

# Adubação nitrogenada na fase de crescimento de videiras ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ e formas de nitrogênio em solo arenoso do Bioma Pampa<sup>1</sup>

Felipe Lorensini<sup>2</sup>, Carlos Alberto Ceretta<sup>2</sup>, Lessandro De Conti<sup>2</sup>, Paulo Ademar Avelar Ferreira<sup>2</sup>,  
Max Kleber Laurentino Dantas<sup>2</sup>, Gustavo Brunetto<sup>2\*</sup>

10.1590/0034-737X201764040013

## RESUMO

Adubação nitrogenada em videiras em crescimento é um tema ainda muito carente de informações, especialmente em cultivos em solos arenosos do Bioma Pampa, no Rio Grande do Sul, onde a viticultura expandiu-se consideravelmente na última década. Este estudo objetivou avaliar o impacto de doses de N no crescimento de plantas jovens de videiras ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ e nas formas de N presentes em solo arenoso do Bioma Pampa. O experimento foi realizado de outubro de 2011 a dezembro de 2012, em vinhedo de Santana do Livramento, no extremo Sul do RS, em solo com teor de argila de 82 g kg<sup>-1</sup>, na camada de 0-20 cm. Videiras das variedades ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’ foram submetidas à aplicação de 0, 10, 20, 40, 60 e 80 kg de N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Durante dois ciclos de crescimento e em três épocas, foram avaliados teores de N de folhas, leituras SPAD, diâmetro de caule, altura de plantas e matéria seca do material podado. Foram coletadas amostras nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, em quatro épocas, durante os cultivos, nas quais foram determinados os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N total e calculado o N mineral. As doses de N aplicadas em videiras jovens, embora não tenham proporcionado alterações relevantes dos teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N mineral no solo, foram capazes de incrementar o teor de N das folhas, aumentando o vigor das plantas. Isso porque houve incremento de diâmetro de caules, de altura das plantas e de matéria seca do material da poda, na maioria das épocas de avaliação. Estes parâmetros sugerem melhores padrões de crescimento e de uniformidade de plantas de videiras jovens, com possíveis efeitos positivos na antecipação da produção, mostrando a importância de estratégias de adubação nitrogenada para as videiras em crescimento, nas condições de solo arenoso do Bioma Pampa.

**Palavras-chave:** nitrogênio; análise foliar; SPAD-520; *Vitis vinifera*.

## ABSTRACT

### Nitrogen fertilization in the growth phase of ‘Chardonnay’ and ‘Pinot Noir’ vines and nitrogen forms in sandy soil of the Pampa Biome

Information on nitrogen fertilization in growing vines is still a very limited subject, especially for crops on sandy soils in the Pampa Biome in Rio Grande do Sul, where viticulture has expanded considerably in the last decade. This study aimed to assess the impact of N doses on growth of young plants of Chardonnay and Pinot Noir vines and N forms present in sandy soil in the Pampa Biome. The experiment was conducted from October 2011 to December 2012 in a vineyard in Santana do Livramento, in Southern Rio Grande do Sul State, in soil with 82 g kg<sup>-1</sup> clay in the 0-20 cm layer. Vines of Chardonnay and Pinot Noir varieties were subjected to applications of 0, 10, 20, 40, 60, and 80 kg N ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. Total N in leaves, SPAD readings, stem diameter, plant height, and dry matter of the pruned material were evaluated in two growth cycles and three times. Soil samples were collected at 0-10 and 10-20 cm depths at four crop growth stages, in which N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, and total N were analyzed and the mineral N was calculated. The N levels

Submetido em 25/03/2015 e aprovado em 14/06/2017.

<sup>1</sup>Este trabalho é parte da tese de doutorado do primeiro autor.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Solos, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. lorensini.felipe@gmail.com; carlosceretta@ufsm.br; brunetto.gustavo@gmail.com; ferreira.aap@gmail.com; lessandrodeconti@gmail.com; maxdantas22@gmail.com

\*Autor para correspondência: brunetto.gustavo@gmail.com

applied to young vines, although they did not provide relevant changes in the  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ , and mineral N contents in the soil, were able to increase the N content in the leaves, increasing plant vigor. because the reason is that there was an increase in stem diameter, plant height, and dry matter of pruned material in most evaluation periods. These parameters suggest better growth patterns and uniformity of young grapevines with possible positive effects in anticipation of production, demonstrating the importance of nitrogen fertilization strategies to the growing vines in the sandy soil conditions of the Pampa Biome.

