

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

**ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM VIDEIRAS JOVENS E
EM PRODUÇÃO NO SUL DO BRASIL**

TESE DE DOUTORADO

Marlise Nara Ciotta

**Santa Maria, RS, Brasil
2014**

ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM VIDEIRAS JOVENS E EM PRODUÇÃO NO SUL DO BRASIL

Marlise Nara Ciotta

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
Doutora 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).

Ciotta, Marlise Nara
Adubação potássica em videiras jovens e em produção no Sul do Brasil / Marlise Nara Ciotta.-2014.
85 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. Adubação potássica 2. Videiras jovens 3. Qualidade da uva 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 POTÁSSICA EM VIDEIRAS JOVENS E EM PRODUÇÃO NO
SUL DO BRASIL**

Elaborada por
Marlise Nara Ciotta

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

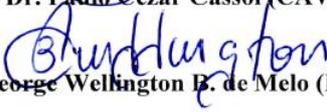
COMISSÃO EXAMINADORA:


Prof. Dr. Carlos Alberto Ceretta (UFSM)
(Presidente/Orientador)


Prof. Dr. Gustavo Brunetto (UFSM)


Dr. Gilberto Nava (EMBRAPA)


Prof. Dr. Paulo Cezar Cassol (CAV – UDESC)


Dr. George Wellington B. de Melo (EMBRAPA)

Santa Maria, 22 de agosto de 2014

À minha família que sempre está ao meu lado,
a quem me volto sempre,
pois nela encontro apoio incondicional,
compreensão, alegria!

Dedico este trabalho

“Trabalho: mola propulsora, fonte de energia, seara dos mais diferentes frutos.
Assim como da trituração do trigo resulta a farinha, e dela, o pão nosso de cada dia;
da uva esmagada, fermenta o saboroso vinho que traz vigor, alegria e confraternização.”

Cirilo Ciotta, escritor

Agosto/14

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Orientador Dr. Carlos Alberto Ceretta pelo exemplo de dedicação, ensino, auxílio. Especialmente pelas “palavras certas, na hora certa!” Por estar sempre com um sorriso! Apoio em todos os momentos e incentivo para a realização do Doutorado Sanduiche - PDSE.

Ao Professor Dr. Gustavo Brunetto pelo acompanhamento, ensinamento e orientação. Pela incansável ajuda na correção da escrita da Tese e fundamental apoio para a realização do Doutorado Sanduíche na Itália - PDSE

Ao pesquisador, Colega e Amigo Dr. Gilberto Nava pela co-orientação, pela condução e manutenção dos experimentos em São Joaquim que permitiram eu compor grande parte desta Tese, pelo apoio junto à Epagri. Pela amizade de sempre, pelas tranquilizadoras e boas conversas.

Aos membros da Banca pela dedicação de tempo e pelo conhecimento compartilhado, visando melhorar este trabalho de Tese.

À UFSM e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela acolhida e oportunidades.

Aos Professores do referido Programa de Pós-Graduação, pela receptividade, pelos ensinamentos e lições de vida.

Ao colega e amigo Paulo Avelar, aos bolsistas e amigos do Laboratório de Solos por todo o auxílio na realização das análises laboratoriais, pela ajuda nas viagens aos experimentos, pelos momentos de boa conversa.

Aos Colegas do NIDAL e à Professora Dra. Claudia Sautter pelo auxílio nas análises laboratoriais.

À empresa Salton, e seus colaboradores Ricardo Silveira e Sinval Fernandes, em Santana do Livramento pela cedência da área e apoio na realização dos experimentos.

À empresa Almaden, e seus colaboradores Fabricio e Vinicius Dutra, em Santana do Livramento pela cedência da área e apoio na realização dos experimentos.

À Vinícola Suzin, em São Joaquim, pela cedência de área experimental.

À Epagri por proporcionar, estimular e incentivar a realização do curso de Pós-Graduação.

Aos colegas da Epagri - Estação Experimental de São Joaquim, João Felippetto, Miguel Rocco e Adriana Pereira que auxiliaram na condução dos experimentos.

À Embrapa pela concessão da Bolsa de estudos.

À CAPES pelo apoio e Concessão de Bolsa de estudos tornado possível um desejo de realização do Curso Sanduíche, por oportunizar esse imenso conhecimento e crescimento profissional e pessoal.

