

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA EM VIDEIRAS JOVENS
E EM PRODUÇÃO**

TESE DE DOUTORADO

Felipe Lorensini

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

ADUBAÇÃO NITROGENADA EM VIDEIRAS JOVENS E EM PRODUÇÃO

Felipe Lorensini

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Processos Químicos e Ciclagem de Elementos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Ceretta

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Lorensini, Felipe
ADUBAÇÃO NITROGENADA EM VIDEIRAS JOVENS E EM PRODUÇÃO
/ Felipe Lorensini.-2014.
55 p.; 30cm

Orientador: Carlos Alberto Ceretta
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Ciência do Solo, RS, 2014

1. Fertilidade do solo 2. Adubação nitrogenada 3.
Videiras I. Ceretta, Carlos Alberto II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Ciência Do Solo**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**ADUBAÇÃO NITROGENADA EM VIDEIRAS JOVENS E EM
PRODUÇÃO**

elaborado por
Felipe Lorensini

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Ciência do Solo

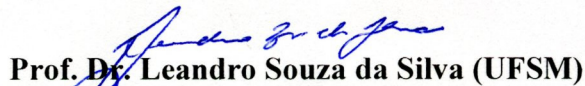
COMISSÃO EXAMINADORA



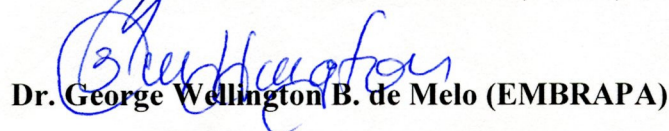
Prof. Dr. Carlos Alberto Ceretta
(Presidente/orientador)



Prof. Dr. Gustavo Brunetto (UFSM)



Prof. Dr. Leandro Souza da Silva (UFSM)



Dr. George Wellington B. de Melo (EMBRAPA)



Dr. Eduardo Giroto (IFRS)

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2014.

Aos meus pais Lauro Lorensini e
Almira Lorensini, pelo amor,
educação, ensinamentos, apoio e
por terem sido exemplo de
honestidade e dignidade.

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus por sempre guiar meus passos e colocar pessoas especiais no meu caminho.

Em especial, aos meus pais Lauro Lorensini e Almira Lorensini, que sempre me apoiaram e incentivaram a seguir em frente e alcançar meus objetivos. A vocês só tenho a agradecer por tudo que fizeram por mim, por me ensinarem a importância da honestidade e a construir os meus próprios valores como pessoa. Obrigado pelo amor, pela compreensão e confiança em mim depositada.

Ao meus irmãos Raquel, Simone e Vinicius pelo apoio e incentivo.

À Natália, minha namorada, com quem tenho dividido minhas alegrias, expectativas e apreensões nos últimos anos. Obrigado por caminhar sempre a meu lado. Amo Você!

Ao professor Carlos Alberto Ceretta, que sempre foi mais do que um orientador, é um amigo com quem sempre posso contar. Um exemplo de dedicação, competência, honestidade e caráter. Obrigado por acreditar em mim.

Ao professor Gustavo Brunetto, pela orientação e pela ajuda para realização deste trabalho e, principalmente, pela amizade e exemplo de dedicação e competência.

Aos Mestrandos Lessandro De Conti e Tadeu Luis Tiecher, que ajudaram muito na execução do trabalho.

Ao Doutorando Cledimar (meu conterrâneo) pela amizade e conhecimentos compartilhados.

Ao bolsista de iniciação científica Dênis, pela amizade e pelo auxílio na execução das coletas e análises laboratoriais.

Aos colegas de pós-graduação pelas conversas e parceria.

Ao Luiz Francisco Finamor sempre bem humorado e disposto a ajudar.

Aos professores do Departamento de Solos João Kaminski, Danilo Rheinheimer dos Santos, Celso Aita, Leandro Souza da Silva, Sandro Giacomini, Ricardo Dalmolin, Jean Minella, Dalvan J. Reinert, José Miguel Reichert, Zaida Antonioli, Fabrício Pedron, Rodrigo Jacques e Thomé Lovato, pelas conversas e pelo aprendizado durante o curso.

Aos colegas de laboratório pela convivência e pela amizade criada ao longo desses anos. Agradeço-os pelo convívio e conhecimento compartilhado ao longo desse período.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, pela oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq, CAPES, FAPERGS, pelas bolsas e financiamento.

À Embrapa Uva e Vinho, pelo auxílio financeiro e pela estrutura.

À empresas Citrosul e Salton pela estrutura.

RESUMO

Tese de Doutorado

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

Universidade Federal de Santa Maria

ADUBAÇÃO NITROGENADA EM VIDEIRAS JOVENS E EM PRODUÇÃO

Autor: Felipe Lorensini

Orientador: Carlos Alberto Ceretta

Data: Santa Maria, 27 de fevereiro de 2014.

Na Região da Campanha Gaúcha as videiras são cultivadas em solos com textura arenosa e com baixo teor de matéria orgânica, o que lhes confere baixa capacidade de fornecimento de nitrogênio (N) sendo necessária a aplicação de fertilizantes nitrogenados. Nesta região são escassas as informações sobre a resposta de videiras jovens a adubação nitrogenada bem com o impacto da adição de N em plantas adultas sobre sua produção e a composição da uva. O trabalho objetivou avaliar o incremento de formas de N no solo, o crescimento, a produção, estado nutricional e composição do mosto de videiras submetidas à adubação nitrogenada. Para avaliar a reposta de videiras foi realizado um experimento no período de outubro de 2011 a dezembro de 2012, onde videiras das variedades Chardonnay e Pinot Noir foram submetidas à aplicação de 0, 10, 20, 40, 60 e 80 kg N ha⁻¹ ano⁻¹. Foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, que foram submetidas a análise dos teores de N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N total e calculado o N mineral. Nas plantas avaliou-se o teor total de N em folhas, leituras SPAD, diâmetro de caule, altura das plantas e massa do material podado. Para avaliação do impacto da adubação nitrogenada em videiras adultas foi conduzido um experimento onde Videiras Cabernet Sauvignon foram submetidas à aplicação de 0, 10, 15, 20, 40, 80 e 120 kg N ha⁻¹ ano⁻¹. Nas safras de 2008/09, 2009/10 e 2010/11 foram coletadas folhas no pleno florescimento e na mudança da cor das bagas e analisado o teor de N total, avaliada a produção de uva e no mosto foram determinados atributos enológicos. A aplicação de doses de N em videiras jovens, Chardonnay e Pinot Noir, não afetou os teores de N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ e N mineral na camada de 0-10 cm e teve efeito pouco relevante na camada de 10-20 cm do solo. Houve incremento no teor de N nas folhas das videiras, o que se refletiu no aumento no vigor das plantas, mensurado pelo diâmetro de caule, na altura das plantas e na massa do material da poda. A leitura SPAD-520 não detectou o incremento do teor total de N em folhas das videiras jovens das duas cultivares. Em videiras adultas, a resposta à aplicação de N foi pouco expressiva, tanto que a maior produção de uva foi obtida com a aplicação de 15 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. A aplicação de N aumentou o teor do nutriente na folha coletada no pleno florescimento e a coleta das folhas neste estágio mostrou-se mais sensível para avaliar o estado nutricional da videira quando comparado com as folhas coletadas na mudança de cor. O Aumento da dose de N pouco afetou o teor de nutrientes totais no mosto e não interferiu nos atributos enológicos do mosto, como os sólidos solúveis, pH, acidez total e ácido málico e tartárico.

Palavras-chave: Nitrogênio, crescimento de plantas, componentes de produção, *Vitis vinifera*.

ABSTRACT

Doctoral Thesis in Soil Science
Graduate Program in Soil Science
Federal University of Santa Maria

NITROGEN IN YOUNG AND VINES IN PRODUCTION

Author: Felipe Lorensini

Advisor: Carlos Alberto Ceretta

Date: Santa Maria, 27-02-2014

In the Campanha Gaúcha from Rio Grande do Sul State (RS), vines has been cultivated under sandy soils with low organic matter content; therefore they have a low nitrogen (N) supply capacity and inputs of N fertilizers are necessary. Moreover, there is a lack of information about the responses of nitrogen fertilization over the cuttings, production, nutritional status and must composition. The study aimed to evaluate the increment of N forms in the soil and the response of young vines and also evaluate the nutritional status and must composition in adult vines production. To evaluate the response of N addition in young vines an experiment was carried out in Santana do Livramento (RS) from October 2011 to December 2012, using vines of Chardonnay and Pinot Noir varieties which received 0, 10, 20, 40, 60 and 80 kg N ha⁻¹ year⁻¹. Soil samples at 0-10 and 10-20 cm were collected and analyzed to evaluate the levels of N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N total and calculate the mineral N. In plants, were evaluated the N total of leaves, realized SPAD readings, stem diameter, plant height and mass of pruned material. For rating the impact of nitrogen fertilization in adult vines an experiment was carried out in Rosario do Sul (RS) where vines Cabernet Sauvignon received 0, 10, 15, 20, 40, 80 and 120 kg N ha⁻¹ year⁻¹. Along the harvests of 2008/ 09, 2009/ 10 and 2010/11 leaves were collected in the flowering and changing the color of berries, total N content was analyzed, the production of grapes was quantified and the enological attributes of must were evaluated. Application of N rates (in young Chardonnay and Pinot Noir plots), did not affect the concentrations of N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ and mineral N in the 0-10 cm layer and had small effect in the 10-20 cm layer soil. There was an increase in N content in the leaves of vines, which resulted in increased plant vigor, measured by stem diameter, plant height and mass of material from pruning. Readings SPAD-520 did not detect the increment of the total N content in the leaves of the young vines of both cultivars. On mature vines, the response to N application was not significant, so that the greatest grape production was obtained with the application of 15 kg N ha⁻¹ year⁻¹. The N content increased in the leaves collected in full flowering, but had small effect on the total content of nutrients in the must and did not interfere in their enological attributes, as soluble solids, pH, total acidity and malic acid and tartaric acid.

Keywords: Nitrogen, cutting development, yield components, *Vitis vinifera*.

LISTA DE TABELAS

ESTUDO I

Tabela 1 - Temperatura média do ar, precipitação e insolação na área experimental entre os meses de agosto de 2011 a dezembro 2012.....	26
Tabela 2 - Características do solo Argissolo Vermelho, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, antes do cultivo de videiras das cultivares Chardonnay e Pinot Noir.....	27
Tabela 3 - Teor de amônio (N-NH ₄ ⁺), nitrato (N-NO ₃ ⁻), N mineral e N total, nas 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 das cultivares Chardonnay e Pinot Noir.....	28
Tabela 4 - Teor de N total, diâmetro de caule, altura das plantas, matéria seca da poda e leitura SPAD em folhas de videiras jovens das cultivares Chardonnay e Pinot Noir, cultivadas em um solo Argissolo Vermelho submetido à aplicação de doses crescentes de N.....	29

ESTUDO II

Tabela 1 - Temperatura média do ar, precipitação e insolação na área experimental nas safras de 2008, 2009 e 2010.....	43
Tabela 2 - Teor de nitrogênio total em folhas completas coletadas no pleno florescimento e na mudança da cor das bagas. em videiras submetidas à aplicação de 0. 10. 15. 20. 40. 80 e 120 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ nas safras de 2008. 2009 e 2010.....	44
Tabela 3 - Número de cachos por planta. peso médio dos cachos. número de bagas por cacho. peso de 100 bagas. produção de uva por planta e por hectare. em videiras submetidas à aplicação de 0. 10. 15. 20. 40. 80 e 120 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ nas safras de 2008. 2009 e 2010.....	45
Tabela 4 - Teor total de nitrogênio. fósforo e potássio no mosto de uvas de videiras submetidas à aplicação de 0. 10. 15. 20. 40. 80 e 120 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ nas safras de 2008. 2009 e 2010.....	46
Tabela 5 - Sólidos solúveis. pH. acidez total. ácido tartárico e ácido málico no mosto de uvas de uvas de videiras submetidas à aplicação de 0. 10. 15. 20. 40. 80 e 120 kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹ nas safras de 2008. 2009 e 2010.....	47

LISTA DE FIGURAS

ESTUDO II

Figura 1 - Relação entre a produção de uva e a dose de nitrogênio aplicado no solo (a) e entre produção e o total de nitrogênio em folhas completas coletadas no pleno florescimento (b). em videiras submetidas à aplicação de 0. 10. 15. 20. 40. 80 e 120 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ nas safras de 2008. 2009 e 2010.....48

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	12
1.1. HIPÓTESES	15
1.2. OBJETIVOS.....	15
2. ESTUDO I – FORMAS DE NITROGÊNIO NO SOLO E RESPOSTA DE VIDEIRAS JOVENS “CHARDONNAY” E “PINOT NOIR” À ADUBAÇÃO NITROGENADA	16
2.1. RESUMO	16
2.2. ABSTRACT	16
2.3. INTRODUÇÃO.....	17
2.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
2.6. CONCLUSÃO	23
2.7. REFERÊNCIAS	23
3. ESTUDO II – ADUBAÇÃO NITROGENADA EM VIDEIRAS CABERNET SAUVIGNON: PRODUÇÃO, TEOR DE NITROGÊNIO TOTAL NAS FOLHAS E COMPOSIÇÃO DO MOSTO ⁰.....	30
3.1. RESUMO	30
3.2. ABSTRACT	30
3.3. INTRODUÇÃO.....	31
3.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
3.6. CONCLUSÃO	39
3.7. REFERÊNCIAS	39
4. DISCUSSÃO	49
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

1. INTRODUÇÃO GERAL

No Estado do Rio Grande do Sul (RS), localizado na Região Sul do Brasil, detentor da maior área cultivada com videiras no país, o cultivo da videira iniciou com a chegada dos primeiros imigrantes italianos, por volta de 1870. Os vinhedos estão localizados em cerca de 13 mil propriedades, ocupando aproximadamente 50,5 mil hectares, na sua maioria conduzidos com mão-de-obra familiar, sendo a uva produzida usada para a elaboração de 90% do vinho nacional (MELLO, 2010).