**Key words:** nitrogen; leaf analysis; SPAD-520; *Vitis vinifera*.

## INTRODUÇÃO

Nos estados do Rio Grande do Sul (RS) e de Santa Catarina (SC) recomenda-se que, antes do transplante de videiras jovens, seja feita a aplicação e incorporação de calcário no solo, em dose para elevar o pH a 6,0, e de fertilizantes fosfatados e potássicos, para elevar acima dos níveis críticos os teores de fósforo (P) e potássio (K). Por sua vez, a adubação nitrogenada para o crescimento de videiras jovens é aplicada na superfície do solo, sem incorporação, e com base no teor de matéria orgânica. Em função disso, nos solos arenosos do Bioma Pampa é possível que ocorra uma baixa capacidade de fornecimento de N às videiras (Brunetto *et al.*, 2009). Entretanto, tem-se verificado que nem sempre a análise da matéria orgânica no solo estima adequadamente a disponibilidade de N às plantas, por causa da diversidade de reações que afetam a disponibilidade do nutriente, a variação do seu teor no solo ao longo do tempo e o hábito perene das frutíferas, que permite a absorção e o acúmulo de N em órgãos durante todo o ano (Ernani *et al.*, 2000).

Um dos principais fertilizantes nitrogenados utilizados no cultivo de videira é a ureia, a qual é rapidamente hidrolisada pela enzima extracelular urease, formando amônia ( $\text{N-NH}_3$ ) e, em seguida, amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ), que, por oxidação biológica, é transformada em nitrito ( $\text{N-NO}_2^-$ ) e, posteriormente, em nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ), o que poderá aumentar os teores de N mineral no solo. A partir desta etapa de transformação do N, o cultivo de videiras em solos arenosos potencializa a fração do N que pode ser lixiviada e, além de comprometer a disponibilidade de N às plantas, também pode significar a contaminação de águas (Conradie *et al.*, 1996; Barlow *et al.*, 2009; Lorensini *et al.*, 2012). Em condições de baixa concentração de formas de N na solução do solo, plantas como videiras podem apresentar modificações de caráter morfológico, como aumento da relação raiz/parte aérea ou do número de pelos radiculares, para aumentar a eficiência de absorção de nutrientes. Além disso, modificações de caráter bioquímico e fisiológico, como a ativação de genes, podem ocorrer para aumentar os carregadores de N (Von Wirén *et al.*, 1997).

Depois de absorvido, parte do N pode ser incorporado a estruturas carbonadas como alantoína (4N:4C), arginina

(4N:4C) e citrolina (3N:3C), ou, ainda, em formas minerais, como  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  e translocada para os pontos de crescimento (Glad *et al.*, 1994; Zapata *et al.*, 2004; Brunetto *et al.*, 2006), o que incrementará o teor de N no interior das plantas, podendo ser diagnosticado por análise foliar (Brunetto *et al.*, 2012). Por meio de métodos não destrutivos, como o clorofilômetro (SPAD-502), as leituras realizadas podem apresentar relação com o teor de N total no tecido, o que permite sua utilização como critério alternativo para a definição da necessidade e da dose de N a ser aplicada (Rubio-Covarrubias *et al.*, 2009; Brunetto *et al.*, 2012). Em caso de incremento do teor de N no interior das videiras jovens, espera-se aumento do vigor, que pode ser mensurado pela altura das plantas e pelo diâmetro de caule, o que se reflete em aumento da produção da matéria seca do material podado, durante a poda de inverno (Araujo & Williams, 1988; Araujo *et al.*, 1995).

Este trabalho objetivou avaliar o impacto de doses de N no crescimento de plantas jovens de videiras 'Chardonnay' e 'Pinot Noir' e nas formas de N presentes em solo arenoso do Bioma Pampa.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido de julho de 2011 a dezembro de 2012, em um vinhedo instalado especialmente para a realização desta pesquisa ( $30^\circ 49' 7.82''$  S,  $55^\circ 27' 2.65''$  O), no município de Santana do Livramento, extremo sul do RS, pertencente à Campanha Gaúcha, região de ocorrência do Bioma Pampa. O clima da região é Cfa, com temperaturas médias ao longo do ano variando de 11,9 a 23,5 °C e com precipitações médias anuais de 1599 mm. As normais climatológicas e os dados climáticos observados ao longo dos meses de realização do trabalho são apresentados na Tabela 1. O solo era de campo natural, sem histórico de cultivo e classificado como Argissolo Vermelho (Embrapa, 2013) e apresentava, na camada de 0-20 cm, antes da implantação do experimento, teor de argila de  $82 \text{ g kg}^{-1}$  e de matéria orgânica de  $10,6 \text{ g kg}^{-1}$ . Outras características do solo são apresentadas na Tabela 2.