Ao professor Dr. Massimo Tagliavini, à Francesca Scandellari, ao Damiano Zanutelli, ao Damiano Moser e a equipe toda que me recebeu e auxiliou na realização da pesquisa na Libera Università di Bolzano, Itália.

Ao Dr. Duilio Porro, à Daniela Bertoldi e à equipe do laboratório da Fondazione Edmund Mach di San Michele All'Adige, de Trento, Itália.

Aos Amigos, de longa data e aos mais recentemente conquistados nesta etapa de “Santa Maria”. A superação de diversas dificuldades foi possível com a presença, a alegria e as risadas junto com vocês.

À minha querida família, meus Pais Cirilo e Dalva, meus irmãos Clever e Anelise, meus cunhados José Gaspar e Roseli, e aos queridos Tainara, Renan e Bernardo, pelo apoio em todas as horas, por aliviarem os momentos de stress, pelas alegrias de sempre. Acima de tudo por estarem sempre comigo e compreenderem minhas angústias e tensões.

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo
Universidade Federal de Santa Maria

ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM VIDEIRAS JOVENS E EM PRODUÇÃO NO SUL DO BRASIL

Autora: MARLISE NARA CIOTTA
Orientador: Prof. Dr. CARLOS ALBERTO CERETTA
Data e Local da defesa: Santa Maria, 22 de agosto de 2014.

A aplicação de potássio (K) e calcário, como fonte de Ca e Mg no solo, podem afetar o crescimento e o estado nutricional de plantas jovens de videiras, assim como, pode afetar a produção de uva, composição do mosto e alterar a distribuição das formas de K no solo. O trabalho objetivou (a) avaliar o crescimento e o estado nutricional de videiras jovens submetidas à aplicação de K calcários no solo (b) avaliar como a adubação potássica pode afetar a produção de uva, composição do mosto e alteração das formas de K no solo (c) avaliar o potencial de água em folhas, o estado nutricional e a composição do mosto, de videiras cultivadas com e sem irrigação. Foram realizados quatro estudos. Para avaliar plantas jovens, no estudo I, foram instalados dois experimentos na Campanha Gaucha (RS), onde foi aplicado, no experimento 1: 0,30 e 60 kg de K_2O ha^{-1} ; e no experimento 2: 0, 60, 120, e 180 kg de K_2O ha^{-1} , com aplicação de calcário calcítico e dolomítico. Avaliou-se o teor de K em folhas, a altura de plantas, diâmetro de caule e massa do material podado. Para plantas em produção, Estudos II, III e IV, foram instalados outros três experimentos. Na Serra Catarinense (SC) com 0, 50, 100, 150 e 200 kg de K_2O ha^{-1} ano^{-1} e outro na Campanha Gaucha com 5 níveis de K no solo, em ambos foram avaliados os teores de K na folha, nas bagas, componentes de rendimento da uva e composição do mosto. Na região de Trento (Itália) foi instalado um experimento com videiras em produção, com e sem irrigação do solo, onde foi avaliado o potencial hídrico das plantas, além do teor de nutrientes na folha e na baga de uva. No experimento com plantas jovens, a adubação potássica no solo incrementou os teores de K somente na camada de 0-10 cm, influenciou o teor de K nas folhas na primeira safra, porém não influenciou os parâmetros de crescimento nas cv. Chardonnay e Pinot Noir. Para plantas em produção na Serra Catarinense houve incremento nos teores de K trocável, não trocável e total no solo com a aplicação da adubação potássica. A aplicação de K no solo aumentou os teores de K no limbo e pecíolo das videiras, mas não afetou a produção de uva e a composição do mosto. Na Campanha o incremento do teor de K trocável no solo aumentou o K total nas folhas no pleno florescimento, o teor de K nas bagas e o valor de pH do mosto, mas não afetou a produção de uva. A irrigação, apesar de proporcionar potencial de água menos negativo nas folhas da videira, não afetou o estado nutricional, os parâmetros enológicos e pouco interferiu no teor de nutrientes na baga.

Palavras chave: Potássio, *Vitis vinifera*, mosto, potencial hídrico

ABSTRACT

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

POTASSIUM FERTILIZATION IN YOUNG VINES AND PRODUCTION IN SOUTHERN BRAZIL

Authora: MARLISE NARA CIOTTA
Advisor: Prof. Dr. CARLOS ALBERTO CERETTA
Place and Date of defense: Santa Maria, 22-08-2014.