No RS, a Serra Gaúcha é a maior e mais importante região vitivinícola, onde os vinhedos são implantados em solos rasos, com textura média ou argilosa, ácidos e com teor médio ou alto de matéria orgânica, conferindo-lhes alta capacidade de fornecimento de N (BRUNETTO et al., 2007). Porém, a partir da década de 70, os solos sob campo natural da Campanha Gaúcha, localizada no Sudeste do RS foram incorporados ao sistema de produção de uvas, pois na região são observadas condições climáticas favoráveis ao cultivo da videira, como baixas precipitações na maioria dos anos durante o período vegetativo e produtivo das plantas, desejado número de horas de insolação, além disso, o relevo da região é suave ondulado, o que possibilita o uso intenso de máquinas e equipamentos nos vinhedos, para a realização de roçadas de plantas que co-habitam as linhas e entrelinhas, aplicação de defensivos agrícolas e colheita mecânica da uva.

A recomendação de adubação nitrogenada para videiras em tradicionais regiões vitivinícolas do mundo é baseada na análise de solo e/ou na análise foliar. Em alguns países do Mundo é usado a determinação de formas de N mineral do solo ou teor de matéria orgânica, para a definição da necessidade e dose adequada de N a ser aplicada. Por outro lado, a análise de tecido tem sido recomendada como um dos métodos que melhor representa o estado nutricional das plantas, pois contribui para a quantificação do N a ser aplicado (WEINBAUM et al., 1992; TAGLIAVINI & MARANGONI, 2002; TAGLIAVINI & MILLARD, 2005). Exemplo disso é a análise do teor total de N em folhas ou pecíolo em vinhedos da Itália, França e Estados Unidos da América, sendo os valores obtidos usados para auxiliar na definição da dose do nutriente a ser aplicada (ALBUQUERQUE, 1996).

Nos Estados do RS e Santa Catarina (SC), antes da instalação dos vinhedos tem sido usado o teor de matéria orgânica como critério para a definição da dose de N a ser aplicada na adubação de pré-plantio de videiras jovens. Mas, talvez o mais adequado seja o estabelecimento da melhor dose de N, através da realização de experimentos regionais de

calibração, onde a dose é relacionada a parâmetros de crescimento das plantas, como altura, diâmetro de caule, entre outros. Mas também, nestes experimentos é possível conhecer o fluxo das formas de N no solo ao longo dos primeiros anos de crescimento das plantas. Estes estudos são escassos no Brasil e inexistentes até o momento no RS e SC, porém indispensáveis porque a adubação nitrogenada em videiras jovens tem como propósito acelerar o crescimento, aumentar o acúmulo de fotossintetizados e antecipar a formação da estrutura vegetativa da planta (POMMER, 2003).

Por outro lado, para videiras adultas em produção durante o período de 1987 até 2004 foi utilizado como critério na tomada de decisão e da dose de N a ser aplicada o teor de matéria orgânica (CQFS-RS/SC, 1995). A imprecisão nas respostas da videira à recomendação vigente, fez com que fosse introduzida, alternativamente, a determinação do teor de nutrientes no pecíolo ou na folha inteira, sendo este parâmetro utilizado na edição de 2004 do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2004). A recomendação é de que a aplicação de N seja a lanço e sem incorporação, para evitar danos mecânicos às raízes (CQFS-RS/SC, 2004; BRUNETTO et al., 2007). Porém, os estudos até o momento realizados sugerem que as videiras incrementam a produção de uva em baixas doses de N e, em alguns casos, podem interferir na composição da uva e do mosto. No entanto, para confirmar estes resultados preliminares é necessário a realização de experimentos de média e longa duração.

Alternativamente à análise de N total no pecíolo ou na folha inteira, podem ser utilizados métodos não destrutivos, como o clorofilômetro (SPAD-502), que permite a obtenção de índices de forma simples e rápida no campo e conseqüente correção de possíveis deficiências ainda no mesmo ciclo. Todavia, como o equipamento fornece uma leitura em unidades arbitrárias (leitura SPAD na faixa de 0 a 99,9) as leituras devem ser correlacionadas com o teor de clorofila e/ou de N total da folha. Esta técnica já foi utilizada em várias frutíferas como macieira (NEILSEN et al., 1995; PORRO et al., 2001), videira (PORRO et al., 2001; RUPP et al., 1999; RUPP & TRANKLE, 1995; BRUNETTO et al. 2012), pessegueiro (THOMIDIS & TSIPOURIDIS, 2005), pereira (PERYEA & KAMMERECK, 1997; CHANG & CHANG, 1998), mangueira (CHANG & CHANG, 1998), citrus (ARAÚJO et al., 2004; ESPOSTI et al., 2003; JIFON et al., 2005; LI et al., 1998), entre outras.

Alguns trabalhos indicam que as videiras aproveitam e acumulam nas partes perenes e anuais pequenas quantidades de N do fertilizante (BRUNETTO et al., 2006b; BRUNETTO, 2008). Estes autores sugerem que isso acontece porque as temperaturas que ocorrem durante

todo o ano na região permitem que ocorra a mineralização da matéria orgânica lábil do solo e a decomposição dos resíduos culturais das plantas estivais e hibernais que coabitam os vinhedos, o que, aliado ao hábito perene da planta, favorece a absorção contínua de N do solo, preferencialmente, nas formas minerais, como o nitrato e o amônio (ROUBELAKIS-ANGELAKIS & KLIEWER, 1992), durante o ano todo. Depois de absorvido o N da solução do solo na forma mineral, como nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+), parte do N é incorporado às estruturas carbonadas e redistribuído para os pontos de crescimento (GLAD et al., 1994). A outra parte é acumulada na forma de compostos nitrogenados de baixo peso molecular, nos órgãos perenes, especialmente nas raízes (ZAPATA et al., 2004; BRUNETTO et al., 2005), sendo mobilizadas e redistribuídas para os órgãos anuais no crescimento do próximo ciclo vegetativo (CONRADIE, 1990). Assim, a quantidade de N absorvida deve suprir a necessidade fisiológica e a formação de reservas nitrogenadas remobilizáveis.

O planejamento da adubação deve considerar a deposição e ciclagem de nutrientes das plantas que coabitam os vinhedos (COLUGNATI et al., 2003; PATRICK et al., 2004); o ciclo vegetativo e produtivo das plantas e as épocas adequadas de aplicação do fertilizante nitrogenado mineral, como estratégias capazes de maximizar o aproveitamento de todos os nutrientes disponibilizados, lenta e rapidamente, durante o ano todo e nos períodos de maior demanda. Com isso, espera-se que a videira absorva e acumule maiores quantidades do nutriente, proporcionando um bom crescimento das plantas jovens e que estas quando produtivas, tenham produções satisfatórias (BELL & ROBSON, 1999) com qualidade desejável no que se refere a valores de sólidos solúveis totais, o pH, a acidez, os ácidos orgânicos, os polifenóis totais, as antocianinas e os nutrientes que serão utilizados pelas leveduras (SPAYD et al., 1994; SPAYD et al., 1995; KELLER & HRAZDINA, 1998; KELLER et al., 1999; BRUNETTO et al., 2007). Assim, a uva produzida apresentará composição desejável e haverá menor probabilidade de transferência de N para espelhos da água superficial e para lençóis freáticos, fenômeno já bem conhecido em pomares de frutíferas de tradicionais países produtores. (TAGLIAVINI et al., 1996; VENTURA et al., 2005; LORENSINI et al., 2012).

Os fertilizantes nitrogenados devem ter sua necessidade e dose estabelecidas com base em níveis críticos no tecido vegetal, em relação a rendimentos satisfatórios e uvas com atributos de qualidade desejados. Para isso, são necessários experimentos de campo, que são ainda mais escassos ou inexistentes para a videira na região Sul do Brasil, especialmente na Região da Campanha Gaúcha, que foi introduzida ao sistema de produção mais recentemente,

para definir a resposta de videiras jovens bem como a produtividade e a composição da uva de videiras adultas. Isso permitirá a elaboração de recomendações de adubação com maior precisão e o uso mais racional de fertilizantes nitrogenados.

Diante do cenário descrito justifica-se a presente pesquisa, para avaliar o efeito da adubação nitrogenada no crescimento de plantas jovens e na produção e na composição da uva de videiras em produção, bem como, avaliar diferentes parâmetros que possam ser utilizados como critérios para auxiliar na tomada de decisão sobre a recomendação da adubação nitrogenada para cultura.

1.1. HIPÓTESES

- a) A adição de doses crescentes de N em videiras jovens altera seu crescimento afetando a precocidade da fase produtiva.
- b) O aumento da dose de N aplicado no solo em videiras adultas altera a produtividade e a composição química da uva e do seu mosto.
- c) A coleta de folhas no estágio de pleno florescimento é mais sensível à avaliação do estado nutricional, quando comparado com a coleta na mudança de cor da baga.

1.2. OBJETIVOS

- a) Determinar o incremento de formas de N no solo e a resposta de videiras jovens Chardonnay e Pinot Noir, em solo submetido à adubação nitrogenada.
- b) Determinar a produção, o estado nutricional e a composição do mosto de uvas de videiras em produção Cabernet Sauvignon, submetidas a adubação nitrogenada.
- c) Avaliar os critérios de predição que podem auxiliar na tomada de decisão sobre a necessidade e dose de N a ser aplicada em videiras jovens e em produção.

2. ESTUDO I – FORMAS DE NITROGÊNIO NO SOLO E RESPOSTA DE VIDEIRAS JOVENS “CHARDONNAY” E “PINOT NOIR” À ADUBAÇÃO NITROGENADA ¹

2.1. RESUMO

O trabalho objetivou avaliar o incremento de formas de N no solo e a resposta de videiras jovens Chardonnay e Pinot Noir em solo submetido à adubação nitrogenada. O experimento foi realizado no período de outubro de 2011 a dezembro de 2012, em um vinhedo comercial em Santana do Livramento (RS). Videiras das variedades Chardonnay e Pinot Noir foram submetidas à aplicação de 0, 10, 20, 40, 60 e 80 kg N ha⁻¹ ano⁻¹. Durante dois ciclos de crescimento foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, que foram submetidas a análise dos teores de N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N total e calculado o N mineral. Nas plantas avaliou-se o teor total de N em folhas, leituras SPAD, diâmetro de caule, altura das plantas e massa do material podado. A aplicação de doses de N em videiras jovens, Chardonnay e Pinot Noir, não afetou os teores de N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ e N mineral na camada de 0-10 cm e teve efeito pouco relevante na camada de 10-20 cm do solo. Contudo, houve incremento no teor de N nas folhas das videiras, na maioria das épocas amostradas, em resposta ao incremento na dose de N aplicado no solo. Isso se refletiu no aumento no vigor das plantas, mensurado pelo diâmetro de caule, na altura das plantas e na massa do material podado. A leitura SPAD-520 não detectou o incremento do teor total de N em folhas das videiras jovens das duas cultivares submetidas a adubação nitrogenada.

Palavras-chave: Crescimento de plantas, análise foliar, SPAD-520, *Vitis vinifera*.

2.2. ABSTRACT

Forms of nitrogen in soil and responses of young vines "Chardonnay" and "Pinot Noir" to nitrogen fertilizations

¹ Artigo elaborado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Fruticultura.

The study aimed to evaluate the increment of N forms in the soil and the responses of young vines, Chardonnay and Pinot Noir, in a soil under nitrogen fertilization. The experiment was carried out from October 2011 to December 2012, in a commercial vineyard in the Salton Winery, at Santana do Livramento (RS). Vines Chardonnay and Pinot Noir varieties were fertilized with 0, 10, 20, 40, 60 and 80 kg N ha⁻¹ year⁻¹. Along two growth cycles levels of N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N total were analyzed from soil samples collected at 0-10 and 10-20 cm, afterward mineral N was calculated. In plants, were evaluated the total N in leaves, SPAD readings were done, stem diameter and plant height and mass of pruned material were measured. Plots of in young vines, Chardonnay and Pinot Noir, which have received applications of N rates had the concentrations of N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ and mineral N in the 0-10 cm layer not affect and had an almost irrelevant effect in the 10-20 cm layer soil. However, there was an increase in N content in the leaves of vines in most of the date samplings, in response to the increase in the rate of nitrogen applied to the soil. This was reflected in the increase in plant vigor measured by stem diameter, plant height and mass of material from pruning. Readings of SPAD-520 did not detect the increment of the total N content in the leaves of the young vines of both cultivars subjected to nitrogen fertilization.