Na primeira quinzena de julho de 2011, foram aplicados e incorporados até a profundidade de 20 cm, com lavração e posterior gradagem,  $3,8 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário, para elevar a

6,0 o pH em água, bem como 60 kg de  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup>, para elevar o teor de P no solo até o nível crítico. Não foi aplicado  $K_2O$ , porque os teores de K no solo foram interpretados como altos. Na segunda quinzena de julho de 2011, foram abertas covas e as mudas das variedades 'Chardonnay' e 'Pinot Noir' foram enxertadas sob o porta-enxerto 110R, tendo-se mantido uma densidade de 4000 plantas por hectare (1,0 x 2,5 m). O vinhedo foi conduzido em espaldeira.

Em setembro de 2011 e de 2012, as videiras dos dois cultivares foram submetidas à aplicação de 0, 10, 20, 40, 60 e 80 kg de N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, totalizando, ao longo de dois anos 0, 20, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A fonte de N foi a ureia (45% N), aplicada manualmente na superfície do solo, em faixas de 0,5 m de largura na linha de plantio (projeção da copa das plantas), sem incorporação, seguindo recomendação proposta por Brunetto *et al.* (2007). Ao longo do ciclo das videiras, na faixa onde foi

aplicado N, também foi utilizado herbicida não residual, para o controle das plantas espontâneas. O delineamento experimental usado foi blocos ao acaso, com três repetições, sendo cada parcela formada por dez plantas e, as avaliações, efetuadas nas oito plantas centrais.

Em 30 de março de 2013, primeiro ciclo de crescimento das videiras e, em 22 de dezembro de 2012, segundo ciclo de crescimento, foram determinadas a altura de planta, com trena métrica, o diâmetro de caule a 10 cm acima do enxerto, com paquímetro, e as leituras SPAD, usando-se clorofilômetro (SPAD-502), em cinco folhas em cada planta, segundo procedimento descrito por Brunetto *et al.* (2012). Em seguida, foram coletadas cinco folhas de cada planta, nas quais foram feitas as leituras com o clorofilômetro e que, posteriormente, foram armazenadas, secadas em estufa com circulação de ar, a 65 °C, até massa constante, moídas e analisado o teor total de N (Brunetto *et*

**Tabela 1:** Temperatura média do ar, precipitação e insolação na área experimental, entre os meses de agosto de 2011 e dezembro 2012

Meses/anos	Temperatura			Precipitação	Insolação
	Mínima	Média	Máxima		
	°C			mm	horas
Outubro 2011	12,2	16,8	22,4	154	227
Novembro 2011	14,3	20,5	27,6	54	283
Dezembro 2011	15,3	21,4	28,3	44	283
Janeiro 2012	17,3	24,6	32,5	18	315
Fevereiro 2012	18,9	23,9	29,9	220	218
Março 2012	15,8	21,6	27,8	58	278
Abril 2012	12,7	17,3	23,1	147	204
Mai 2012	12,0	16,4	22,4	13	200
Junho 2012	8,2	12,8	17,3	77	144
Julho 2012	5,0	9,6	15,4	32	203
Agosto 2012	11,4	15,8	21,4	127	156
Setembro 2012	10,5	15,4	20,8	156	190
Outubro 2012	14,0	18,2	22,9	298	201
Novembro 2012	15,6	21,5	27,9	58	286
Dezembro 2012	17,8	23,1	29,1	179	259
Normal climatológica					

  

Meses	Temperatura			Precipitação	Insolação
	Min	Méd.	Max.		
	°C			mm	horas
Janeiro	17,5	23,8	30,1	138	264
Fevereiro	17,4	23,0	29,3	137	219
Março	15,6	20,9	27,0	135	227
Abril	12,2	17,3	23,5	183	192
Mai	10,3	15,0	21,0	125	174
Junho	7,8	12,4	18,1	132	134
Julho	8,0	12,5	17,9	120	155
Agosto	8,9	13,5	19,1	76	166
Setembro	10,0	15,0	20,5	147	179
Outubro	12,0	17,6	23,3	155	222
Novembro	14,1	20,0	25,9	118	247
Dezembro	16,2	22,4	28,4	127	274

*al.*, 2012). Em julho de 2012, foi realizada a poda de inverno, permanecendo em cada planta o ramo principal com duas gemas. Os resíduos de poda foram secados em estufa com ar forçado, a 65 °C, até massa seca constante, e pesados.

