N), from different sources, in apple orchard can increase soil N content, affecting the plant's nutritional status and yield, but part of the N can be lost by leaching. With the aim of assessing plant nutritional status and yield, and N flow in the soil and solution an experiment was carried out in an apple orchard in Southern Brazil, applying different N source. Selected plants received the following treatments: application of urea, pelletized urea or pig deep litter, besides a control without fertilization. In the 2011/2012 and 2012/2013

crop seasons, N contents in whole leaves were analyzed and plant growth and fruit yield parameters were measured. Soil and soil solution samples were collected and the NH_4^+-N and NO_3^-N contents were analyzed during the second crop season. Application of pig deep litter, urea and pelletized urea increased apple yield in the second crop season, with no differences among treatments in leaf total N content at any time period. The application of N to the soil affected the flow of nutrient forms in the soil and in the solution throughout the apple crop cycle, with small increases in soil and in solution contents in periods near the application of the different N sources to the soil.

Key words: fertilization, mineral nitrogen, *Malus domestica*.

INTRODUÇÃO

Santa Catarina (SC) possui a maior área cultivada com macieira (*Malus domestica*) do Brasil, com mais de 20 mil hectares. No estado, a produção concentra-se nas regiões do Alto Vale do Rio do Peixe e também no Planalto Serrano. Os solos, em geral, têm textura argilosa, com alto ou médio teor de matéria orgânica (MO), o que sugere boa disponibilidade de N e, por consequência, teores normais (20 a 25g kg⁻¹) de N total nas folhas das macieiras, que, a partir do quarto ano de idade, pode ser usado com a produtividade e crescimento de ramos do ano, no estabelecimento da necessidade e dose do nutriente (CQFS-RS/SC, 2004). Porém, como a mineralização da MO pode ser lenta em razão da baixa temperatura do solo ao longo da maioria dos meses (DAVIDSON

^IPrograma de Pós-graduação em Agroecossistemas (PGA), Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil.

^{II}Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo (PPGCS), Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: brunetto.gustavo@gmail.com. *Autor para correspondência.

^{III}Curso de Agronomia, UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

& JANSSENS, 2006), e como as raízes das macieiras podem explorar um pequeno volume de solo porque parte deles são pouco profundos, provavelmente, torna-se necessária a aplicação de fontes de N para suprir a demanda do nutriente pela macieira.

A aplicação de N, especialmente, na forma de ureia, em pomares de macieira na região Sul do Brasil nem sempre incrementa o teor de N no interior da planta, o que pode ser diagnosticado pelo teor do nutriente na folha e pela produção de frutos (NAVA et al., 2007; SOUZA et al., 2013). Isso pode ser explicado não só, mas em parte, pela pequena quantidade de N derivada da ureia aproveitada pela macieira (TAGLIAVINI et al., 2007), possivelmente porque a ureia normalmente tem sido aplicada na superfície do solo da projeção da copa das plantas e sem incorporação (CQFS-RS/SC, 2004). Assim, parte do N, especialmente via ureia, pode ser volatilizada na forma de $N-NH_3$, mas também lixiviada na forma de $N-NO_3^-$. Isso pode acontecer porque o $N-NO_3^-$, por formar complexo de esfera-externa com os grupos funcionais de superfície de partículas reativas do solo, permanece na solução do solo (EARTH et al., 2007). Entretanto, a quantidade de N lixiviada é dependente, especialmente, da quantidade do N aplicado, do teor no solo, do tipo de solo e do volume de precipitação (LORENSINI et al., 2012).