Key words: Plant development, leaf analysis, *Vitis vinifera*.

2.3. INTRODUÇÃO

Nos Estados do Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC) recomenda-se antes do transplante de videiras jovens, a aplicação e incorporação de calcário no solo para elevar o pH em água até 6,0, bem como preconiza-se a aplicação na superfície do solo, seguida de incorporação, de fertilizantes fosfatados e potássicos para elevar os teores de fósforo (P) e potássio (K) acima do nível crítico do nutriente, para inicialmente garantir adequado crescimento das plantas. Durante o crescimento das videiras jovens, recomenda-se, com base no teor de matéria orgânica do solo, a aplicação de fontes de nitrogênio (N), como a ureia, na superfície do solo e sem incorporação (CQFS-RS/SC, 2004). Entretanto, tem se verificado que nem sempre a análise da matéria orgânica no solo estima adequadamente a disponibilidade de N às plantas, por causa do grande número e magnitude das reações do solo que afetam a disponibilidade de N e sua variação no teor no solo ao longo do tempo e hábito perene das frutíferas, entre elas a videira, que permite a absorção e o acúmulo de N em órgãos durante todo o ano (ERNANI et al., 2000). Assim, pode-se definir a dose mais adequada de N a ser

aplicada, através da realização de experimentos regionais de calibração, onde parâmetros de plantas são relacionados com a dose do nutriente.

O N aplicado no solo via ureia é rapidamente hidrolisado pelas enzimas extracelulares urease, formando amônia (N-NH_3) e, em seguida, amônio (N-NH_4^+), que através da oxidação biológica será transformado em nitrito (N-NO_2^-) e, posteriormente, nitrato (N-NO_3^-), que poderá se refletir em incremento dos teores de N mineral no solo. O N-NO_3^- na solução do solo, caso não seja absorvido pela planta, pode ser lixiviado no perfil do solo, especialmente naqueles mais arenosos, com baixo teor de matéria orgânica e argila, potencializando a contaminação de águas subsuperficiais (LORENSINI et al., 2012). Isso acontece porque o N-NO_3^- forma complexo de esfera-externa com os grupos funcionais de superfície das partículas reativas do solo, onde é mantida a sua água de hidratação ao ser adsorvido e, com isso, a energia de adsorção do íon com as partículas orgânicas e inorgânicas do solo é pequena (YU, 1997). Em condições de baixa concentração de formas de N na solução do solo às plantas, como as videiras, podem, para aumentar a eficiência de utilização do nutriente, aumentar a relação raiz/parte aérea ou o número de pelos radiculares, que são modificações de caráter morfológico. Também as plantas podem promover modificações de caráter bioquímico e fisiológico, onde se destaca a ativação de genes capazes de 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 N-NH_4^+ e N-NO_3 , e translocado para os pontos de crescimento (GLAD et al., 1994), o que aumentará o teor de N no interior das plantas, incrementando o teor do nutriente nas folhas, que pode ser diagnosticado pela análise foliar (BRUNETTO et al., 2012). Métodos não destrutivos, como o clorofilômetro (SPAD-502), também podem ser usados onde as leituras realizadas podem apresentar relação com o teor de N total no tecido e, caso exista, pode ser usado 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). Caso realmente aconteça o incremento do teor de N no interior das videiras jovens, se espera aumento no vigor, que pode ser mensurado pela altura das plantas e diâmetro de caule, o que se reflete em aumento da produção do material podado durante a poda de inverno.

O trabalho objetivou avaliar o incremento de formas de N no solo e a resposta de videiras jovens Chardonnay e Pinot Noir em solo submetido a adubação nitrogenada.

2.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de outubro de 2011 a dezembro de 2012, em um vinhedo comercial localizado no município de Santana do Livramento, região da Campanha Gaúcha do RS, Brasil (Latitude 30° 49'7.82"S; Longitude 55°27'2.65"W). 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 experimento são apresentados na Tabela 1. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho, e apresentava na camada de 0-20 cm, antes da implantação do experimento, as características apresentadas na Tabela 2.

Na primeira quinzena de julho de 2011, o solo sob campo natural e sem histórico de cultivo foi submetido a aplicação de 3.800 kg ha⁻¹ de calcário para elevar o valor de pH em água até 6,0. Em seguida foi aplicado 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹ para elevar o teor de P no solo até o nível de suficiência, não sendo aplicado K₂O, porque os teores de K no solo foram interpretados como alto (CQFS-RS/SC, 2004). Logo depois da aplicação do calcário e dos fertilizantes fosfatados o solo foi revolvido até a camada 20 cm, usando um arado de disco. Imediatamente depois, foi realizada uma gradagem no solo. Na segunda quinzena de julho de 2011 foram abertas covas e transplantadas mudas das variedades Chardonnay e Pinot Noir, enxertadas sob o porta-enxerto 110R, na densidade de 4000 plantas por hectare (1,0 x 2,5 m). O sistema de condução do vinhedo foi espaldeira.

Em setembro de 2011 e 2012, as videiras das duas cultivares foram submetidas à aplicação de 0, 10, 20, 40, 60 e 80 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, totalizando ao longo de dois anos 0, 20, 40, 80, 120 e 160 kg de N ha⁻¹, respectivamente. A fonte de N foi a ureia (44% 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 o N foi aplicado houve aplicação do 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 10 plantas, onde anualmente as avaliações foram realizadas nas oito plantas centrais.

Em 30 de março de 2012, primeiro ciclo de crescimento das videiras e em 22 de dezembro de 2012, segundo ciclo de crescimento, foi determinado à altura de cada planta, usando trena métrica; o diâmetro de caule a 10 cm acima do enxerto, usando paquímetro; leituras SPAD, usando clorofilômetro (SPAD-502), em 10 folhas em cada planta, segundo procedimento descrito por Brunetto et al. (2012). Em seguida, foram coletadas 10 folhas de

cada planta, as mesmas onde foram realizadas as leituras com o clorofilômetro, as quais foram posteriormente armazenadas e secas em estufa com circulação de ar forçado a 65°C, moídas e analisado o teor total de N (BRUNETTO et al., 2012). Em julho de 2012, foi realizada a poda de inverno, permanecendo em cada planta o ramo principal com duas gemas. O resíduo de poda foi reservado, seco em estufa com ar forçado a 65°C até matéria seca (MS) constante e, em seguida, determinada a massa em balança de precisão.

Em 28/10/2011 (Out. 2011), 30/03/2012 (Mar. 2012), 12/07/2012 (Jul. 2012) e 22/12/2012 (Dez. 2013) foram coletadas amostras 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. O solo foi armazenado em sacos plásticos e imediatamente foram acondicionados em caixas de isopor com gelo. Parte do solo foi preparado e submetido à análise de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N total utilizando a mesma metodologia utilizada por Lorensini et al. (2012). O N mineral foi obtido pela soma N-NH_4^+ e N-NO_3^- , já que os teores de N-NO_2 , 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_4^+ , N-NO_3^- , N mineral e N total obtidos foram expressos em mg de N kg^{-1} de solo seco. Optou-se em apresentar os valores médios de N-NH_4^+ , N-NO_3^- , N mineral e N total obtidos no solo das duas cultivares, porque os teores verificados em cada dose em cada cultivar foram similares, o que não justifica a apresentação dos resultados separadamente por cultivar.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância com uso do 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% ($P < 0,05$).

2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nitrogênio no solo

Os teores de N-NH_4^+ , N-NO_3^- , N mineral e N total na camada de 0-10 cm do solo coletado em outubro de 2011, e março, julho e dezembro de 2012 não foram alterados com as doses de N aplicadas no solo em setembro de 2011 e 2012 (Tabela 3). Isso pode ter acontecido por causa da rápida nitrificação do N-NH_4^+ a N-NO_3^- , estimulando, especialmente, a lixiviação da forma nítrica no perfil do solo, fenômeno comum em pomares de frutíferas

(VENTURA et al., 2005) e em vinhedos (BARLOW et al., 2009; LORENSINI et al., 2012). Isso acontece 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 (LORENSINI et al., 2012). Entretanto, a quantidade de N lixiviada é dependente, especialmente, da quantidade do N aplicado, teor no solo, do volume de precipitação (LORENSINI et al., 2012) e acontece em maior quantidade em solos com textura superficial arenosa e com baixo teor de matéria orgânica, como do vinhedo do presente estudo (Tabela 1).

A falta de incremento de formas de N na camada de 0-10 cm, em especial N-NO_3^- , pode também ser explicado pela absorção de N pelas raízes das videiras, especialmente, por aquelas que possuem diâmetro mais fino e cor branca, que são mais jovens, localizadas nas camadas mais superficiais do solo e responsáveis pela maior absorção de água e nutrientes (SOARES e NASCIMENTO, 1998). Parte do N absorvido pode ter sido transportado via xilema para a parte aérea das videiras jovens, em formas como alantóina, arginina e citrolina ou ainda formas minerais como NH_4^+ e NO_3^- , incrementando o seu teor no interior da planta (GLAD et al., 1994). O acúmulo de N no interior das videiras foi diagnosticado pela análise foliar, como foi observado nas folhas coletadas em março de 2012 na cultivar Chardonnay e Pinot Noir (Tabela 4).

Na camada de 10-20 cm, os teores de N-NH_4^+ em outubro de 2011 e dezembro de 2012 não aumentaram com a dose de N aplicada no solo (Tabela 3). Mas, o teor de N-NH_4^+ no solo coletado em março e julho de 2012 incrementou com o aumento da dose de N aplicada. Por outro lado, na mesma camada de solo, os teores de N-NO_3^- e N mineral apenas aumentaram com a dose de N quando o solo foi coletado em março de 2012, mas os teores de N total no solo não foram afetados pela aplicação de N. Os teores iguais de N-NH_4^+ e N-NO_3^- na camada de 10-20 cm entre as doses de N adicionadas em algumas épocas de coleta de solo podem ser atribuídos a absorção das duas formas de N pelas videiras jovens, porque elas também, além da camada de 0-10 cm, podem possuir raízes, mesmo que possivelmente em quantidades menores, na camada de 10-20 cm, que podem absorver parte do N que lixiviou no perfil do solo, especialmente o N-NO_3^- . Por outro lado, o incremento do teor de N-NH_4^+ no solo coletado em março e julho de 2012, bem como de N-NO_3^- e 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. Além disso, o incremento de N-NH_4^+ no solo com o aumento da dose de N, pode ser explicado pela menor concentração de O_2 em camadas mais profundas do solo, o que diminui a nitrificação (CASSMAN e MUNNS, 1980). Convém

ressaltar que na camada de 0-10 e 10-20 cm os maiores teores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- , que se refletiram nos teores de N mineral, em geral, tenderam a ser verificados, dentro de cada dose, em outubro de 2011, em relação as demais épocas de coleta de solo (Tabela 3). Isso provavelmente aconteceu porque no mês anterior, setembro de 2011, foram realizadas as aplicações das doses de N no solo.

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 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 nas 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, N-NO_3^- , o que se refletiu nos teores de N mineral, no solo da camada de 10-20 cm com a dose de N aplicada (Tabela 3). O teor de N total nas folhas das videiras Chardonnay e Pinot Noir coletadas em março e dezembro de 2012 foram interpretados como normal (1,6-2,4%) ou acima do normal (>2,4%) (CQFS-RS/SC, 2004), 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 derivadas da mineralização da matéria orgânica do solo ou de 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, 50 a 70% do N das folhas integram compostos associados aos cloroplastos e ao conteúdo de clorofila (CHAPMAN e BARRETO, 1997). Porém, nas folhas de videiras jovens Chardonnay e Pinot Noir, em março e 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 nas folhas foi pequeno com o aumento da dose do nutriente aplicado 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 nas folhas para cada cultivar submetida à aplicação de doses crescentes de N (dados não apresentados), semelhante ao obtido por Porro et al. (1995), que em um trabalho realizado

com videiras também da cultivar Chardonnay, mas na Itália, não verificaram correlação entre o teor de N total nas folhas e leituras SPAD.

O diâmetro de caule e altura das plantas da cultivar Chardonnay quando avaliados em março e dezembro de 2012 aumentaram de forma quadrática com o aumento da dose de N aplicada no solo (Tabela 4). O mesmo se repetiu na 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 se refletiu em aumento da produção do material da poda, que incrementou de forma quadrática com o aumento da dose de N adicionada no solo nas duas cultivares de videiras jovens (Tabela 4). O aumento dos valores dos três parâmetros (diâmetro de caule, altura das plantas e massa 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 no solo, que foi absorvido e acumulado na planta, uma vez que foi diagnosticado pela análise foliar (Tabela 4).

2.6. CONCLUSÃO

A aplicação de doses de N em videiras jovens, Chardonnay e Pinot Noir, não afetou os teores de N-NH_4^+ , N-NO_3^- e N mineral na camada de 0-10 cm e teve efeito pouco relevante na camada de 10-20 cm do solo. Contudo, houve incremento no teor de N nas folhas das videiras, na maioria das épocas amostradas, em resposta ao incremento na dose de N aplicado no solo. Isso se refletiu no aumento no vigor das plantas, mensurado pelo diâmetro de caule, na altura das plantas e na massa do material da poda. A leitura SPAD-520 não apresentou relação com o teor total de N em folhas das videiras jovens das duas cultivares submetidas a adubação nitrogenada.