Em 28/10/2011 (Out. 2011), 30/03/2012 (Mar. 2012), 12/07/2012 (Jul. 2012) e 22/12/2012 (Dez. 2013) foram feitas coletas de solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, na linha de plantio das videiras, ao lado das plantas úteis de cada parcela. Imediatamente após a coleta, as amostras de solo foram armazenadas em sacos e acondicionadas em caixas de isopor com gelo. Parte do solo foi submetido à análise de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e N total (Lorensini *et al.*, 2012). O N mineral foi obtido pela soma de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, já que os teores de N-NO<sub>2</sub>, em pré-testes, foram insignificantes. No restante do solo foi determinada a umidade (Lorensini *et al.*, 2012). Com a diferença de massa entre o solo úmido e o solo seco, foi obtida a umidade do solo para cada unidade experimental. Com isso, os valores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N mineral e N total foram expressos em mg de N kg<sup>-1</sup> de solo seco. Optou-se por apresentar os valores médios de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N mineral e N total obtidos no solo dos dois cultivares, porque os teores verificados com cada dose em cada cultivar foram similares, o que não justificou a apresentação dos resultados separadamente por cultivar.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância com o programa estatístico Sisvar e, quando os efeitos foram significativos, foram ajustadas equações de regressão, testando-se o modelo linear e quadrático pelo teste F, escolhendo-se aquele com probabilidade de erro menor que 5%.

**Tabela 2:** Características do solo Argissolo Vermelho, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, antes do cultivo de videiras dos cultivares 'Chardonnay' e 'Pinot Noir'

Características	0-10 cm	10-20 cm
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	71	94
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	104	251
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	825	655
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	10,9	10,4
pH em H <sub>2</sub> O	6,1	5,7
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	8,4	8,8
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	20,7	21,1
N total (mg kg <sup>-1</sup> )	654,1	528,7
P disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	13,0	9,0
K trocável (mg dm <sup>-3</sup> )	100,4	81,2
Ca trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,9	1,7
Mg trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,6	1,2
Al trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,0
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,2	1,2
CTC <sub>pH 7,0</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,9	4,2
CTC <sub>efetiva</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,7	3,1
Saturação por bases (%)	75,1	70,4
Saturação por alumínio (%)	0,0	0,0

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Nitrogênio no solo

As doses de N aplicadas, em setembro de 2011 e de 2012, não promoveram alterações dos teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N mineral e N total da camada de 0-10 cm, do solo coletado em outubro de 2011, março, julho e dezembro de 2012 (Tabela 3). Isso pode ter acontecido por causa da rápida nitrificação do N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> a N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, estimulando, especialmente, a lixiviação da forma nítrica no perfil do solo, fenômeno comum em vinhedos (Barlow *et al.*, 2009; Lorensini *et al.*, 2012). Isso acontece porque o N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, por formar complexo de esfera-externa com os grupos funcionais de superfície de partículas reativas do solo, permanece na solução. Entretanto, a quantidade de N lixiviada é dependente, especialmente, da quantidade do N aplicado, do teor de N do solo e do volume de precipitação (Conradie *et al.*, 1996; Lorensini *et al.*, 2012). A lixiviação pode ter sido favorecida porque, no mês seguinte ao da aplicação das doses de N, ou seja, outubro de 2011 e de 2012, ocorreram precipitações pluviométricas acima da média (Tabela 1) e o solo apresenta apenas baixos teores de argila e muito baixos teores de matéria orgânica, das camadas de 0-10 e 10-20 cm (Tabela 2). A falta de incremento de formas de N da camada de 0-10 cm, em especial N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, em resposta às doses de N aplicadas, pode também ser explicado pela absorção de N pelas raízes das videiras, especialmente por aquelas com diâmetro mais fino e cor branca, que são mais jovens, localizadas nas camadas mais superficiais do solo, e são responsáveis pela maior absorção de água e nutrientes (Soares & Nascimento, 1998). Parte do N absorvido pode ter sido transportado pelo xilema para a parte aérea das videiras jovens, incrementando o seu teor no interior da planta, como foi diagnosticado pela análise foliar em março de 2012, nos cultivares 'Chardonnay' e 'Pinot Noir' (Tabela 4).