Como estratégia para minimizar a transferência de $N-NO_3^-$, via lixiviação no solo, e aumentar a sua quantidade aproveitada pelas plantas, têm sido utilizados resíduos orgânicos com liberação mais lenta de N, como composto orgânico e fertilizantes nitrogenados minerais revestidos, como a ureia peletizada (LORENSINI et al., 2012). A cama sobreposta de suínos é derivada de baias onde as fezes e a urina dos animais são depositadas sobre maravalha. A ureia peletizada é protegida com polímeros que criam uma barreira física ao redor do grânulo do fertilizante, a fim de diminuir a velocidade de liberação do N (MORGAN et al., 2009). A possibilidade de liberação mais lenta de N pode fazer com que maior quantidade do nutriente seja absorvida pela planta e isso pode se refletir positivamente no teor de N em folhas, aumentando o conteúdo de clorofila, que pode se refletir em aumento da taxa fotossintética (LI et al., 2013) e até na produção de frutos (NAVA et al., 2007; MILIC' et al., 2012). O trabalho objetivou avaliar o teor de N total em folhas, a produção e o fluxo de N no solo e na solução, em pomar de macieira com a aplicação de distintas fontes de N.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um pomar comercial de macieira, implantado em 2008, localizado no município de Urubici (SC), região do Planalto Serrano (Longitude 49°35'30"W, Latitude 28°0'5"S, altitude de 1000m). De acordo com a classificação de Köppen, o clima é Cfb. O solo do pomar foi classificado como Cambissolo Húmico e, antes da implantação do experimento apresentava, na camada de 0-20cm, as seguintes características: argila 400g kg⁻¹; matéria orgânica 46g kg⁻¹; pH em água (1:1) 5,8; Al trocável 0,0cmol_c dm⁻³; Ca trocável 8,45cmol_c dm⁻³; Mg trocável 3,15cmol_c dm⁻³ (ambos extraídos por KCl 1mol L⁻¹); P disponível 32,1mg dm⁻³ e K trocável 243mg dm⁻³ (ambos extraídos por Mehlich 1).

O pomar possuía duas variedades comerciais, 'Gala' e 'Fuji', com 70 e 30% das plantas, respectivamente. A cultivar 'Fuji' foi utilizada como polinizadora e, para o experimento, foram selecionadas somente as plantas da cultivar 'Gala'. O pomar foi conduzido em sistema de plantio com líder central e as plantas foram enxertadas sobre o porta-enxerto 'Marubakaido', com filtro de 20cm de 'M9', sendo a densidade de 1482 plantas hectare⁻¹ (4,5m entre linhas e 1,5m entre plantas). Em outubro de 2011, foram selecionadas 80 plantas, em um delineamento experimental blocos ao acaso com quatro repetições e foram marcadas cinco plantas por repetição, sendo avaliadas as três plantas centrais. Os tratamentos foram testemunha sem adubação nitrogenada (SA), adubação com ureia (U), adubação com ureia peletizada (UP) e adubação com cama sobreposta de suínos (CS). A U possuía 44% de N e a UP 43% de N total; enquanto a CS possuía composição média de 1,3% de N total, 63% de matéria seca, 40% de carbono, relação C/N de 30,76 e 2,8% de P total e 2,9% de K total. Foram aplicados 33kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, via U, UP e CS, que é a quantidade média, em geral, utilizada pelos produtores de macieira da região do presente trabalho, quando usada a recomendação da CQFS-RS/SC (2004), para teor de N na folha completa de 20 a 25g kg⁻¹, produtividade maior ou igual a 50Mg ha⁻¹ e comprimento dos ramos do ano menor que 10cm para a cultivar 'Gala'. A dose foi aplicada de modo parcelado, sendo 16,5kg de N ha⁻¹ em outubro de 2011 e 2012, e o restante em junho de 2011 e 2012 (CQFS-RS/SC, 2004). Além disso, nos tratamentos U e UP, foi aplicado P₂O₅ e K₂O, equivalente à quantidade aplicada no tratamento com CS. A aplicação da U, UP e CS foi na superfície do solo, sem incorporação e na projeção da copa das plantas. As plantas daninhas na linha de plantio foram

dessecadas ao logo do ciclo das plantas com herbicida a base de glifosato de potássio.

Em fevereiro de 2012 e 2013, foi mensurado o diâmetro do caule a 30cm acima do ponto de enxertia das plantas, usando um paquímetro digital. Foi contado o número de frutos por planta, coletados e pesados. Em 20 frutos, foi determinado o diâmetro, usando paquímetro digital. Nas duas safras, no intervalo entre o dia 15 de janeiro e 15 de fevereiro (CQFS-RS/SC, 2004), foram coletadas, em todo o perímetro da copa da planta, 20 folhas (folha+limbo) que foram lavadas com água destilada, secas em estufa com ar forçado a 65°C, moídas e submetidas à análise de N total (TEDESCO et al., 1995).