2.7. REFERÊNCIAS

- BARLOW, K.; BOND, W.; HOLZAPFEL, B.; SMITH, J.; HUTTON, R. Nitrogen concentrations in soil solution and surface run-off on irrigated vineyards in Austrália. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 15, p.131-143, 2009.
- BRUNETTO, G.; CERETTA, C.A.; KAMINSKI, J.; MELO, G.W.B.; LOURENZI, C. R.; FURLANETTO, V.; MORAES, A. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: produtividade e características químicas do mosto da uva. **Ciência Rural**, v. 37, , p. 389-393, 2007.

BRUNETTO, G.; GIROTTTO, E.; MELO, G.W.B.; SANTOS, H.P; CERETTA, C.A.; KAMINSKI, J.; VIEIRA, R.C.B. Aplicação foliar de nitrogênio em videira: avaliação do teor na folha e das reservas nitrogenadas e de carboidratos nas gemas dos ramos do ano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.1119-1123, 2008.

BRUNETTO, G.; CERETTA, C.A.; KAMINSKI, J.; MELO, G.M.; GIROTTTO. E.; TRENTIN, E.E.; LOURENZI, .C.R.; VIEIRA, R.C.B.; GATIBONI, L. C. Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.39, p.2035-2041, 2009.

RUNETTO, G.; VENTURA, M.; SCANDELLARI, F.; CERETTA, C.A.; KAMINSKI, J.; MELO, G.W.; TAGLIAVINI, M. Nutrients release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 90, p.299-308, 2011.

BRUNETTO, G.; TRENTIN, G.; CERETTA, C.A.; GIROTTTO, E.; LORENSINI, F.; MIOTTO, A.; MOSER, G.R.Z.; MELO, G.W. 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**, v. 3, p.1546-1561, 2012.

CASSMAN, K.G.; MUNNS, D.N. Nitrogen mineralization as affected by soil moisture, temperature, and depth. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.44, p.1233-1237, 1980.

CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy journal**, v. 89,, p.557-562, 1997.

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. 3.ed. Porto Alegre. SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 1995, 223p.

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. SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004, p. 400.

ERNANI, P.R.; DIAS, J.; BORGES, M. A aplicação de nitrogênio ao solo em diferentes estádios não afetou o rendimento de frutos de cultivares de macieira. **Ciencia Rural**, v.30, p.223-227, 2000.

GLAD, C.; FARINEAU, J.; REGNARD, J.-L.; MOROT-GAUDRY, J.-L. The relative contribution of nitrogen originating from two seasonal ¹⁵N 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**, v.45, p.327-332, 1994.

LORENSINI, F.; CERETTA, C.A.; GIROTTO, E.; CERINI, J.B.; LOURENZI, C.R.; DE CONTI, L.; TRINDADE, M.M.; MELO, G.W.; BRUNETTO, G. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em uma Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 42, p.1173-1179, 2012.

PORRO, D.; STEFANINI, M.; FAILLA, O.; STRINGARI, G. “Optimal Leaf Sampling Time in Diagnosis of Grapevine Nutritional Status”. **International Society for Horticultural Science**, v.383, p.135-142, 1995.

RUBIO-COVARRUBIAS, O. A.; BROWN, P. H.; WEINBAUM, S. A.; JOHNSON, R. S.; CABRERA, R. I. “Evaluating foliar nitrogen compounds as indicators of nitrogen status in *Prunus persica* trees”. **International Society for Horticultural Science**, v.120, p.27-33, 2009.

SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. Distribuição do sistema radicular da videira em vertissolo sob irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, p.142-147, 1998.

VON WIRÉN, N.; GAZZARRINI, S.; FROMMER, W.B. Regulation of mineral nitrogen uptake in plants. **Plant and Soil**, v.196, p.191-199, 1997.

VENTURA, M.; OPSTAD, N.; ZANOTELLI, D.; SCANDELLARI, F.; QUARTIERI, M. TAGLIAVINI, M. Monitoraggio delle perdite di azoto minerale per lisciviazione dal suolo di un pereto. **Frutticoltura**, v. 10, p.40-44, 2005.

YU, X.; WANG, B.; ZHANG, C.; XU, W.; HE, J.; ZHU, L.; WANG, S. Effect of root restriction on nitrogen levels and glutamine synthetase activity in ‘Kyoho’ grapevines. **Scientia Horticulturae**, v.137, p.156-163, 2012.

YU, T. R. **Chemistry of variable charge soils**. New York: Oxford University Press, 1997.

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

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

Normal climatológica					
Meses	Temperatura			Precipitação	Insolação
	Min	Méd.	Max.		
	-----°C-----			-----mm-----	----horas----
Janeiro	17,5	23,8	30,1	138,8	264,0
Fevereiro	17,4	23,0	29,3	137,2	219,0
Março	15,6	20,9	27	135,9	227,0
Abril	12,2	17,3	23,5	183,6	192,0
Mai	10,3	15,0	21	125,8	174,0
Junho	7,8	12,4	18,1	132,1	134,0
Julho	8,0	12,5	17,9	120,4	155,0
Agosto	8,9	13,5	19,1	96,2	166,0
Setembro	10,0	15,0	20,5	147,3	179,0
Outubro	12,0	17,6	23,3	155,8	222,0
Novembro	14,1	20,0	25,9	118,0	247,0
Dezembro	16,2	22,4	28,4	127,8	274,0

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

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

Tabela 3- Teor de amônio (N-NH₄⁺), nitrato (N-NO₃⁻), N mineral e N total, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, em um solo Argissolo Vermelho submetido a aplicação de doses crescentes de N e cultivado com videiras jovens das cultivares Chardonnay e Pinot Noir.

Coleta	Dose (kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹)						Equação	R ²
	0	10	20	40	60	80		
-----0-10 (cm)-----								
-----N-NH ₄ ⁺ (mg kg ⁻¹)-----								
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	-
-----N-NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹)-----								
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	-
-----N-mineral (mg kg ⁻¹)-----								
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	-
-----N total (mg kg ⁻¹)-----								
Out. 2011	601	593	780	678	563	707	Ns	-
Mar. 2012	487	571	494	514	458	517	Ns	-
Jul. 2012	460	568	551	443	453	506	Ns	-
Dez. 2012	341	330	347	365	388	278	Ns	-
-----10-20 (cm)-----								
-----N-NH ₄ ⁺ (mg kg ⁻¹)-----								
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+0,0337x0,00008x ²	0,78*
Dez. 2012	2,2	2,3	1,7	2,5	2,2	0,9	Ns	-
-----N-NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹)-----								
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	-
-----N-mineral(mg kg ⁻¹)-----								
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	ihgk	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	-
-----N-total (mg kg ⁻¹)-----								
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.

Tabela 4. Teor de N total, diâmetro de caule, altura das plantas, matéria seca da poda e leitura SPAD em folhas de videiras jovens das cultivares Chardonnay e Pinot Noir, cultivadas em um solo Argissolo Vermelho submetido à aplicação de doses de N.

Coleta	Dose (kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹)						Equação	R ²
	0	10	20	40	60	80		
Chardonnay								
-----N-total (%)-----								
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*
-----Leitura SPAD-----								
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	-
-----Diâmetro do caule (cm)-----								
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*
-----Altura da planta (cm)-----								
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*
-----Matéria seca da poda (g planta ⁻¹)-----								
Jul. 2012	43,77	64,05	81,45	161,74	236,56	244,74	$y=31,198+3,7441x-0,0117x^2$	0,97*
-----Pinot Noir-----								
-----N-total (%)-----								
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	-
-----Leitura SPAD-----								
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	-
-----Diâmetro do caule (cm)-----								
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	-
-----Altura da planta (cm)-----								
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*
-----Matéria seca da poda (g planta ⁻¹)-----								
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. nd = não determinado.

3. ESTUDO II – ADUBAÇÃO NITROGENADA EM VIDEIRAS CABERNET SAUVIGNON: PRODUÇÃO, TEOR DE NITROGÊNIO TOTAL NAS FOLHAS E COMPOSIÇÃO DO MOSTO ⁽²⁾

3.1. RESUMO

Videiras adultas cultivadas em solos arenosos são submetidas a aplicações de nitrogênio (N), porém são poucas as informações sobre o seu impacto na produção, estado nutricional e composição do mosto. O trabalho objetivou avaliar a produção, estado nutricional e composição do mosto em videiras adultas submetidas à aplicação de N em um solo arenoso (70.0 g kg⁻¹ de argila), visando fornecer informações para melhorar a recomendação de N à videira. Videiras Cabernet Sauvignon foram submetidas à aplicação anual de 0, 10, 15, 20, 40, 80 e 120 kg N ha⁻¹, em 2008, 2009 e 2010, em Rosário do Sul (RS). Nas safras de 2008/09, 2009/10 e 2010/11 foram coletadas folhas no pleno florescimento e na mudança da cor das bagas e analisado o teor de N total, avaliada a produção de uva e no mosto foram determinados atributos enológicos. Observou-se que mesmo em solo arenoso, a resposta à aplicação de N foi pouco expressiva, tanto que a maior produção de uva de Cabernet Sauvignon foi obtida com a aplicação de 15 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. A aplicação de N aumentou o teor do nutriente na folha coletada no pleno florescimento das plantas adultas, mas pouco afetou o teor de nutrientes totais no mosto e não interferiu nos atributos enológicos do mosto, como os sólidos solúveis, pH, acidez total e ácido málico e tartárico.

Palavras-chave: Ureia, análise foliar, componentes de produção, *Vitis vinifera*

3.2. ABSTRACT

Nitrogen fertilization of Cabernet Sauvignon grapevines: yield, total nitrogen content in the leaves and must composition

Grapevines grown on sandy soils are subjected to the application of supplemental nitrogen (N); however, there is little information available regarding the impact of these applications on yield, plant nutritional state and must composition. The aim of this study was to evaluate

² Artigo elaborado de acordo com as normas Acta Scientiarum. Agronomy.

the yield, nutritional state and must composition of grapevines subjected to N fertilization. Cabernet Sauvignon grapevines were subjected to annual applications of 0, 10, 15, 20, 40, 80 and 120 kg N ha⁻¹ in 2008, 2009 and 2010. During the 2008/09, 2009/10 and 2010/11 harvest seasons, leaves were collected during full flowering and when the berries changed color, and the total N content was analyzed. The grape yield and the enological characteristics of the must were evaluated. The response to applied N was low, and the highest Cabernet Sauvignon grape yield was obtained in response to an application of 15 kg N ha⁻¹ year⁻¹. The application of N increased the nutrient content in the leaf collected at full flowering, but it had little effect on the total nutrient content in the must, and it did not affect the enological characteristics of the must, such as soluble solids, pH, total acidity, malic acid and tartaric acid.

Index terms: Urea, leaf analysis, yield components, *Vitis vinifera*.

3.3. INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul (RS) possui a maior área cultivada com videira do Brasil, aproximadamente, 50.389 mil hectares e, por consequência, é responsável pela elaboração de mais de 90% do vinho nacional. No Estado, a região da Serra Gaúcha, localizada no Nordeste é a maior e mais importante região vitivinícola do país, mas a partir da década de 70, nos solos sob campo natural da região da Campanha Gaúcha, localizada no Sudeste do RS foram instalados vinhedos especialmente com viníferas tintas, como a Cabernet Sauvignon. Esses solos, na sua maioria, apresentam horizonte superficial arenoso e baixo ou médio teor de matéria orgânica, o que lhes confere suposta baixa capacidade de fornecimento de nitrogênio (N) mineral para as plantas (BRUNETTO et al., 2007). Entretanto, nestes solos se observa intenso crescimento de espécies de plantas de cobertura que coabitam os vinhedos, que podem promover, quando leguminosas, fixação biológica de N atmosférico e juntas com as gramíneas ou outras espécies, podem absorver nutrientes, entre eles, o N, de camadas mais profundas do solo. Ao longo da decomposição dos resíduos da parte aérea das espécies depositados na superfície do solo e das raízes senescentes em decomposição no interior do solo, o N contido no tecido pode ser liberado para a zona radicular das videiras, mas algumas vezes pode ser absorvido em pequenas quantidades pelas plantas (BRUNETTO et al., 2009; 2011). Apesar disso, normalmente as videiras apresentam teor de N na folha completa, usada

como órgão diagnóstico do estado nutricional, abaixo do normal ($<16\text{g kg}^{-1}$) (CQFS-RS/SC, 2004), sendo necessária a aplicação de N no solo.