Na camada de 10-20 cm, os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, em outubro de 2011 e em dezembro de 2012, não se modificaram com as doses de N aplicadas no solo (Tabela 3). Entretanto, o teor de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo, em março e julho de 2012, aumentou com o aumento da dose de N adicionada. Por outro lado, na mesma camada de solo, os teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e de N mineral apenas aumentaram com a dose de N quando o solo foi coletado em março de 2012, mas os teores de N total do solo não foram afetados pela aplicação de N. O incremento do teor de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> nas amostras coletadas em março e em julho de 2012, bem como de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e de N mineral, em março de 2012, pode ser explicado pela diminuição da demanda de N pelas videiras jovens, uma vez que foi um período de dormência das plantas. Adicionalmente, março de 2012 foi caracterizado pela baixa precipitação pluviométrica (Tabela 1), o que pode ter favorecido a manutenção de N mineral até 20 cm de profundidade no

solo, já que isso diminui a lixiviação. Além disso, o incremento de  $N-NH_4^+$  no solo com o aumento da dose de N, pode ser uma das consequências da menor concentração de  $O_2$  em camadas mais profundas do solo, o que diminui a

nitrificação (Cassman & Munns, 1980). Os maiores teores de  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$  e, por consequência, de N mineral, observados nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, tenderam a ser verificados, para cada dose, na coleta de solo realizada em

**Tabela 3:** Teores de amônio ( $N-NH_4^+$ ), nitrato ( $N-NO_3^-$ ), N mineral e N total, das camadas de 0-10 e 10-20 cm, em um solo Argissolo Vermelho, submetido à aplicação de doses crescentes de N e cultivado com videiras jovens dos cultivares 'Chardonnay' e 'Pinot Noir'

Coleta	Dose (kg N ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )						Equação	R <sup>2</sup>
	0	10	20	40	60	80		
<b>0-10 (cm)</b>								
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg kg<sup>-1</sup>)</b>								
Out. 2011	9,3	6,2	9,3	8,6	8,1	8,9	Ns	-
Mar. 2012	4,2	5,6	6,4	4,3	5,6	5,0	Ns	-
Jul. 2012	3,1	2,6	4,3	3,5	4,1	4,2	Ns	-
Dez. 2012	3,0	2,5	1,9	2,6	2,6	1,7	Ns	-
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg kg<sup>-1</sup>)</b>								
Out. 2011	20,2	21,7	19,9	21,6	19,8	20,9	Ns	-
Mar. 2012	10,5	9,2	13,7	10,1	9,0	7,4	Ns	-
Jul. 2012	5,2	5,8	3,9	2,7	3,5	2,3	Ns	-
Dez. 2012	9,0	3,7	2,1	2,3	3,8	6,3	Ns	-
<b>N-mineral (mg kg<sup>-1</sup>)</b>								
Out. 2011	29,5	27,9	29,2	30,3	27,9	29,9	Ns	-
Mar. 2012	14,7	14,8	20,1	14,3	14,6	12,4	Ns	-
Jul. 2012	8,2	8,5	8,2	6,3	7,5	6,5	Ns	-
Dez. 2012	12,0	6,2	3,9	4,8	6,4	8,0	Ns	-
<b>N-total (mg kg<sup>-1</sup>)</b>								
Out. 2011	601,4	593,8	780,7	678,1	563,1	707,7	Ns	-
Mar. 2012	487,2	571,9	494,8	514,5	458,1	517,8	Ns	-
Jul. 2012	460,0	568,7	551,6	443,6	453,5	506,1	Ns	-
Dez. 2012	341,5	330,9	347,1	365,8	388,0	278,6	Ns	-
<b>10-20 (cm)</b>								
<b>N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg kg<sup>-1</sup>)</b>								
Out. 2011	10,3	11,9	8,7	9,1	6,4	6,4	Ns	-
Mar. 2012	4,1	4,4	5,1	5,4	5,3	5,8	$y=4,1544+0,0394x-0,0003x^2$	0,90*
Jul. 2012	2,3	3,2	2,2	3,8	4,2	4,4	$y=2,3394+0,0337x-0,00008x^2$	0,78*
Dez. 2012	2,2	2,3	1,7	2,5	2,2	0,9	Ns	-
<b>N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg kg<sup>-1</sup>)</b>								
Out. 2011	19,8	20,2	19,7	21,8	24,8	20,3	Ns	-
Mar. 2012	7,7	9,6	10,1	8,5	9,5	7,9	$y=8,3558+0,069x-0,0009x^2$	0,43*
Jul. 2012	4,7	5,4	4,7	2,2	2,4	4,6	Ns	-
Dez. 2012	1,3	3,0	2,4	2,8	5,1	1,7	Ns	-
<b>N-mineral(mg kg<sup>-1</sup>)</b>								
Out. 2011	30,2	32,2	28,4	30,9	31,2	26,7	Ns	-
Mar. 2012	11,8	14,0	15,2	13,9	14,8	13,7	$y=12,52+0,1059x-0,0012x^2$	0,58*
Jul. 2012	7,0	8,7	6,9	6,0	6,5	9,0	Ns	-
Dez. 2012	19,5	5,2	4,1	23,3	7,3	2,5	Ns	-
<b>N-total (mg kg<sup>-1</sup>)</b>								
Out. 2011	435	438	450	472	586	565	Ns	-
Mar. 2012	416	404	404	427	423	415	Ns	-
Jul. 2012	497	454	458	492	454	484	Ns	-
Dez. 2012	336	329	379	375	239	347	Ns	-

Ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro; \* = significativo a 5% de probabilidade de erro.

outubro de 2011, em relação às demais épocas de amostragem (Tabela 3). Isso provavelmente aconteceu por causa de as aplicações das doses de N terem sido realizadas no mês anterior, setembro de 2011.

***Nitrogênio total em folhas, leitura SPAD, parâmetros de crescimento e matéria seca da poda de inverno***

O teor de N total nas folhas de videiras 'Chardonnay', coletadas em março e em dezembro de 2012, aumentou de forma quadrática com a dose de N aplicada no solo (Tabela

4). O mesmo aconteceu nas folhas de videiras 'Pinot Noir', coletadas em março de 2012. O aumento do teor de N total das folhas de videiras jovens, especialmente naquelas coletadas no mês de março, pode ser atribuído em parte ao incremento do teor de  $N-NH_4^+$  e, especialmente, de  $N-NO_3^-$ , o que se refletiu nos teores de N mineral no solo da camada de 10-20 cm, com o aumento da dose de N aplicada (Tabela 3). Por sua vez, o aumento do teor de N total das folhas das videiras 'Chardonnay', em dezembro de 2012, em relação às videiras 'Pinot Noir', pode ser explicado em parte pelo maior vigor das plantas, mensurado pelo maior diâmetro de caule

**Tabela 4:** Teor de N total em folhas, diâmetro de caule, altura das plantas, matéria seca do material da poda e leitura SPAD, em folhas de videiras jovens dos cultivares 'Chardonnay' e 'Pinot Noir', cultivadas em solo Argissolo Vermelho submetido à aplicação de doses crescentes de N

Coleta	Dose (kg N ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )						Equação	R <sup>2</sup>
	0	10	20	40	60	80		
<b>Chardonnay'</b>								
<b>N-total em folhas (%)</b>								
Mar. 2012	2,28	2,37	2,50	2,47	2,45	2,45	$y = 2,3073+0,0077x-0,00008x^2$	0,75*
Jul. 2012	0,82	0,84	0,84	0,83	0,84	0,80	Ns	-
Dez. 2012	2,30	2,36	2,38	2,41	2,49	2,47	$y = 2,3061+0,0042x-0,00003x^2$	0,94*
<b>Leitura SPAD</b>								
Mar. 2012	41,15	41,31	40,54	43,13	44,40	43,26	Ns	-
Dez. 2012	33,22	33,91	33,39	36,50	36,07	36,87	Ns	-
<b>Diâmetro do caule (cm)</b>								
Mar. 2012	4,46	4,66	5,26	5,95	6,15	6,49	$y = 4,3828+0,0467x-0,0003x^2$	0,98*
Dez. 2012	9,15	10,85	11,64	12,38	14,19	15,09	$Y = 9,5133+0,0979x-0,0004x^2$	0,97*
<b>Altura da planta (cm)</b>								
Mar. 2012	37,00	40,65	44,52	51,61	60,82	56,31	$y = 35,644+0,594x-0,0039x^2$	0,95*
Dez. 2012	80,67	87,46	91,58	112,49	131,21	124,67	$y = 76,978+1,1746x-0,0066x^2$	0,94*
<b>Matéria seca do material da poda (g planta<sup>-1</sup>)</b>								
Jul. 2012	43,77	64,05	81,45	161,74	236,56	244,74	$y = 31,198+3,7441x-0,0117x^2$	0,97*
<b>'Pinot Noir'</b>								
<b>N-total (%)</b>								
Mar. 2012	2,66	2,68	2,76	2,60	2,59	2,51	$y = 2,684+0,0007x-0,00004x^2$	0,75*
Jul. 2012	0,79	0,80	0,79	0,80	0,81	0,84	$y = 0,7947-0,0003x+0,00001x^2$	0,94*
Dez. 2012	2,19	2,53	2,36	2,36	2,38	2,40	Ns	-
<b>Leitura SPAD</b>								
Mar. 2012	35,94	39,30	38,05	40,70	42,03	44,92	Ns	-
Dez. 2012	35,28	35,11	35,19	37,42	37,44	38,80	Ns	-
<b>Diâmetro do caule (cm)</b>								
Mar. 2012	4,12	4,32	4,58	4,58	4,67	4,69	$y = 4,1656+0,0175x-0,0001x^2$	0,91*
Dez. 2012	8,33	8,83	8,79	8,09	8,87	8,58	Ns	-
<b>Altura da planta (cm)</b>								
Mar. 2012	36,99	41,34	50,64	56,89	60,23	57,56	$y = 36,159+0,7838x-0,0064x^2$	0,98*
Dez. 2012	84,25	88,89	96,82	97,60	97,83	98,72	$y = 85,176+0,5009x-0,0043x^2$	0,90*
<b>Matéria seca do material da poda (g planta<sup>-1</sup>)</b>								
Jul. 2012	53,27	67,72	87,75	91,49	111,89	111,90	$y = 54,988+1,4647x-0,0094x^2$	0,96*