Foram feitas coletas de solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm em 7 de junho, 11 de julho, 13 de agosto, 15 de setembro, 10 de outubro, 15 de novembro, 20 de dezembro de 2012 e em 22 de janeiro de 2013. O solo coletado foi imediatamente acondicionado em sacos plásticos e colocado em caixa de isopor com gelo. Em uma parte do solo, foram determinados os teores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ (TEDESCO et al., 1995). O N na forma de $N-NO_2^-$, nas amostras de solo, foi desprezado porque, em testes preliminares, os teores foram muito baixos.

Em maio de 2012, foram instalados lisímetros de tubo de PVC soldável de 1/2", com cápsula porosa em cerâmica de 3/4", em três repetições, nos tratamentos SA, U e CS. A instalação dos lisímetros e a coleta da solução foi realizada seguindo procedimento detalhado por LORENSINI et al. (2012). A coleta da solução foi

realizada em 7 de junho, 11 de julho, 13 de agosto, 15 de setembro, 10 de outubro, 20 de dezembro de 2012 e 22 de janeiro de 2013. Após a coleta, as amostras de solução foram armazenadas em potes plásticos com capacidade de 100mL e mantidas em caixa de isopor com gelo. Na solução, determinaram-se os teores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ (TEDESCO et al., 1995). Os resultados de parâmetros de crescimento, teor total de N nas folhas e produção foram submetidos à análise de variância e, quando houve efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de comparação de médias Tukey ($\alpha=5\%$). A análise de regressão das formas de N no solo e na solução lixiviada ao longo do tempo de avaliação, por causa da falta de "independência" entre as observações, inviabiliza uma análise de regressão polinomial. Além disso, especificamente, para as formas de N lixiviadas, a impossibilidade de se controlar experimentalmente algumas variáveis, como o volume e o intervalo das precipitações, implicam a não satisfação de todos os pressupostos da análise de variância. Por isso, optou-se por apresentar as médias dos resultados obtidos com seus respectivos desvios-padrão (LORENSINI et al., 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de N nas folhas e produção de frutos

O fato de não ter havido diferença no teor total de N nas folhas nas duas safras (Tabela 1) confirma o que sugere a recomendação para a macieira para SC e RS (CQFS-RS/SC, 2004). A recomendação informa que a análise foliar "pode" indicar a disponibilidade

Tabela 1 - Teor total de N na folha, diâmetro de caule e frutos e número e produção de frutos em macieiras submetidas à aplicação de fontes de N.

Fontes	Teor total de N na folha g kg ⁻¹	Diâmetro ----- mm -----		Número de frutos planta ⁻¹	Produção de frutos ----- kg planta ⁻¹ Mg ha ⁻¹	
		caule	fruto			
----- Safra 2011/2012 -----						
SA	24,5 ^{ns}	37,0 ^{ns}	64 ^{ns}	98 ^{ns}	11,2 ^{ns}	16,6 ^{ns}
U	25,6	40,7	63	112	12,4	18,38
UP	25,5	40,2	65	99	11,7	17,34
CS	25,9	39,2	65	101	12,1	17,93
CV %	6,70	5,40	2,80	12,60	5,71	5,71
----- Safra 2012/2013 -----						
SA	28,4 ^{ns}	48,1 ^{ns}	62 ^{ns}	189 b ⁽¹⁾	19,59 b	29,04 b
U	28,6	47,9	61	257 a	27,46 a	40,70 a
UP	28,5	48,9	61	247 a	24,42 a	36,20 a
CS	28,4	45,8	60	233 a	27,00 a	40,02 a
CV %	6,42	6,66	1,75	8,43	7,63	7,63

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=5\%$). ^{ns} = não significativo a 5% de erro. SA= sem adubação nitrogenada; U= ureia; UP= ureia peletizada; CS= cama sobreposta de suínos.