Atualmente, nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SC), a necessidade e a dose de N a ser aplicada no solo são estabelecidas com base no teor total do nutriente na folha completa ou no pecíolo, coletados na mudança da cor das bagas e na expectativa de produção de uva (CQFS-RS/SC, 2004). Porém, as folhas coletadas na mudança da cor das bagas nem sempre são sensíveis em diagnosticar o incremento do teor de N total no interior da planta. Como consequência, a sua disponibilidade no solo nem sempre apresenta relação com a produção de uva, por causa, provavelmente, da sua diluição no órgão amostrado ou pela sua redistribuição para outros órgãos anuais, como os cachos e ramos do ano em crescimento ou mesmo para órgãos perenes, entres eles e, especialmente, ramos de mais de um ano e raízes (BRUNETTO et al., 2006; 2008; 2009). Assim, é possível que outras épocas de coleta das folhas, como o pleno florescimento, possa ser mais adequada para detectar melhor o N total nas folhas, permitindo a inferência sobre o estado nutricional, que se reflete na produção de uva. Além disso, não é suficientemente conhecido o impacto da aplicação de N no solo, nem tampouco a dose do nutriente mais adequada a ser aplicada, sobre a produção de uva e seus componentes, como, o número de cachos por planta, a massa e número de bagas por cacho e massa de 100 bagas (BELL & ROBSON, 1999; BRUNETTO et al., 2007; 2008). Nem sobre os indicadores da composição do mosto, entre eles, o teor total de nutrientes onde, por exemplo, se pode destacar o N, que é determinante da fermentação do mosto, uma vez que causa impacto na biomassa microbiana, na taxa e no tempo de fermentação (JIRANEK et al., 1995; BELTRAN et al., 2005). Também não se tem informações do impacto da aplicação de N sobre o potássio (K), onde o seu incremento no mosto pode potencializar a formação de bitartarato de K no vinho o que, por consequência, pode inclusive aumentar os valores de pH do vinho, acelerando sua oxidação e diminuindo a sua qualidade ao longo do tempo (MPELASOKA et al., 2003), bem como sobre os valores de sólidos solúveis, que quando em escala de graus $^{\circ}\text{Brix}$, representa 90% dos açúcares encontrados no mosto, de pH, acidez total e ácido tartárico e málico, que representam mais de 90% dos ácidos totais da baga e indicam a estabilidade e longevidade do vinho (SPAYD et al., 1995; KELLER et al., 1999; BRUNETTO et al., 2008a). Assim, como a predição da adubação nitrogenada na videira é dependente de atributos químicos do solo e das condições climáticas, que também determinam a tipicidade do vinho, torna-se necessária a realização de experimentos de campo regionais, preferencialmente com mais de uma safra, para aumentar a confiabilidade dos

dados. Com isso, se pode estabelecer a dose mais adequada de N a ser aplicada para a obtenção de produções satisfatórias, bem como para se conhecer o seu impacto no estado nutricional da planta e na composição do mosto das uvas.

O trabalho objetivou avaliar a produção, o estado nutricional e a composição do mosto de uvas de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à aplicação de N em solo arenoso e, com isso, fornecer subsídios à melhoria na recomendação de N à videira.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um solo arenoso em um vinhedo comercial da Empresa Citrosul localizado no município de Rosário do Sul, no Rio Grande do Sul, região da Campanha Gaúcha, Sul do Brasil. O vinhedo foi implantado em 2004 no sistema de condução espaldeira com a variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sob o porta-enxerto SO4, na densidade de 3704 plantas por hectare (1.0 x 2.7 m). O clima da região é Cfa com temperaturas médias variando de 11.9 a 23.5°C e com precipitações médias anuais de 1599 mm. Outros dados climáticos observados ao longo dos meses de realização do trabalho podem ser observados na Tabela 1. O solo foi um *Sandy Typic Hapludalf* soil (Soil Survey Staff, 1999), que apresentava na camada de 0-20 cm e antes da implantação do experimento, os seguintes atributos: argila 70.0 g kg⁻¹; matéria orgânica 10.0 g kg⁻¹; pH em água 5.5; Al trocável 0.0 cmol_c dm⁻³ (extrator KCl 1 mol L⁻¹); Ca trocável 0.9 cmol_c dm⁻³ (extrator KCl 1 mol L⁻¹); Mg trocável 0.6 cmol_c dm⁻³ (extrator KCl 1 mol L⁻¹); P disponível 30.1 mg dm⁻³ (extrator Mehlich 1) e K disponível 48.0 mg dm⁻³ (extrator Mehlich 1), CTC_{pH7,0} 4.7 cmol_c dm⁻³.

As videiras foram submetidas à aplicação de 0, 10, 15, 20, 40, 80 e 120 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, em agosto de 2008, 2009 e em 2010, totalizando ao longo das três safras 0, 30, 45, 60, 120, 240 e 360 kg N ha⁻¹. O N foi aplicado manualmente, na forma de uréia (45% N), na superfície do solo, sem incorporação e em faixas de 0.5 m de largura na linha de plantio (projeção da copa das plantas). Ao longo do ciclo da videira, a faixa onde o N foi aplicado foi submetida à aplicação do herbicida Glifosato, para controle das plantas espontâneas. Nas três safras, as videiras foram submetidas à aplicação de fósforo (P) e potássio (K), seguindo as recomendações oficiais para a cultura (CQFS-RS/SC, 2004). Após a poda de inverno as plantas possuíam aproximadamente oito ramos de ano, totalizando 16 gemas por planta. O delineamento experimental usado foi blocos ao acaso com três repetições, sendo cada parcela

formada por cinco plantas, onde anualmente as avaliações foram realizadas nas três plantas centrais.

No mês de outubro, durante a plena floração das videiras e no mês de janeiro, na mudança da cor das bagas nas safras 2008, 2009 e 2010 foram coletadas 15 folhas maduras por planta, em ambos os lados da linha de plantio. Em seguida, as folhas foram secas em estufa com ar forçado com temperatura de 65°C até massa constante. Logo depois, as folhas foram moídas em moinho de facas tipo Willey. Posteriormente, as folhas foram submetidas à análise de N total, segundo metodologia que é descrita resumidamente: 0.2 g de tecido seco foi adicionada em tubo de digestão de 100 mL. Logo depois, foi adicionado 0.7 g de mistura de digestão (90.9% Na₂SO₄ e 9.1% CuSO₄ 5H₂O), 2 mL de H₂SO₄ concentrado e 1 mL de H₂O₂. Posteriormente, os tubos foram colocados e aquecidos em bloco digestor a uma temperatura de 150°C. Ao longo da digestão a temperatura foi elevada gradativamente (50°C a cada 30 minutos), até 350 °C. Depois que o extrato apresentou cor amarela-esverdeada clara, elas permaneceram no bloco digestor com a temperatura de 350°C por mais 60 minutos. Em seguida, foram adicionados 20 mL de água destilada em cada tubo de digestão, mais 10 mL de NaOH 10 mol L⁻¹ e imediatamente acoplado ao destilador de arraste de vapor semi-micro Kjeldahl. A destilação do N total foi procedida até recolher 35 mL de destilado, em 5 mL de indicador, ácido bórico. Imediatamente, o extrato foi titulado com H₂SO₄ 0.05 mol L⁻¹, o que permitiu a quantificação do teor de N total em cada amostra.

Na maturação das bagas em março de 2009, 2010 e 2011 foi realizada a contagem do número de cachos por plantas e, em seguida, colhidos. Imediatamente foram pesados, usando balança digital. Logo depois, foram separados cinco cachos por plantas onde, em seguida, foi contado o número de bagas por cacho. Posteriormente, foram coletadas, na parte superior, mediana e inferior dos cinco cachos, 100 bagas de uva e pesadas, usando balança digital. As bagas foram divididas em duas porções. Trinta bagas foram trituradas em liquidificador e, em seguida, cada amostra foi submetida à análise de N, P e K total, onde 5 mL de cada amostra foram submetidos a digestão sulfúrica descrita anteriormente, o N total foi determinado da mesma forma que o N total das folhas, K total determinado em fotômetro de chama e o P total determinado segundo Murphy & Riley (1962). As bagas restantes foram maceradas e no mosto foram determinados os valores de pH, usando potenciômetro digital; sólidos solúveis, utilizando refratômetro digital de bancada com controle de temperatura; acidez total por titulação com NaOH 0.1 mol L⁻¹ e ácido málico e tartárico, por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando-se um cromatógrafo líquido Perkin Elmer, operando em

condição isocrática, com detector Diode Array e um injetor Rheodyne 7125 de 20 μ L.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância com uso do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000), 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% ($P < 0,05$).

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de nitrogênio total na folha completa

O teor de N total nas folhas completas coletadas no pleno florescimento das videiras Cabernet Sauvignon aumentou de forma quadrática com a dose de N aplicada no solo nas safras de 2008/09, 2009/10 e 2010/11 (Tabela 2). Porém, quando as folhas foram coletadas na mudança da cor das bagas, a aplicação de doses de N não afetou o teor de nutriente total na folha completa que, na maioria das doses ao longo das três safras, foram menores que os verificados nas folhas coletadas no pleno florescimento. Estes resultados mostraram que as folhas completas coletadas no pleno florescimento foram mais sensíveis, comparativamente as folhas coletadas na mudança da cor das bagas, em diagnosticar o aumento do teor de N no interior da planta, com o incremento da dose de N no solo e, por consequência, do teor de N mineral. Resultados similares foram obtidos por Brunetto et al. (2008a), em videiras da cultivar Bordô e Couderc cultivadas em um solo Cambissolo, com teor de matéria orgânica de 11.0 g kg⁻¹, similar ao teor de matéria orgânica do solo do presente estudo e submetidas a aplicação de doses de N, na região do Planalto do RS. A falta de sensibilidade das folhas coletadas na mudança da cor das bagas em detectar o aumento do teor de N no interior da planta, pode ser atribuída a diminuição do teor de N mineral no solo, por causa da sua transferência, especialmente do NO₃⁻ pela solução escoada na superfície do solo, mas especialmente pela solução percolada no perfil do solo (LORENSINI et al., 2012), porque o solo Argissolo Vermelho do presente estudo possui horizonte superficial arenoso e 10.0 g kg⁻¹ de matéria orgânica, interpretado como baixo (CQFS-RS/SC, 2004). Outro aspecto que pode justificar a falta de sensibilidade das folhas à aplicação de N é a diluição do N contido na folha e a sua redistribuição das folhas para outros órgãos das plantas, especialmente, aos órgãos anuais do ano, cachos e ramos do ano, que apresentam aumento de matéria seca e, portanto, representam dreno de nutrientes; mas inclusive aos órgãos de mais de um ano, como ramos do ano anterior, caule e raízes, onde o N pode ser armazenado e redistribuído para os

órgãos em crescimento no próximo ciclo (BRUNETTO et al., 2006; 2008b; 2009, YU et al., 2012). No entanto, convém relatar que mesmo não sendo observado o incremento do teor de N na folha completa com o aumento da dose do nutriente aplicada no solo, o teor de N total nas folhas coletadas na mudança da cor das bagas, em todas as doses de N e safras foram interpretados como normal (16.0-24.0 g kg⁻¹) ou acima do normal (>24.0 g kg⁻¹) (CQFS-RS/SC, 2004), o que indica que inclusive no solo sem a aplicação de N, houve liberação de N pelo processo de mineralização da matéria orgânica do solo em quantidades satisfatórias e foi absorvido pelas videiras (BRUNETTO et al., 2009).

Quando relacionada a produção de uva por hectare com o teor de N total nas folhas completas coletadas no pleno florescimento nas três safras, verificou-se incremento do teor de N no tecido com o aumento da dose de N aplicada no solo, expresso de forma quadrática ($y=68.5208-3.6522x+0.0535x^2$, $R^2=0.54^*$), sendo no teor de N total de 20.6 g kg⁻¹ obtida a maior produção de uva (15.98 Mg ha⁻¹) (Figura 1b). Nos teores maiores que 20.6 g kg⁻¹ de N nas folhas completas verificou-se a diminuição da produção de uva.

Produção de uva e seus componentes

A aplicação de doses crescentes de N aumentou de forma quadrática a produção de uva por planta e por hectare nas safras de 2008/09, 2009/10 e 2010/11, por causa, especialmente, do número de cachos por planta e também do aumento na massa dos cachos, já que não houve aumento do número de bagas por cacho e nem na massa de 100 bagas por cacho (Tabela 3).

O aumento da produção de uva e o impacto positivo em alguns de seus componentes pode ser atribuído à absorção de N do solo derivado das doses de ureia, como relatado por Brunetto et al. (2006b), usando ureia enriquecida com isótopos de ¹⁵N, o que foi diagnosticado pelo teor de N na folha completa coletada no pleno florescimento (Tabela 2). Isso é desejável, já que o solo possui baixo teor de matéria orgânica, o que lhe confere baixa disponibilidade de N. Assim, a aplicação anual de N no solo, via ureia ou mesmo outra fonte de N, como a orgânica (NASCIMBENE et al., 2012; LORENSINI et al., 2012), torna-se necessária, até porque, anualmente é exportado via cacho de uva da cultivar Cabernet Sauvignon, aproximadamente, 22.28 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. No entanto, a maior produção de uva por hectare em todas as safras foi obtida até a dose de 15 kg de N ha⁻¹, sendo observada nas doses maiores inclusive diminuição da produção (Figura 1a).