Ns = não significativo a 5% de probabilidade de erro; \* = significativo a 5% de probabilidade de erro.

e pela altura das plantas, o que se reflete em maior demanda por nutrientes (Brunetto *et al.*, 2009). Os teores de N total das folhas das videiras ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’, coletadas em março e em dezembro de 2012, foram interpretados como normais (1,6-2,4%) ou acima do normal (> 2,4%), o que indica que, inclusive no solo sem a aplicação de N, as videiras jovens absorveram N derivado de outras fontes que não do fertilizante nitrogenado, como a mineralização da matéria orgânica do solo ou os resíduos em decomposição na superfície do solo (Brunetto *et al.*, 2011).

As leituras SPAD normalmente apresentam correlação com o teor de clorofila ou o teor de N total, em folhas de videiras (Brunetto *et al.*, 2012), uma vez que aproximadamente de 50 a 70% do N das folhas integram compostos associados aos cloroplastos e ao conteúdo de clorofila (Chapman & Barreto, 1997). Porém, nas folhas de videiras jovens ‘Chardonnay’ e ‘Pinot Noir’, em março e em dezembro de 2012, as leituras SPAD não aumentaram com a dose de N aplicada no solo (Tabela 4), mesmo com o incremento do teor do nutriente nas folhas, especialmente naquelas coletadas em março de 2012. Isso pode ter acontecido porque o incremento do teor de N total das folhas foi pequeno com o aumento da dose do N aplicada no solo (Porro *et al.*, 1995; Brunetto *et al.*, 2011). Por causa disso, possivelmente, não se verificou correlação entre as leituras SPAD e o teor de N total das folhas, para cada cultivar submetido à aplicação de doses crescentes de N (dados não apresentados). Esses resultados assemelham-se aos obtidos por Porro *et al.* (1995), que não verificaram correlação entre o teor de N total das folhas e leituras SPAD, em videiras do cultivar ‘Chardonnay’, na Itália.

O diâmetro de caule e a altura das plantas do cultivar ‘Chardonnay’, quando avaliados em março e em dezembro de 2012, aumentaram de forma quadrática com o aumento da dose de N aplicada no solo (Tabela 4). O mesmo repetiu-se com o cultivar ‘Pinot Noir’, com exceção das plantas avaliadas em dezembro de 2012. O aumento do diâmetro e da altura das plantas, em março de 2012 refletiu-se, em aumento da produção de matéria seca do material da poda, que se incrementou de forma quadrática com o aumento da dose de N adicionada para os dois cultivares de videiras jovens (Tabela 4). O aumento dos valores dos três parâmetros (diâmetro de caule, altura das plantas e matéria seca do material da poda) pode ser atribuído, por exemplo, em março de 2012, ao incremento do teor de  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$  e N mineral do solo, que foi absorvido e acumulado na planta, uma vez que foi diagnosticado pela análise foliar (Tabela 4).

## CONCLUSÃO

As doses de N aplicadas em videiras jovens, embora não tenham proporcionado alterações relevantes dos teores de  $N-NH_4^+$ ,  $N-NO_3^-$  e N mineral no solo, são capazes de

incrementar o teor de N das folhas, aumentando o vigor das plantas.