de N e sua absorção pelas plantas, ou seja, não há afirmativa quanto a isso. O diâmetro de caule e de frutos, bem como produção por planta e hectare na safra de 2011/2012 também não foram alterados com a aplicação das fontes de N. A falta de resposta das macieiras à aplicação de fontes de N no primeiro ano de avaliação pode estar relacionada ao histórico de aplicação de fertilizantes nitrogenados no solo do pomar nos anos que antecederam ao experimento e, especialmente, à mineralização da fração lábil da MO, que também pode incrementar as formas de N mineral na solução do solo, suprimindo parte da demanda do nutriente pelas macieiras (HARTLEY & INESON, 2008). A decomposição e liberação de N de resíduos orgânicos depositados sobre a superfície do solo, como folhas senescentes, ramos podados e resíduos de plantas que coabitam os pomares também podem ter disponibilizado N em quantidade suficiente para que não houvesse resposta à adubação (TWORKOSKI & GLENN, 2012).

Na safra 2012/2013, o número de frutos por planta foi, em média, 30% maior nas plantas com a aplicação de N, independente da fonte, e isso se refletiu no significativo aumento médio de 34% tanto na produção de frutos por planta quanto por hectare. A maior produção de frutos na safra de 2012/2013 pode ter ocorrido pelo fato de que, na safra de 2011/2012, as macieiras possivelmente absorveram e acumularam N derivado da U, UP e CS, especialmente em órgãos como raízes e ramos, mas também pela maior disponibilidade de N, por causa da aplicação das fontes do nutriente no início da brotação, em outubro de 2012. Esta possibilidade encontra respaldo no fato de que houve o incremento de $N-NO_3^-$ no solo, (Figura 1b, 1d). Com isso, pode ter acontecido o incremento de formas de N no interior da planta, sem que tenha sido diagnosticado pela análise do teor total do nutriente na folha completa. Isso porque as coletas das folhas foram realizadas no período de 15 de janeiro a 15 de fevereiro (CQFS-RS/SC, 2004), o que pode ter coincidido com a diminuição das formas de N mineral no solo; na planta, indica que este período de coleta talvez não seja o mais adequado para quantificar a absorção de N pela macieira.

A análise de variância mostrou que houve interação significativa entre fonte e safra para o número de frutos e produção ($F < 0,0117$ e $0,0040$, respectivamente). Essa interação era esperada porque o pomar possuía, em 2013, cinco anos e, por isso, é relativamente jovem e, por consequência, as plantas anualmente apresentam um maior crescimento e número de gemas produtivas. No entanto, esse aumento foi mais marcante para os tratamentos com fontes de N, mostrando que houve uma resposta significativa à