The application of potassium (K) and lime as a source of Calcium (Ca) and Magnesium (Mg) in soil may affect the growth and nutritional status of young plants of grapevines as well as grape production, must composition and distribution of forms of K in the soil. This study aimed to i) evaluate the growth and nutritional status of young grapevines submitted to the application of K lime in soil ii) evaluate how potassium fertilization affects the grape production, must composition and alterations of forms of K in soil, and iii) evaluate the potential of water in leaves as well as the nutritional status and must composition of grapevines grown with or without irrigation. Four studies were carried out. In study I, two experiments were performed in *Campanha Gaucha* (RS) in order to assess young plants. In the experiment 1, 0, 30 and 60 kg K₂O ha⁻¹ were applied. In the experiment 2, 0, 60, 120, and 180 kg K₂O ha⁻¹ were applied with application of dolomitic and calcitic lime. The K content in leaves, plant height, stem diameter and pruned material weight were evaluated. Studies II, III and IV were carried out for plants in production with the installation of three other experiments. One of the experiments was performed in *Serra Catarinense* (SC) with 0, 50, 100, 150 and 200 kg K₂O ha⁻¹ yr⁻¹. The second experiment was in *Campanha Gaucha* with five levels of K in the soil. The K content in leaf, berries, grape yield components, and must composition were evaluated in both experiments. The third experiment was carried out in the region of Trento (Italy) with grapevines in production, with or without irrigation the soil, where the water potential of plants as well as the nutrient content in the leaf and berry of grapes were evaluated. In the experiment with young plants, soil potassium fertilization increased the K only in the 0-10 cm layer and influenced the content of K in the leaves in the first season; however, it did not influence the growth of cv. Chardonnay or Pinot Noir. For plants in production in *Serra Catarinense* there was an increase in the levels of exchangeable, non-exchangeable and total K in soil with the application of potassium fertilizer. The application of K in the soil increased the concentration of K in leaf and petioles of grapevines; however, it did not affect grape production or the must composition. In *Campanha Gaucha*, the increase of the content of exchangeable K in the soil increased the total K in the leaves in flowering, the K content in the berries and the pH of the must; however, it did not affect grape production. Although providing less negative water potential in grapevine leaves, irrigation did not affect nutritional status or the enological parameters of the berry, showing little interference in its nutrient content.

Keywords: potassium, *Vitis vinifera*, wine, water potential

LISTA DE FIGURAS

ESTUDO II

Figura 1 - Análise dos Componentes Principais (ACP) considerando o teor de K no pecíolo, a produção de uva, o pH, a acidez total titulável e os sólidos solúveis totais no mosto, o K na baga, o K trocável, não trocável e total no solo, nas safras 2011 (a), 2012 (b) e 2013 (c) para o vinhedo de Cabernet Sauvignon, submetido à doses de adubação potássica.....54

ARTIGO III

Figura 1- Análise dos Componentes Principais (ACP) considerando a produção de uva, massa de 100 bagas, teor total de K nas folhas, teor total de K nas bagas, pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais (SST), polifenóis totais, antocianinas totais e taninos totais no mosto, nas safras 2012/13 (a) e 2013/14 (b), em vinhedos da cv. Cabernet Sauvignon em solos com teores crescentes de K trocável.....70

ARTIGO IV

Figura 1- Potencial hídrico em folhas (ψ) de videiras cv. Pinot Nero, com (CI) e sem (SI) irrigação.....80

LISTA DE TABELAS

ESTUDO I

- Tabela 1- Médias de precipitação, temperatura do ar e insolação em meses nos anos de 2011, 2012 e 2013.....29
- Tabela 2 - Teor de K trocável no solo, em fevereiro de 2014, submetido à aplicação de doses de K e cultivado com videiras Chardonnay e Pinot Noir.....30
- Tabela 3 - Altura de planta, diâmetro de caule, massa seca do material podado e K total em folhas de videiras Chardonnay e Pinot Noir, nas safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14.....31
- Tabela 4- Teores trocáveis de K, Ca e Mg nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, em fevereiro de 2014, em solo submetido a aplicação de doses de K e calcário calcítico e dolomítico.....32
- Tabela 5-Altura de plantas, diâmetro de caule, teores totais de K, Ca e Mg em folhas de videiras da cv. Chardonnay, submetida à aplicação de doses de K, e calcário calcítico e dolomítico, nas safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14.....33