O incremento do diâmetro de caule, da altura das plantas e da matéria seca do material da poda, na maioria das épocas de avaliação, está associado a maiores crescimento e uniformidade de plantas de videiras jovens, indicando a importância da adubação nitrogenada nas condições de solos arenosos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelas bolsas concedidas e pelos recursos financeiros disponibilizados. À Vinícola Salton, pela disponibilização de área para a instalação dos vinhedos experimentais. Ao CNPq, pelas bolsas de produtividade em pesquisa concedidas ao segundo e quinto autores.

## REFERÊNCIAS

- Araujo F & Williams LE (1988) Dry matter and nitrogen partitioning and root growth of young field-grown Thompson Seedless grapevines. *Vitis*, 21:21-32.
- Araujo F, Williams LE & Matthews MA (1995) A comparative study of young “Thompson Seedless” grapevines (*Vitis vinifera* L.) under drip and furrow irrigation. II. Growth, water use efficiency and nitrogen partitioning. *Scientia Horticulturae*, 60:251-265.
- Barlow K, Bond W, Holzapfel B, Smith J & Hutton R (2009) Nitrogen concentrations in soil solution and surface run-off on irrigated vineyards in Austrália. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 15:131-143.
- Brunetto G, Kaminski J, Melo GW & Santos DR (2006) Recuperação e distribuição do nitrogênio fornecido a videiras jovens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41:1299-1304.
- Brunetto G, Ceretta CA, Kaminski J, Melo GWB, Lourenzi CR, Furlanetto V & Moraes A (2007) Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: produtividade e características químicas do mosto da uva. *Ciência Rural*, 37:389-393.
- Brunetto G, Ceretta CA, Kaminski J, Melo GM, Giroto E, Trentin EE, Lourenzi CR, Vieira RCB & Gatiboni LC (2009) Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, 39:2035-2041
- Brunetto G, Ventura M, Scandellari F, Ceretta CA, Kaminski J, Melo GW & Tagliavini M (2011) Nutrients release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 90:299-308.
- Brunetto G, Trentin G, Ceretta CA, Giroto E, Lorensini F, Miotto A, Moser GRZ & Melo GW (2012) Use of the SPAD-502 in estimating nitrogen content in leaves and yield in grapevines in soils with different texture. *American Journal of Plant Sciences*, 3:1546-1561.
- Cassman KG & Munns DN (1980) Nitrogen mineralization as affected by soil moisture, temperature, and depth. *Soil Science Society American Journal*, 44:1233-1237.

- Conradie WJ, Zyl JLV & Myburgh PA (1996) Effect of soil preparation depth on nutrient leaching and nutrient uptake by young *Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir. South African Journal for Enology and Viticulture, 17:43-51.
- Chapman SC & Barreto HJ (1997) Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. Agronomy Journal, 89:557-562.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2013) Sistema brasileiro de classificação de solos. 3ª ed. Brasília, Embrapa. 353p.
- Ernani PR, Dias J & Borges M (2000) A aplicação de nitrogênio ao solo em diferentes estádios não afetou o rendimento de frutos de cultivares de macieira. Ciência Rural, 30:223-227.
- Glad C, Farineau J, Regnard JL & Morot-Gaudry JL (1994) The relative contribution of nitrogen originating from two seasonal <sup>15</sup>N supplies to the total nitrogen pool present in the bleeding sap and in whole *Vitis vinifera* cv. Pinot noir grapevines at bloom time. American Journal of Enology and Viticulture, 45:327-332.
- Lorensini F, Ceretta CA, Giroto E, Cerini JB, Lourenzi CR, De Conti L, Trindade MM, Melo GW & Brunetto G (2012) Lixiviação e volatilização de nitrogênio em uma Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. Ciência Rural, 42:1173-1179.
- Porro D, Stefanini M, Failla O & Stringari G (1995) Optimal leaf sampling time in diagnosis of grapevine nutritional status. International Society for Horticultural Science, 383:135-142.
- Rubio-Covarrubias OA, Brown PH, Weinbaum SA, Johnson RS & Cabrera RI (2009) Evaluating foliar nitrogen compounds as indicators of nitrogen status in Prunus persica trees. International Society for Horticultural Science, 120:27-33.
- Soares JM & Nascimento T (1998) Distribuição do sistema radicular da videira em vertissolo sob irrigação localizada. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2:142-147.
- Von Wirén N, Gazzarrini S & Frommer WB (1997) Regulation of mineral nitrogen uptake in plants. Plant and Soil, 196:191-199.
- Zapata C, Deléens E, Chaillou S & Magné C (2004) Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). Journal of Plant Physiology, 161:1031-1040.