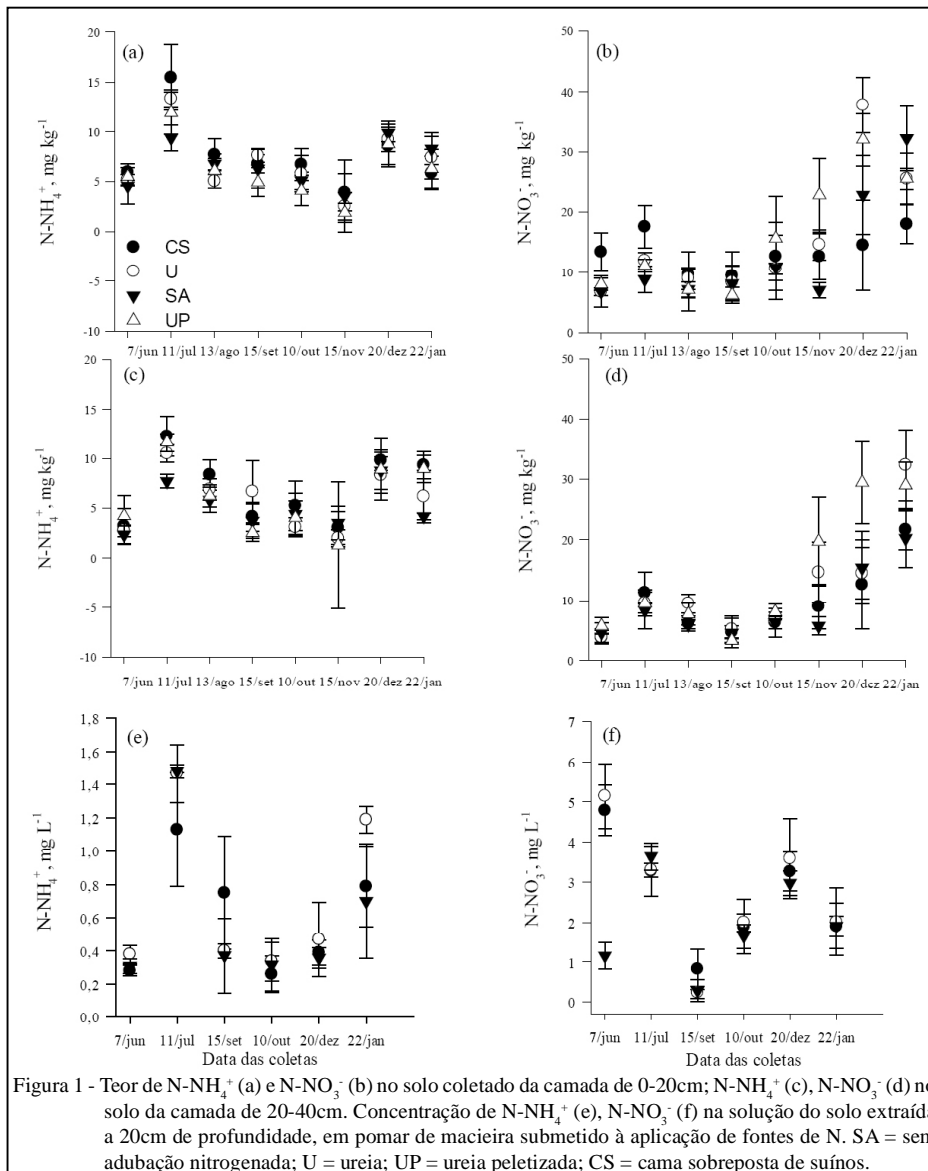
aplicação de N, independentemente da fonte (Tabela 1). O N acumulado na planta pode ter contribuído para estimular a diferenciação de um maior número de gemas produtivas na safra de 2011/2012 (NAVA et al., 2007), no incremento do número de frutos e a produção na safra posterior, 2012/2013. Nas macieiras cultivadas no solo SA, as gemas produtivas foram diferenciadas em menor número, predominando a diferenciação de gemas vegetativas, o que pode justificar o menor número de frutos e produção, comparativamente às macieiras que receberam aplicação de U, UP ou CS (NAVA et al., 2007).

Fluxo de N no solo

Os teores de $N-NH_4^+$ na camada de 0-20cm foram similares entre o solo SA e submetido à adição de U, UP e CS, no período de 7 de junho de 2012 até 22 de janeiro de 2013, com exceção de 11 de julho de 2012 (Figura 1a). Nesta data de coleta, comparativamente às demais, o teor de $N-NH_4^+$ no solo com a adição de CS foi maior, mas também se observou que o teor de $N-NH_4^+$ no solo com a adição de U foi menor que no solo com CS. Este, porém, foi maior que o observado no solo com a aplicação de UP, que foi igual ao solo SA. Na camada de 20-40cm, observou-se que os teores de $N-NH_4^+$ no solo com a adição de U, UP e CS, e SA foram similares em todas as épocas de coleta de solo, com exceção também da coleta de solo realizada em 11 de julho, quando os maiores teores de $N-NH_4^+$ foram encontrados no solo com a adição de CS, U e UP, o que coincide em parte com os resultados obtidos na camada de 0-20cm (Figura 1d). Na camada de 0-20 e 20-40 cm do solo com a adição de CS, U e UP, e SA, os teores de $N-NH_4^+$ aumentaram em 20 de dezembro de 2012 e 22 de janeiro de 2013, comparativamente ao teor de $N-NH_4^+$ observado no período de 13 de agosto a 15 de novembro (Figura 1a, 1d).