ESTUDO II

- Tabela 1- Características do solo Cambissolo Húmico na camada de 0-20 cm.....49
- Tabela 2 - Médias de precipitação, temperatura do ar e insolação em meses nos anos de 2011, 2012 e 2013.....50
- Tabela 3- Produção de uva, componentes de produção, teor total de K na baga e teor total de K no limbo e nos pecíolos, em videiras Cabernet Sauvignon, submetidas à aplicação de doses de fertilizante potássico durante três safras.....51
- Tabela 4- Valores de sólidos solúveis totais (SST), pH e acidez total titulável no mosto de videiras Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de doses de fertilizante potássico durante três safras.....52
- Tabela 5- Potássio extraído por Mehlich1, K não trocável extraído por HNO₃ 1 N fervente e K total extraído por ácido fluorídrico (HF), na camada de 0-20 cm, em solo cultivado com videiras Cabernet Sauvignon e submetidas a doses de fertilizante potássico durante três safras.....53

ESTUDO III

- Tabela 1- Médias de precipitação, temperatura do ar e insolação nos meses dos anos de 2012, 2013 e 2014.....66

| | |
|---|----|
| Tabela 2- Teor de K trocável no solo, coordenadas geográficas, declividade, plantas de cobertura do solo, P e N aplicados nos vinhedos..... | 67 |
| Tabela 3- Produção de uva, componentes de produção, teor total de K na baga, quantidade de K exportado pelas bagas e teor total de K em folhas, em videiras da cv. Cabernet Sauvignon, cultivadas em vinhedos com teores crescentes de K trocável no solo e significância das comparações de médias por contrastes..... | 68 |
| Tabela 4- Valores de sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez total titulável, polifenóis totais, antocianinas totais e taninos totais no mosto de uvas de videiras da cv. Cabernet Sauvignon, em vinhedos com teores crescentes de K trocável no solo e significância das comparações de médias por contrastes..... | 69 |

ESTUDO IV

| | |
|---|----|
| Tabela 1- Valores médios de precipitação (mm) temperatura (°C), umidade relativa (%) e pressão de vapor d'água no ar (hPa) no período de junho a outubro de 2013..... | 78 |
| Tabela 2 - Teor total de nutrientes em folhas completas e composição de bagas, em videiras cv. Pinot Nero com (CI) e sem (SI) irrigação..... | 79 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO GERAL..... | 15 |
| 2. HIPÓTESES..... | 18 |
| 2.1 Objetivo Geral..... | 18 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 18 |
| 3. ESTUDO I: CRESCIMENTO E NUTRIENTES EM FOLHAS DE VIDEIRAS JOVENS SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE POTÁSSIO E TIPOS DE CALCÁRIO NO SOLO..... | 19 |
| 3.1 Resumo..... | 19 |
| 3.2 Introdução..... | 19 |
| 3.3 Material e métodos..... | 20 |
| 3.4 Resultados e discussão..... | 23 |
| 3.5 Conclusões..... | 26 |
| 3.6 Referencias..... | 27 |
| 4. ESTUDO II: PRODUÇÃO DE UVA, COMPOSIÇÃO DO MOSTO E ALTERAÇÃO DE FORMAS DE POTÁSSIO NO SOLO EM VINHEDO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO POTÁSSICA..... | 34 |
| 4.1 Resumo..... | 34 |
| 4.2 Introdução..... | 34 |
| 4.3 Material e métodos..... | 36 |
| 4.4 Resultados..... | 39 |
| 4.5 Discussão..... | 41 |
| 4.6 Conclusões..... | 46 |
| 4.7 Referências..... | 47 |
| 5. ESTUDO III: TEOR DE POTÁSSIO NO SOLO, RENDIMENTO DE UVA E COMPOSIÇÃO DO MOSTO DE VINÍFERAS CABERNET SAUVIGNON..... | 55 |
| 5.1 Resumo..... | 55 |
| 5.2 Introdução..... | 55 |
| 5.3 Material e métodos..... | 57 |
| 5.4 Resultados e discussão..... | 58 |
| 5.5 Conclusões..... | 63 |
| 5.6 Referências..... | 64 |
| 6. ESTUDO IV: POTENCIAL DE ÁGUA EM FOLHAS, ESTADO NUTRICIONAL E COMPOSIÇÃO DO MOSTO EM VINÍFERAS PINOT NERO COM E SEM IRRIGAÇÃO..... | 71 |
| 6.1 Resumo..... | 71 |
| 6.2 Referências..... | 76 |
| 7. CONSIDERAÇÕES GERAIS..... | 81 |
| 8. PERSPECTIVAS DE ESTUDOS FUTUROS..... | 83 |
| 9. REFERÊNCIAS..... | 84 |