O incremento na produção de uva, em plantas adultas, como resposta a apenas baixas doses de N também foi verificado por Brunetto et al. (2009), em videiras Cabernet Sauvignon cultivadas em um Neossolo Litólico e submetidas a aplicação de doses de N na região da Serra Gaúcha do RS. Estes autores também observaram que a maior produção de uva foi obtida nas plantas com a adição de doses entre 15 e 30 kg de N ha⁻¹. A maior produção de uva de videiras adultas quando submetidas à aplicação de baixas doses de N, como 15 kg de N ha⁻¹, pode ser atribuído à liberação de N derivado da matéria orgânica lábil do solo e dos resíduos em decomposição na superfície do solo de videiras, entre eles, as folhas e ramos podados, mas também de raízes senescentes no interior do solo (Brunetto et al., 2011). Isso potencializado pela boa distribuição das chuvas, especialmente, durante o período vegetativo das videiras (Tabela 1). Mas também, pode ser atribuído à fixação biológica de N por espécies de leguminosas nativas ou cultivadas que co-habitaram os vinhedos, bem como a liberação de N contidos nos seus resíduos em decomposição na superfície do solo (PATRICK et al., 2004; BRUNETTO et al., 2011).

A diminuição na produção de uva, quando da utilização de doses maiores que 15 kg de N ha⁻¹ (Figura 1a), normalmente ocorre devido ao aumento do crescimento vegetativo das plantas, que pode ser mensurado pelo crescimento de ramos ou mesmo pela sua massa no momento da poda seca, mas também ao alto teor de N no tecido, o que aumenta a incidência de doenças fúngicas nas folhas e também nas flores fecundas (DUCHÊNE et al., 2001).

Composição do mosto

A aplicação de doses de N no solo aumentou de forma quadrática o seu teor no mosto das bagas das uvas apenas na segunda safra avaliada, 2009/2010 (Tabela 4). Esses resultados parecem convergir para algo contundente porque também foi obtido no Brasil por Brunetto et al. (2007), em mosto de videiras Cabernet Sauvignon cultivadas em um solo Argissolo Vermelho e submetidas a aplicação de doses crescentes de N, e por Brunetto et al. (2008a), obtidos em mosto de videiras de duas cultivares, Bordô e Couderc 13, submetidas a aplicação de doses de N. Também no exterior estes resultados foram obtidos por Ough et al. (1968), na Califórnia, Estados Unidos, que verificaram aumento do teor total, bem como de N amoniacal e de biotina no mosto de uvas derivadas de videiras submetidas a aplicação de N, e Bertrand et al. (1991), que relatam que a aplicação de doses de N durante dois anos na cultivar Merlot, cultivada em um solo arenoso na França e enxertada sob diferente porta-enxerto, quando

houve aumento na quantidade de N total no mosto da uva e do seu vinho, e a arginina foi o aminoácido encontrado em maior concentração no mosto.

Os maiores teores de N no mosto das bagas tende a diminuir a probabilidade de parada de fermentação, uma vez que o N causa impacto na biomassa microbiana, na taxa e no tempo de fermentação (JIRANEK et al., 1995; BELTRAN et al., 2005), o que é importante à obtenção de vinhos de qualidade. Por outro lado, o teor total de P no mosto não foi afetado pela aplicação de N no solo em nenhuma das três safras, o que também foi obtido por Brunetto et al. (2007, 2008). Porém, os teores totais de K no mosto das bagas na safra 2010/11 aumentaram com a dose de N aplicada no solo. Isso pode ser atribuído ao fato de que as plantas submetidas à adição de N aumentam a área foliar, incrementando a transpiração, forçando o transporte via xilema e a translocação via floema do K para as partes em crescimento, alcançando as bagas, já que as plantas possuem um eficiente sistema de absorção de K e a biodisponibilidade dele no solo do presente trabalho foi interpretada como alto ($CTC_{pH7,0} \leq 5.0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e K disponível 46-90 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (CQFS-RS/SC, 2004). Logo, a possibilidade de aumento no teor de K no mosto, devido ao aumento na dose de N aplicada no solo, é um aspecto negativo, pois o aumento do K no mosto potencializa a formação de bitartarato de K no vinho, o que pode inclusive aumentar os valores de pH do vinho, acelerando sua oxidação e diminuindo a sua qualidade ao longo do tempo (MPELASOKA et al., 2003).

A aplicação de doses de N no solo, nas três safras, não afetou os valores de pH do mosto, acidez total, ácido tartárico e málico no mosto das bagas de Cabernet Sauvignon (Tabela 5). No entanto, a aplicação de N no solo na safra de 2010/11 promoveu o aumento de forma quadrática dos valores de sólidos solúveis no mosto, onde os maiores valores foram observados nas menores doses de N (até 20 kg de N ha^{-1}). Assim, até essa dose houve o incremento dos valores de açúcares, uma vez que, em escala de graus o Brix, representa, aproximadamente, 90% dos açúcares encontrados no mosto (BRUNETTO et al., 2009). A diminuição dos valores de sólidos solúveis no mosto das bagas das videiras submetidas à aplicação de doses de N superiores a 20 kg de N ha^{-1} pode ser atribuído, provavelmente, ao aumento do vigor, especialmente, da parte aérea das videiras (SPAYD et al., 1994; DELGADO et al., 2004), o que promove um maior sombreamento e com isso uma maior área fotossintética ineficiente, que se comporta como dreno de fotoassimilados. (DUFOURCQ, & BONNISSEAU, 1993).

A literatura sobre a interferência da aplicação de N na composição do mosto da uva,

em especial, sobre os valores de pH, acidez total, ácido málico e tartárico não é conclusiva, pois são duas as situações. Alguns trabalhos relatam que a adição de N pode aumentar os valores de pH, acidez total e ácidos málicos e tartárico (BRUNETTO et al., 2009), no entanto, outros trabalhos, como os de Spayd et al. (1994), conduzido na região central de Washington, Estados Unidos, e com aplicação de doses crescentes de N (0, 56, 112, 224 kg ha⁻¹ de N) em videiras, relatam que os valores de ácido málico e tartárico no mosto não foram afetados, semelhante aos resultados de Peacock et al. (1991), que reportam que a dose de 50 kg ha⁻¹ de N, aplicada de modo parcelado durante os estádios fenológicos das videiras nos Estados Unidos, não interferiu nos valores de pH do mosto. No entanto, convém destacar que as variáveis de pH e acidez total, foram muito próximos aos encontrados no mosto da cv. Cabernet Sauvignon, em experimentos realizados por Rizzon & Miele (2002), bem como por Rizzon & Sganzerla (2007), em estudos realizados na região da Serra Gaúcha do RS. É importante salientar que esses valores de pH do mosto encontrados no presente trabalho ficaram acima dos índices considerados satisfatórios, entre 3,1 a 3,6 (MOTA, 2009).

3.6. CONCLUSÃO

Mesmo em um solo arenoso e com baixo teor de matéria orgânica a resposta à aplicação de N foi pouco expressiva, tanto que a maior produção de uva de Cabernet Sauvignon foi obtida com a aplicação de 15 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. A aplicação de N aumentou o teor do nutriente na folha coletada no pleno florescimento e a coleta das folhas neste estágio mostrou-se mais sensível para avaliar o estado nutricional da videira quando comparado com as folhas coletadas na mudança de cor. O aumento da dose de nitrogênio pouco afetou o teor de nutrientes totais no mosto e não interferiu nos atributos enológicos do mosto, como os sólidos solúveis, pH, acidez total e ácido málico e tartárico.

3.7. REFERÊNCIAS

- AMERINE, M.A.; OUGH, C.S. **Análisis de vinos y mostos**. Zaragoza: Acribia, 158 p. 1976.
- BELL, S. J.; ROBSON, A. Effect of nitrogen fertilization on growth, canopy density, and yield of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 50, p.351-358, 1999.

- BELTRAN, G.; ESTEVE-ZARZOSO, B.; ROZE, N.; MAS, A.; GUILLAMOÄ, J. M. Influence of the Timing of Nitrogen Additions during Synthetic Grape Must Fermentations on Fermentation Kinetics and Nitrogen Consumption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 996-1002, 2005.
- BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B.; RHEINHEIMER, D. S. Recuperação e distribuição do nitrogênio fornecido a videiras jovens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.8, p.1299-1304, 2006a.
- BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B.; BRUNING, F. S.; MALLMANN, F. Destino do nitrogênio em videiras 'Chardonnay' e 'Riesling Renano' quando aplicado no inchamento das gemas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.497-500, 2006b.
- BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B.; LOURENZI, C. R.; FURLANETTO, V.; MORAES, A. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: produtividade e características químicas do mosto da uva. **Ciência Rural**, v. 37, n. 2, p. 389-393, 2007.
- BRUNETTO, G.; BONGIORNO, C. L.; MATTIAS, J. L.; DEON, M.; MELO, G. W. B.; KAMINSKI, J.; CERETTA, C. A. Produção, composição da uva e teores de nitrogênio na folha e no pecíolo em videiras submetidas à adubação nitrogenada. **Ciencia Rural**, v.38, n. 9, p.2622-2625, 2008a.
- BRUNETTO, G.; GIROTTO, E.; MELO, G. W. B.; SANTOS, H. P.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; VIEIRA, R. C. B. Aplicação foliar de nitrogênio em videira: avaliação do teor na folha e das reservas nitrogenadas e de carboidratos nas gemas dos ramos do ano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n. 4, p.1119-1123, 2008b.
- BRUNETTO, G.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. M.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. E.; LOURENZI, C. R.; VIEIRA, R. C. B.; GATIBONI, L. C. Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.39, n.7, p.2035-2041, 2009.
- BRUNETTO, G.; VENTURA, M.; SCANDELLARI, F.; CERETTA, C. A.; KAMINSKI, J.; MELO, G. W. B.; TAGLIAVINI, M. Nutrients release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 90, 299-308. , 2011,
- 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. SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004, p. 400.

- DUCHÊNE, E.; SCHNEIDER, C.; GAUDILLÈRE, J. P. Effects of nitrogen nutrition timing on fruit set of grapevine cv 'Grenache'. **Vitis**, v.40, p.45-46, 2001.
- Dufourcq, T.; Bonnisseau, M. Adaptation de la conduite du vignoble: la gestion du rapport feuilles/fruits. **Institut Français de la Vigne et du Vin**, 10p. 2003.
- FERREIRA, D. F. Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2000, p.66.
- JIRANEK, V.; LANGRIDGE, P.; HENSCHKE, P. A. Amino acid and ammonium utilization by *saccharomyces cerevisiae* wine yeasts from a chemically defined medium. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.46, p.75-81, 1995.
- LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; DE CONTI, L.; TRINDADE, M. M.; MELO, G. W. B.; BRUNETTO, G. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 42, n.7, p.1173-1179, 2012.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995, p. 889.
- MOTA, R. V.; AMORIM, D. A.; FÁVERO, A. C.; GLORIA, M. B. A.; REGINA, M. A. Caracterização físico-química e amins bioativas em vinhos da cv. Syrah I – Efeito do ciclo de produção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 380-385, 2009.
- MPELASOKA, B.; SCHACHTMAN, D. P.; TREEBY, M. T.; THOMAS, M. R. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v.9, p.154-168, 2003.
- MURPHY, J.; RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, v.26, p.31-36, 1962.
- NASCIMBENE, J.; MARINI, L.; PAOLETT, M. G. Organic farming benefits local plant diversity in vineyard farms located in intensive agricultural landscapes. **Environmental Management**, v. 49, p. 1054-1060, 2012.
- OUGH, C. S. O.; LIDER, L. A.; COOK, J. A. Rootstock-scion interactions concerning winemaking. I. Juice composition changes and effectson fermentation rate with St George and 99-R rootstocks at two nitrogen fertilizer levels. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 19, p. 213-227, 1968.
- SPAYD, S. E.; WAMPLE, R. L.; EVANS, R. G. Nitrogen fertilization of white Riesling grapes in Washington. Must and wine composition. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 45, p. 34-42, 1994.

Yu, X.; Wang, B.; Zhang, C.; Xu, W.; He, J.; Zhu, L.; Wang, S. Effect of root restriction on nitrogen levels and glutamine synthetase activity in 'Kyoho' grapevines. **Scientia Horticulturae**, v. 137, p. 156-163, 2012.

Tabela 1 Temperatura média do ar, precipitação e insolação na área experimental nas safras de 2008, 2009 e 2010.