Os teores de $N-NO_3^-$ na camada de 0-20 cm do solo com a aplicação de CS foi maior que o observado no solo SA e com a adição de U e UP, nas coletas realizadas em 7 de junho e 11 de julho de 2012 (Figura 1b). Em 15 de novembro, o maior teor de $N-NO_3^-$ foi observado no solo com a adição de UP e em 22 de janeiro de 2013 com a aplicação de U. Observou-se que, na camada de 0-20 e 20-40 cm, os teores de $N-NO_3^-$, a partir de 15 de novembro, tenderam a aumentar no solo de todos os tratamentos (Figura 1b, 1d), acompanhando os teores de $N-NH_4^+$ (Figura 1a, 1c).

Os maiores teores, especialmente de $N-NO_3^-$ na camada de 0-20 cm do solo com a adição de CS em 7 e 11 de julho, podem ser atribuídos às aplicações de CS realizadas em outubro de 2011 e junho de 2012. A CS manteve pequena área de contato com o solo, o que,



somada a sua alta relação C/N (AITA & GIACOMINI, 2008), retardou a mineralização pelos microrganismos do solo, incrementando mais lentamente as formas de N no solo (MELO et al., 2012), comparativamente às outras duas fontes de N, a U e UP. A liberação dessas formas de N para o solo acontece mais rapidamente, em geral, logo após sua aplicação no solo (LORENSINI et al., 2012). Isso foi observado em 15 de novembro e 20 de dezembro, quando ocorreu o maior aumento de $N-NO_3^-$ na camada de 0-20 cm do solo, nas parcelas que haviam recebido U e UP. Essa diferença pode justificar em parte o aumento da safra 2011/2012, em relação à safra 2012/2013, de 129 a 149% no número de frutos nas parcelas com adubação, em comparação ao aumento de 92% observado nas parcelas SA (Tabela 1).

O aumento do teor de $N-NH_4^+$, mas especialmente de $N-NO_3^-$ no solo das camadas de 0-20 e 20-40 cm com a adição de CS, U e UP, e SA pode ser atribuído ao aumento da temperatura do solo. Esta estimula a mineralização pelos microrganismos da fração mais lábil da MO do solo e, também, de resíduos depositados na superfície do solo, em especial, aqueles com baixa relação C/N, como as folhas senescentes de macieiras (HARTLEY & INESON, 2008). Isso aumentaria a mineralização do N, comparativamente a meses com temperatura do solo mais baixas, como julho, agosto, setembro e mesmo outubro. A maior disponibilidade de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ nas camadas de 0-20 e 20-40 cm do solo SA, mas também com adição de fontes de U e UP, como

observado em 15 de novembro e 20 de dezembro, são desejáveis por coincidir aproximadamente com os estádios fenológicos de floração e enchimento das gemas, períodos de emissão de raízes mais finas e, por consequência, mais ativas, que absorvem maiores quantidades de água e nutrientes, entre eles, de N.

Fluxo de N na solução do solo

As concentrações de $N-NH_4^+$ na solução do solo, coletadas na camada de 0-20 cm, foram similares no solo SA e com a adição de U e CS, no período de 7 de junho de 2012 a 22 de janeiro de 2013 (Figura 1e). As concentrações de $N-NH_4^+$ na solução foram menores que as concentrações de $N-NO_3^-$ (Figura 1f), o que pode ser atribuído à rápida transformação do $N-NH_4^+$ em $N-NO_2^-$ e, posteriormente, em $N-NO_3^-$ (CANTARELLA et al., 2007), o que é coerente com os teores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ no solo (Figura 1a, 1b). Por outro lado, as maiores concentrações de $N-NO_3^-$ na solução coletada em 7 de junho foi maior no solo com a adição de U e CS (Figura 1f). Para a CS, esse comportamento pode ser explicado pelo maior teor de $N-NO_3^-$ na camada de 0-20 cm (Figura 1b), mas, nas demais datas de coleta da solução, os teores de $N-NO_3^-$ foram similares entre os solos SA e com a adição de CS e U.