1. INTRODUÇÃO GERAL

A área cultivada com uvas viníferas no Sul do Brasil vem aumentando nos últimos anos, especialmente em regiões diferentes daquelas tradicionalmente produtoras. Em Santa Catarina (SC), a produção de vinho concentrava-se no Vale do Rio do Peixe, Planalto Norte e Sul do Estado, mas a partir da década de 90 iniciaram-se os cultivos de uvas viníferas na Serra Catarinense, principalmente com as cultivares Cabernet Sauvignon, Merlot, Pinot Noir, Malbec, Chardonnay e Sauvignon Blanc. O objetivo é a produção de vinhos, que recebem a denominação de ‘Vinhos Finos de altitude’, que são vinhos tintos, brancos e espumantes. A área cultivada com videiras é de 5.176 ha (Mello, 2013). No Rio Grande do Sul (RS), a área de cultivo está se expandindo, desde a década de 70, para áreas antes de campo natural e criação de animais, na região da Campanha Gaúcha, e Serra do Sudeste, destacando-se as cultivares como a Cabernet Sauvignon, Tannat, Gewurztraminer, Chardonnay, Flora, Pinotage entre outras (Mello, 2010), visando à produção de vinhos. No estado, atualmente, são cultivados 49.900 ha com videiras (Mello, 2013).

Os solos cultivados com videiras da Serra Catarinense são na sua maioria argilosos e pouco profundos, Cambissolos e Neossolos. Esses solos possuem baixa fertilidade natural, com teores altos de alumínio trocável, com necessidade da aplicação de altas doses de corretivos da acidez. Por outro lado, apresentam teores médios ou altos de matéria orgânica no solo, o que contribui para o tamponamento da acidez, mas com diversos benefícios às características químicas, físicas e biológicas do solo. O clima é Cfb, mesotérmico, úmido com ocorrência de precipitação em todos os meses do ano e verão fresco (22°C). A temperatura média normal das máximas varia de 19,4 a 22,4°C e a mínima de 9,2 a 10,8°C, com ocorrência de 20 a 29 geadas ao ano. A precipitação pluviométrica total anual varia de 1.360 a 1.600mm, com um total aproximado de 135 dias de chuva no ano. A umidade relativa do ar é entre 80 e 83%, com insolação total de 1.824 a 2.083 horas (Epagri, 2002). Na Campanha do RS predominam os Argissolos, com textura arenosa, com baixa fertilidade natural e baixos teores de MO. O clima é subtropical úmido, tipo Cfa2, que se caracteriza por temperaturas amenas e chuvas com pouca variação ao longo do ano. A precipitação média anual é de 1.600mm, temperatura do mês mais quente, janeiro, de 23,8°C e a média no mês mais frio, julho, de 12,4°C, aproximadamente 2.500 horas de insolação.

A recomendação de adubação potássica para a região Sul do Brasil é indicada pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2004). Para videiras jovens, a

quantidade de K a ser aplicada depende da análise de solo na camada até 20 cm, considerando a classe de $CTC_{pH\ 7,0}$ do solo. A adubação de base é realizada em área total, incorporada, antes do plantio das mudas. A adubação de reposição de K no solo é realizada após a planta iniciar a produção de uva, e é baseada na análise foliar (folhas completas e pecíolo), realizada após a mudança de cor do fruto (fevereiro) e a expectativa de produção na safra seguinte. No entanto, as curvas de calibração hoje existentes para videiras em crescimento foram elaboradas com base nas exigências de culturas anuais, porém a dinâmica de absorção e a necessidade de plantas perenes são diferentes em relação às anuais. Por este fato, e considerando que hoje são regiões em expansão na produção de uvas viníferas no RS e SC, ainda existe a necessidade de estudos mais específicos.