Mês	2008			2009			2010			Normal climatológica		
	Temperatura											
	Min	Méd.	Max.	Min.	Méd.	Max.	Min.	Méd.	Max.	Min.	Méd.	Max.
	-----°C-----											
Julho	11.0	14.9	19.6	6.3	10.2	15.1	6.9	10.9	17.0	9.1	12.9	18.2
Agosto	9.8	14.1	19.5	10.3	15.2	20.8	7.3	11.6	17.7	9.3	13.6	19.2
Setembro	8.8	13.2	18.5	10.2	14.6	19.2	9.8	14.4	20.2	10.6	14.9	20.4
Outubro	13.1	16.8	21.2	12.0	16.7	22.6	10.7	16.2	23.2	12.3	17.0	22.8
Novembro	14.7	19.4	25.0	17.6	21.6	26.7	12.9	19.7	27.7	14.2	18.9	24.8
Dezembro	15.6	20.3	26.2	17.0	21.2	26.4	16.7	23.7	31.2	16.0	20.7	26.7
Janeiro	16.1	20.4	25.7	18.1	22.0	26.8	19.7	25.0	31.6	17.3	21.8	27.8
Fevereiro	17.8	21.7	26.6	19.1	23.0	28.4	18.0	22.8	29.3	17.3	21.7	27.5
Março	17.1	21.0	26.2	16.8	20.7	25.6	15.5	21.0	27.9	16.1	20.3	26.0
Abril	13.7	18.4	24.1	13.4	17.5	22.4	13.9	18.5	25.1	13.3	17.5	22.9
Mai	11.1	15.6	20.8	11.1	14.2	17.7	9.7	13.8	19.8	10.4	14.5	20.0
Junho	7.5	11.2	15.9	9.0	13.1	18.0	7.5	11.2	16.8	8.6	12.8	17.9
Média	13.0	17.3	22.4	13.4	17.5	22.5	12.4	17.4	24.0	12.9	17.2	22.9

Mês	2008	2009	2010	Normal climatológica	2008	2009	2010	Normal climatológica
	Precipitação				Insolação			
	-----mm-----				-----horas-----			
July	73.0	97.8	295.3	161.0	175.7	144.9	166.7	154.0
August	198.5	257.9	53.3	165.0	193.5	183.0	135.9	159.0
September	144.1	411.7	182.6	185.0	185.8	134.4	183.7	162.0
October	309.6	145.1	19.4	156.0	154.8	194.1	273.8	192.0
November	70.3	359.5	29.0	140.0	240.8	141.1	281.1	219.0
December	85.8	232.6	56.0	144.0	261.7	224.3	293.2	239.0
January	269.6	296.4	61.6	140.0	235.7	189.2	259.1	231.0
February	144.5	167.1	67.8	139.0	174.0	205.3	219.7	199.0
March	90.6	57.2	82.8	128.0	228.1	192.5	250.5	208.0
April	24.2	142.1	103.5	114.0	243.4	180.1	212.4	173.0
May	134.7	154.7	42.6	107.0	162.3	98.4	176.6	162.0
June	82.9	129.9	118.4	157.0	155.4	142.4	146.0	142.0
Sum	1627.8	2452.0	1112.3	1736.0	2411.2	2029.7	2598.7	2240.0

Tabela 2. Teor de nitrogênio total em folhas completas coletadas no pleno florescimento e na mudança da cor das bagas em videiras adultas submetidas à aplicação de 0, 10, 15, 20, 40, 80 e 120 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ nas safras de 2008, 2009 e 2010.

Saфра	Dose kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹							Equação	R ²
	0	10	15	20	40	80	120		
-----Pleno florescimento (g kg ⁻¹)-----									
2008/09	35,5	36,1	34,9	38,8	43,5	43,6	43,0	$y=34.270+0.2341x-0.0013x^2$	0.92*
2009/10	24,1	26,1	25,9	26,7	33,0	33,4	34,3	$y=23.654+0.2302x-0.0012x^2$	0.93*
2010/11	20,6	22,3	22,5	24,4	22,3	26,6	26,1	$y=21.198+0.0895x-0.0004x^2$	0.76*
-----Mudança da cor das bagas (g kg ⁻¹)-----									
2008/09	33,6	30,3	32,3	31,5	29,7	31,8	31,4	Ns	-
2009/10	19,5	21,1	21,1	22,0	21,7	19,6	22,8	Ns	-
2010/11	20,1	20,3	22,5	21,3	22,1	20,7	21,9	Ns	-

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade de erro; * = significativo a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3. Número de cachos por planta, massa média, dos cachos, número de bagas por cacho, massa de 100 bagas, produção de uva por planta e por hectare em videiras submetidas à aplicação de 0. 10. 15. 20. 40. 80 e 120 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹, nas safras de 2008, 2009 e 2010.

Saфра	Dose kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹							Equação	R ²
	0	10	15	20	40	80	120		
-----Produção por planta (kg)-----									
2008/09	2,5	2,7	3,4	3,2	2,7	2,6	2,6	y=2,849+0,0033x-0,00005x ²	0,25*
2009/10	1,0	1,1	1,1	1,2	0,7	0,6	0,6	y=1,16-0,0097x 0,00004x ²	0,70*
2010/11	3,6	3,9	5,1	5,0	4,8	3,4	3,4	y=4,1743+0,0185x-0,0002x ²	0,34*
-----Produção total (Mg ha ⁻¹)-----									
2008/09	9,4	10,0	12,5	11,8	9,9	9,5	9,7	y=10,6406+0,0038x-0,0001x ²	0,39*
2009/10	3,7	4,1	4,5	4,6	2,6	2,4	2,3	y= 4,4060-0,0336x+0,0001x ²	0,82*
2010/11	13,2	14,6	18,9	18,6	17,9	12,6	12,5	y=15,4344+0,0736x-0,0009x ²	0,65*
-----Número de cachos por planta-----									
2008/09	25,1	18,1	21,7	23,0	24,2	23,6	26,7	Ns	-
2009/10	34,1	30,7	28,3	32,9	23,9	24,0	28,6	y=34,161-0,3006x+0,00212x ²	0,77*
2010/11	31,7	29,9	33,9	35,0	33,2	24,2	31,6	y=33,674-0,1094x+0,00065	0,21*
-----Massa dos cachos (g)-----									
2008/09	99,6	149,2	156,7	139,1	111,6	110,2	97,4	y=130,98+0,0771x-0,0032x ²	0,34*
2009/10	29,3	35,8	38,9	36,5	29,3	25,0	21,0	y=34,854-0,0465x-0,0006x ²	0,70*
2010/11	113,6	130,4	150,4	144,6	144,6	140,5	109,7	y=122,62+1,0564-0,0098x ²	0,78*
-----Número de bagas por cacho-----									
2008/09	70,3	62,1	78,0	75,7	77,8	70,8	71,1	Ns	-
2009/10	36,2	43,5	43,4	43,0	38,0	34,0	34,0	Ns	-
2010/11	81,4	85,9	94,4	87,1	87,9	86,2	85,2	Ns	-
-----Massa de 100 bagas (g)-----									
2008/09	154,1	155,9	163,6	163,8	159,3	168,0	168,5	Ns	-
2009/10	118,0	109,4	114,8	108,6	103,4	100,1	102,6	Ns	-
2010/11	157,9	152,5	151,5	151,6	156,4	152,0	147,9	Ns	-

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade de erro; * = significativo a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 4. Teor total de nitrogênio, fósforo e potássio no mosto de uvas de videiras submetidas à aplicação de 0, 10, 15, 20, 40, 80 e 120 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ nas safras de 2008, 2009 e 2010.

Safr	Dose kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹							Equação	R ²
	0	10	15	20	40	80	120		
-----Nitrogênio total (%)-----									
2008/09	0,9	1,0	1,0	0,9	1,1	1,1	1,1	Ns	-
2009/10	3,4	3,0	3,7	4,3	3,6	6,0	3,0	$y=2,827+0,0687x-0,0005x^2$	0,51*
2010/11	1,9	2,1	2,7	3,1	2,7	2,8	2,2	Ns	-
-----Fósforo total (%)-----									
2008/09	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,8	0,1	Ns	-
2009/10	2,2	2,4	2,4	2,3	2,4	2,9	2,7	Ns	-
2010/11	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	Ns	-
-----Potássio total (%)-----									
2008/09	2,4	2,5	2,5	2,6	2,5	2,7	2,3	Ns	-
2009/10	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	Ns	-
2010/11	3,6	3,7	4,0	3,7	3,4	3,6	3,3	$y=3,728-0,0015x-0,00015x^2$	0,50*

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade de erro; * = significativo a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 5. Sólidos solúveis. pH. acidez total. ácido tartárico e ácido málico no mosto de uvas de uvas de videiras submetidas à aplicação de 0. 10. 15. 20. 40. 80 e 120 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ nas safras de 2008. 2009 e 2010.

Safr	Dose kg N ha ⁻¹ ano ⁻¹							Equação	R ²
	0	10	15	20	40	80	120		
-----Sólidos solúveis (°Brix)-----									
2008/09	21,9	20,7	20,7	21,0	21,4	21,6	21,4	Ns	-
2009/10	15,4	18,8	18,8	18,1	16,9	17,8	18,5	Ns	-
2010/11	19,3	21,7	20,7	21,5	18,1	17,5	17,0	$y=21,022-0,0497x+0,000120x^2$	0,64*
-----pH do mosto-----									
2008/09	3,7	3,8	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	Ns	-
2009/10	3,4	3,6	3,6	3,7	3,6	3,6	3,7	Ns	-
2010/11	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	Ns	-
-----Acidez total (meq L ⁻¹)-----									
2008/09	45,3	57,8	49,8	45,8	51,4	48,2	48,3	Ns	-
2009/10	122,1	117,3	109,2	83,9	87,5	83,7	91,3	Ns	-
2010/11	38,0	47,9	45,9	52,0	68,4	45,6	46,3	Ns	-
-----Ácido Tartárico (g L ⁻¹)-----									
2008/09	4,4	4,8	4,2	4,7	4,6	5,6	4,4	Ns	-
2009/10	6,3	6,2	6,1	5,5	5,5	5,7	5,0	Ns	-
2010/11	6,3	6,2	6,1	5,5	5,5	5,7	5,0	Ns	-
-----Ácido Málico (g L ⁻¹)-----									
2008/09	1,8	3,7	2,5	2,4	2,2	3,2	2,1	Ns	-
2009/10	6,6	5,9	6,6	5,6	4,8	4,9	4,5	Ns	-
2010/11	6,6	5,9	6,6	5,6	4,8	4,9	4,5	Ns	-

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade de erro; * = significativo a 5% de probabilidade de erro.

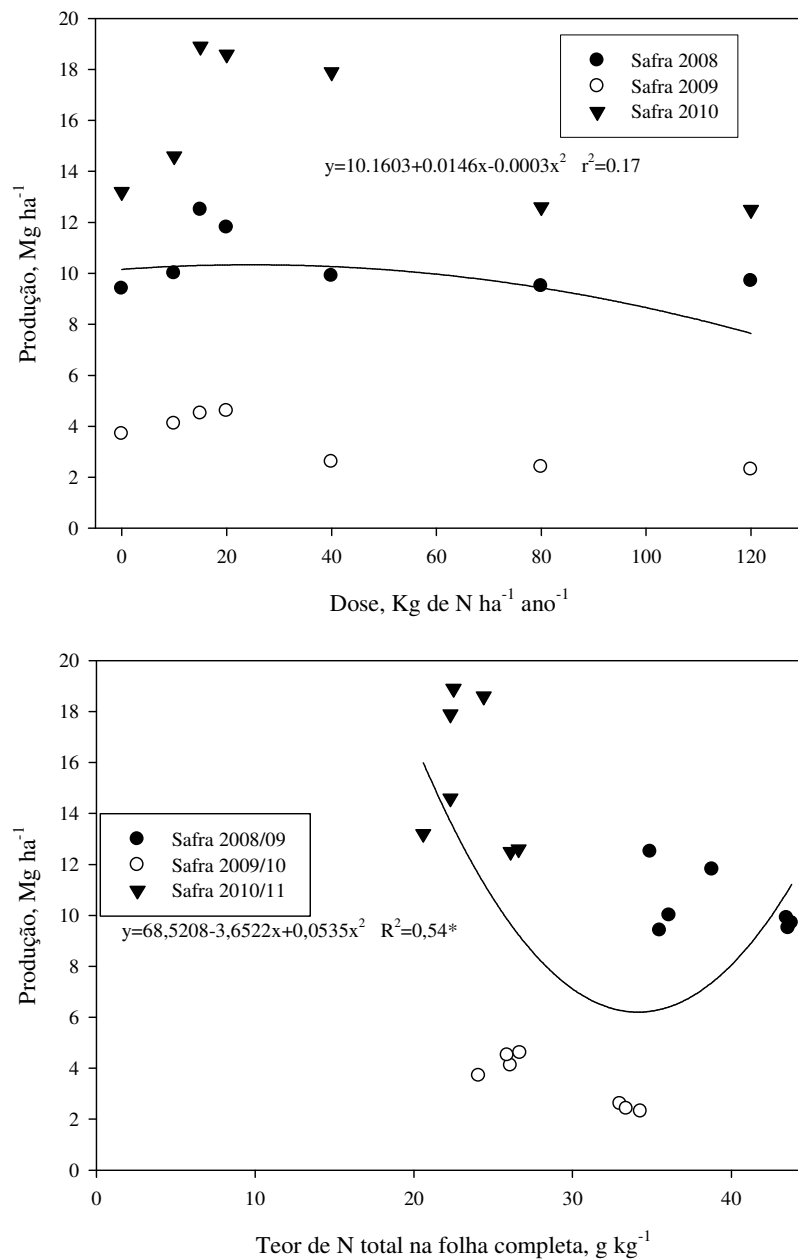


Figura 1. Relação entre a produção de uva e a dose de nitrogênio aplicado no solo (a) e entre produção e o total de nitrogênio em folhas completas coletadas no pleno florescimento (b), em videiras submetidas à aplicação de 0, 10, 15, 20, 40, 80 e 120 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹ nas safras de 2008, 2009 e 2010.