As concentrações de $N-NO_3^-$ na solução coletada no solo SA e com a adição de U e CS foram menores em 15 de setembro de 2012, comparativamente às demais épocas de avaliação (Figura 1f). Isso pode ser atribuído em parte à elevada precipitação no mês de setembro (dados não apresentados) que provocou maior lixiviação de $N-NO_3^-$ e, conseqüentemente, diminuição nas concentrações de $N-NO_3^-$ no período. Por outro lado, a partir de 10 de outubro, houve aumento da concentração de $N-NO_3^-$ na solução nos solos SA e com a adição de CS e U (Figura 1f), o que pode ser explicado pelo incremento das formas de N no solo, reforçando o indicativo de que o aumento da temperatura do solo (dados não apresentados) aumenta a disponibilidade de N para as macieiras, mas pode potencializar a sua lixiviação de $N-NO_3^-$.

CONCLUSÃO

A aplicação de cama sobreposta de suínos, ureia e ureia peletizada em macieiras aumentou a produção de frutos na segunda safra avaliada, mas o teor de N total nas folhas não foi afetado. A aplicação de fontes de N no solo afetou o fluxo de formas do nutriente no solo e na solução ao longo do ciclo da macieira, com pequenos incrementos em períodos próximos às aplicações das diferentes fontes de N ao solo.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de Mestrado ao primeiro e segundo autor. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de produtividade em pesquisa ao quinto e último autor.

REFERÊNCIAS

- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Nitrate no solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.195-205, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000500031>>. Acesso em: 18 jul. 2013.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F; ALVAREZ, V. V. H; BARROS, N. F; FONTES, R. L. F; CANTARUTTI, R. B; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/ SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: SBSC Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.
- DAVIDSON, E.A.; JANSSENS, I.A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. **Nature**, v.440, p.165-173, 2006.
- ERHART, E. et al. Nitrogen leaching losses under crops fertilized with biowaste compost compared with mineral fertilization. **Journal Plant Nutrition Soil Science**, v.170, p.608-614, 2007.
- HARTLEY, I.P.; INESON, P. Substrate quality and the temperature sensitivity of soil organic matter decomposition chemistry. **Soil Biology and Biochemistry**, v.40, p.1567-1574, 2008.
- LI, SHENG-XIU et al. Responses of crop plants to ammonium and nitrate. **Advances in Agronomy**, v.118, p. 205-397, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-405942-9.00005-0>>. Acesso em: 08 maio, 2014.
- LORENSINI, F. et al. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.42, p.1173-1179, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012005000038>>. Acesso em: 18 jul. 2013.
- MELO, G.W.B. et al. Resposta das videiras a diferentes modos de distribuição de composto orgânico no solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.493-503, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452012000200023>>. Acesso em: 18 jul. 2013.
- MILIC, B. et al. Nitrogen fertilization and chemical thinning with 6-benzyladenine affect fruit set and quality of golden delicious apples. **Scientia Horticulturae**, v.140, p.81-86, 2012.
- MORGAN, K.T.; SINCLAIR, T.R. Release mechanisms for slow and controlled-release fertilizers and strategies for their use in vegetable production. **Horticulture**, v.19, p.10-12, 2009.
- NAVA, G. et al. Adubação de crescimento de macieira cv. 'Catarina' sobre porta-enxerto marubakaido em São Joaquim-

SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, p.359-363, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452007000200033>>. Acesso em: 18 jul. 2013.

SOUZA, F. et al. Qualidade de maçãs 'fuji' influenciada pela adubação nitrogenada e potássica em dois tipos de solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, p.305-315, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000100035>>. Acesso em: 18 jul. 2013.

TAGLIAVINI, M. et al. Nutrient recycling during the decomposition of apple leaves (*Malus domestica*) and mowed grasses in an orchard. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.118, p.191-200, 2007.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TWORKOSKI, T.J.; GLENN M.D. Weed suppression by grasses for orchard floor management. **Weed Technology**, v.26, p.559-565, 2012.