4. DISCUSSÃO GERAL

As informações geradas foram obtidas em um cenário onde ocorre a expansão da área cultivada num ambiente com condições de solos e clima distintas das tradicionais regiões produtoras. Nesse sentido, os resultados obtidos ajudam a suprir a demanda de informação por parte de extensionistas e produtores de videira que se deparam com várias dificuldades, desde a predição de doses de adubação em vinhedos recém implantados bem como para vinhedos em produção. Por fim, tais resultados somam-se, as informações já obtidas ao longo de dez anos de pesquisa com esta cultura no Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria, que vem trabalhando neste tema juntamente com Embrapa Uva e Vinho e *Università di Bologna*, em Bologna, Itália.

Os resultados do Estudo I apontam para uma expressiva resposta de videiras jovens a adubação de nitrogenada, expressado pelo maior desenvolvimento das plantas submetidas as maiores doses de N, verificado pelo aumento do diâmetro e comprimento dos ramos que se refletiu numa maior quantidade de matéria seca residual da poda durante o crescimento vegetativo das plantas. É importante salientar a importância de um bom desenvolvimento das plantas na fase jovem, pois isso afeta a precocidade da fase produtiva e principalmente a formação de uma planta adulta com características que possibilitem a produção de uvas com composição desejada.

A maior dependência das plantas jovens pelo N aplicado via fertilizante, deve-se primeiramente ao seu rápido crescimento vegetativo e ao pequeno sistema radicular. Além disso antecedendo ao plantio das mudas, é realizada a mobilização profunda do solo, o que promove a rápida mineralização do N orgânico presente no solo disponibilizando-o na forma mineral em um período curto de tempo em que a demanda da planta por N ainda é baixa.

Por outro lado, as videiras adultas demonstraram uma baixa resposta à adubação nitrogenada como demonstrado no Estudo II. Tais resultados se somam aos obtidos por BRUNETTO et al. (2006a); BRUNETTO et al. (2006b); BRUNETTO (2008), que encontraram baixo aproveitamento de N derivado da ureia por videiras da variedade Cabernet Sauvignon em um Argissolo Vermelho.

A baixa resposta e/ou aproveitamento se deve, em parte, às perdas de N pelos processos de lixiviação e volatilização neste tipo de solo, como relatado por LORENSINI et al. (2012), o que explica o baixo incremento de N mineral do solo com o aumento da dose adicionada demonstrado no Estudo I, mas não apenas a isso porque o fracionamento da dose

que poderia minimizar tais perdas foi avaliado por BRUNETTO (2008) que parcelou a dose de N e não encontrou maior recuperação de N aplicado via ureia pela videira, quando forneceu 50% no início da brotação e 50 % na brotação. Este autor encontrou uma recuperação de 8,32% pela planta e 17,63% no solo totalizando 25,95% (solo + planta) e, quando o parcelamento foi 50% na floração e 50% no crescimento de bagas a recuperação foi de 6,72% na planta, 34,88 % no solo, totalizando 41,60% (solo + planta).

Por outro lado, a baixa resposta da videira à adubação nitrogenada pode ser explicada pela mineralização do N natural do solo, pois as quantidades de N disponibilizadas no solo pela mineralização da matéria orgânica e pela decomposição de resíduos de poda, de folhas e de plantas de cobertura depositados na superfície do solo, mesmo sem aplicação de fertilizantes nitrogenados, podem suprir as necessidades da videira para o desenvolvimento e produção, mesmo em um solo com baixo teor de matéria orgânica (LORENSINI 2011). Isso ocorre em função da manutenção do campo nativo nas entrelinhas dos vinhedos, com dessecamento nas linhas de plantio, que é uma prática utilizada com frequência nos vinhedos implantados na Campanha Gaúcha. A manutenção de plantas que coabitam o vinhedo pode diminuir a necessidade de adubação nitrogenada, pois promove a ciclagem de N no sistema, absorvendo N mineral do solo que é convertido em formas orgânicas, sendo posteriormente disponibilizado de forma gradual através do processo de mineralização. Além disso, muitas espécies que compõem o campo nativo são leguminosas e estas além de realizar a ciclagem, introduzem N no sistema através do processo de fixação biológica. Essa disponibilidade de N pode suprir a demanda da videira, já que a mesma apresenta uma absorção contínua e gradual. Isso demonstra a necessidade da realização de experimentos que avaliam a capacidade de ciclagem bem como fixação de N pelas plantas que coabitam os vinhedos, em especial a vegetação que compõe o campo nativo.

É importante salientar a importância do monitoramento da disponibilidade e das saídas de N do sistema pela exportação de N via baga e resíduos de poda bem como as perdas pelo processo de lixiviação para que não ocorra a depleção do N do sistema.

Em relação à utilização da análise foliar como critério da recomendação da adubação nitrogenada, o presente estudo demonstrou que as folhas coletadas no florescimento são mais sensíveis para diagnosticar o estado nutricional da videira quando comparado as folhas coletadas na mudança de cor que é o critério utilizado pela Manual de Adubação e Calagem para os Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004). No entanto os

resultados apresentaram grande variabilidade entre as safras, fato que pode estar relacionado a variação climática (STELLACCI et al., 2010) o que dificulta a interpretação dos resultados.

Os dados obtidos neste trabalho foram importantes para a melhor compreensão da adubação nitrogenada para videiras jovens e em produção cultivadas na região da Campanha Gaúcha e servem como estímulo a novos estudos, uma vez que a presente pesquisa não esgota a total compreensão sobre o tema, pois vários fatores de solo e planta abordados ressaltam dúvidas e questões pertinentes que constituem-se em temas relevantes para futuras pesquisas nessa área, tais como: Efeito da adubação do crescimento de raízes; Ciclagem de nutrientes pelas plantas que coabitam os vinhedos, bem como avaliar o efeito de plantas de cobertura sobre o crescimento e a produção de videiras e; Teste e calibração de outros parâmetros como diâmetro de ramo, teores de N em diferentes órgãos das plantas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, T. C. S. **Uva para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: Embrapa/Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura, 1996. 53 p.

ARAÚJO, R. A. de. et al. Características biométricas, índice SPAD-502 e emissão da fluorescência em porta-enxertos de citros. **Revista Ceres**, Viçosa, v.51, n.294, p.189-199, 2004.

BELL, S. J.; ROBSON, A. Effect of nitrogen fertilization on growth, canopy density, and yield of *Vitis viniferas* L. cv. Cabernet Sauvignon. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 50, p. 351-358, 1999.

BRUNETTO, G. et al. Absorção e redistribuição do nitrogênio aplicado via foliar em videiras jovens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 110-114, 2005.

BRUNETTO, G. et al. Recuperação e distribuição do nitrogênio fornecido a videiras jovens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 8, p. 1299-1304, 2006a.

BRUNETTO, G. et al. Destino do nitrogênio em videiras ‘Chardonnay’ e ‘Riesling Renano’ quando aplicado no inchamento das gemas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, p. 497-500, 2006b.

BRUNETTO, G. et al. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: Produtividade e características químicas do mosto da uva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, p.389-393, 2007.

BRUNETTO, G. et al. Aplicação foliar de nitrogênio em videira: avaliação do teor na folha e das reservas nitrogenadas e de carboidratos nas gemas dos ramos do ano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.1119-1123, 2008.

BRUNETTO, G. et al. 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**, v. 3, p.1546-1561, 2012.

CHANG, C. S.; CHANG, L. R. Two rapid determination methods for total chlorophyll content in fruit tree leaves. **Bulletin of Taichung District Agricultural Improvement Station**, Changhua, v.59, p.37-45, 1998.

COLUGNATI, G. et al. Comportamento di diverse essenze per l'inerbimento del vigneto. **L'informatore agrario**, Verona, n. 13, p. 55-59, 2003.

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: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.

CONRADIE, W. J. Distribution and translocation of nitrogen absorbed during late spring by two-year-old grapevines grown in sand culture. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.41, p.241-250, 1990.

ESPOSTI, M. D. D. et al. Assessment of nitrogenized nutrition of citrus rootstocks using chlorophyll concentrations in the leaf. **Journal of Plant Nutrition**, Abingdon, v.26, n.6, p.1287-1299, 2003.

GLAD, C. et al. The relative contribution of nitrogen originating from two seasonal 15N 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**, Davis, v. 45, p. 327-332, 1994.

JIFON, J. L.; SYVERTSEN, J. P.; WHALEY, E. Growth environment and leaf anatomy affect nondestructive estimates of chlorophyll and nitrogen in Citrus sp leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.130, n.2, p.152-158, 2005.

KELLER, M; HRAZDINA, G. Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison. II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 49, p. 341-349, 1998.

KELLER, M.; POOL, R. M.; HENICK-KLING, T. Excessive nitrogen supply and shoot trimming can impair colour development in Pinot Noir grapes and wine. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 5, p. 45-55, 1999.

LI, Y. C. et al. A rapid nondestructive technique to predict leaf nitrogen status of grapefruit tree with various nitrogen fertilization practices. **HortTechnology**, Alexandria, v.8, n.1, p.81-86, 1998.

LORENSINI, F. **Adubação nitrogenada em videira: perdas e mineralização do nitrogênio**. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2011.

LORENSINI, F. et al. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em uma Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v. 42, p.1173-1179, 2012.

MELLO, R. L. M. Vitivinicultura brasileira: panorama 2009. Bento Gonçalves: **Embrapa Uva e Vinho**, 2010.(artigo técnico).

NEILSEN, D. et al. Using SPAD-502 values to assess the nitrogen status of apple trees. **HortScience**, Alexandria, v.30, n.3 p.508-512, 1995.

PATRICK, A. E. et al. Grapevine uptake of ¹⁵N labeled nitrogen derived from a winter-annual leguminous cover-crop mix. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 55, p. 187-190, 2004.

PERYEA, F. J.; KAMMERECK, R. Use of Minolta SPAD-502 chlorophyll meter to quantify the effectiveness of mid-summer trunk injection of iron on chlorotic pear trees. **Journal of Plant Nutrition**, Abingdon, v.20, n.11, p.1457-1463, 1997.

POMMER, C. V. (Ed.). **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. 778p.

PORRO, D. et al. Use of SPAD meter in diagnosis of nutritional status in apple and grapevine. **Acta Horticulturae**, Leven, n.564, p.243-252, 2001.

ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K. A.; KLIEWER, W. M. Nitrogen Metabolism in Grapevine. **Horticultural Reviews**, v. 14, p. 408-452, 1992.

RUPP, D.; TRANKLE, L. A non-destructive measurement method for chlorophyll in grapevines. **Mitteilungen Klosterneuburg**, Rebe und Wein, Obstbau und Fruechteverwertung, v.45, n.5/6, p.139-142, 1995.

RUPP, D.; TRANKLE, L.; FOX, R. Non-destructive measurement of chlorophyll in grapes - evaluation of varietal influences and effects of sampling methods. **Mitteilungen Klosterneuburg**, Rebe und Wein, Obstbau und Fruechteverwertung, v.49, n.3, p.86-92,1999.

SPAYD, S. E.; WAMPLE, R. L.; EVANS, R. G. Nitrogen fertilization of white Riesling grapes in Washington. Must and wine composition. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 45, p. 34-42, 1994.

SPAYD, S. E.; NAGEL, C. W.; EDWARDS, C. G. Yeast growth in Riesling juice as affected by vineyard nitrogen fertilization. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 46, p. 49-55, 1995.

STELLACCI, A. M. et al. Relationships between soil characteristics and leaf nutrient concentrations in grapevine. **Acta Horticulturae**, v. 1, n. 868, p. 135-142, 2010.

TAGLIAVINI, M. et al. Nitrogen fertilization management in orchards to reconcile productivity and environmental aspects. **Fertilizer Research**, v. 43, p. 93-102, 1996.

TAGLIAVINI, M.; MARANGONI, B. Major nutritional issues in deciduous fruit orchards of northern Italy. **HorTechnology**, v. 12, p. 26-30, 2002.

TAGLIAVINI M. & P. MILLARD.. Fluxes of nitrogen within deciduous fruit trees. Acta Scientiarum Polonorum – **Hortorum Cultus**, v. 4 n.1, p. 21-30, 2005

THOMIDIS, T.; TSIPOURIDIS, C. Influence of rootstocks, pH, iron supply (in nutrient solutions) and Agrobacterium radiobacter on chlorophyll and iron concentration in leaves of a peach variety. **Journal of Plant Nutrition**, Abingdon, v.28, n.10, p.1833-1842, 2005.

VENTURA, M.; OPSTAD, N.; ZANOTELLI, D.; SCANDELLARI, F.; QUARTIERI, M. TAGLIAVINI, M. Monitoraggio delle perdite di azoto minerale per lisciviazione dal suolo di un pereto. **Frutticoltura**, Bologna, v. 10, p. 40-44, 2005.

WEINBAUM, S. A.; JOHNSON, R. S.; DEJONG, T. M. Causes and consequences of overfertilization in orchards. **Journal Horticultural Technology**, California, v. 3, p. 1-6, 1992.

ZAPATA, C.; DELÉENS, E.; CHAILLOU, S.; MAGNÉ, C. Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 161, p. 1031-1040, 2004.