Na planta o K tem diversas funções fisiológicas tais como a manutenção do potencial osmótico da planta, ativador enzimático em diversas reações de sínteses de substâncias e proteínas e transporte de substâncias através dos vasos do floema. Quando o K é absorvido pela planta, o mesmo não é incorporado em outros compostos, mas é transportado na forma de íon das raízes para outros órgãos em crescimento e com demanda pelo nutriente. Uma vez na planta movimenta-se via xilema e também floema. Em plantas jovens de videiras pouco se conhece com relação ao impacto da adubação potássica sobre crescimento de ramos ou diâmetro de caule, mas a expectativa é que esse nutriente cause efeitos sobre as diversas reações fisiológicas que estimulam o crescimento vegetativo e desenvolvimento da videira. A sua deficiência, portanto, poderá influenciar negativamente o crescimento da planta. Em videiras adultas, o K é um dos nutrientes mais absorvidos e é exportado em grande quantidade pelos cachos na produção. Assim, a falta de reposição do nutriente que é extraído pela absorção ou eventualmente perdido por lixiviação, pode levar a alteração e até ao esgotamento das formas do potássio no solo. Não tem sido observado incremento na produção de uva com a aplicação da adubação potássica (BOONTERM et al., 2010). No entanto, alterações no estado nutricional da videira, concentração do nutriente na baga e, conseqüentemente, efeitos na composição do mosto produzido (BRUNETTO et al., 2006; CONDE et al., 2007). No mosto, o K influencia a concentração de açúcares (SST), pH, acidez total e teor de polifenóis totais. Um dos principais efeitos é o excesso de K na baga, que promove o aumento de pH do mosto, prejudicando a estabilidade e a fermentação durante os processo de vinificação (MPELASOKA et al., 2003).

A irrigação dos vinhedos é uma prática importante e que tem influência sobre a nutrição da planta. Países como a Itália, tradicional produtora de uvas e vinhos, períodos de estiagem durante o crescimento do fruto e na viração de cor da uva, são comuns e nesta fase,

para a manutenção do potencial hídrico da planta, a irrigação faz-se necessária. Além de importante na manutenção da turgidez da planta, a água é o meio pelo qual ocorre o suprimento dos diversos nutrientes. Assim, em vinhedos com irrigação se espera que o aumento da disponibilidade de água no solo favoreça a absorção e transporte de nutrientes, no interior das videiras. Com isso alterações na massa de bagas podem ocorrer, além do teor de nutrientes, e conseqüentemente modificando o teor de açúcares, pH e acidez do mosto (ETCHEBARNE et al., 2010).

Diante disso, conhecer a resposta das plantas jovens à adubação potássica ainda é uma necessidade. E, mais que isso, para plantas em produção, é importante conhecer quanto a planta exporta e qual a real necessidade dos nutrientes para a produção de uva com qualidade, sem que haja o esgotamento de K disponível no solo o que somente é percebido com o tempo. Assim, este trabalho foi dividido em quatro estudos:

- (1) “Crescimento e nutrientes em folhas de videiras jovens submetidas à aplicação de potássio e tipos de calcário no solo”
- (2) “Produção de uva, composição do mosto e alteração de formas de potássio no solo em vinhedo submetido à adubação orgânica”
- (3) “Teor de potássio no solo, rendimento de uva e composição do mosto de viníferas Cabernet Sauvignon”
- (4) “Potencial de água em folhas, estado nutricional e composição do mosto em viníferas Pinot Nero com e sem irrigação”

2. HIPÓTESES

1. Plantas jovens de videiras são pouco responsivas à adubação potássica no solo;
2. A adição de K e seu incremento no solo pode influenciar a absorção de Mg em plantas jovens de videira e pode resultar em alterações no estado nutricional da planta e nos parâmetros de crescimento;
3. A aplicação de altas doses de K no solo em videiras adultas não altera a produção de uva, porém interfere negativamente a composição do mosto;
4. A extração de K do solo devido à absorção pelas videiras em produção promove alterações nas formas trocáveis e não trocáveis do K no solo.

2.1. Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da adubação potássica e calagem sobre o crescimento, estado nutricional de videiras jovens e sobre a produção e composição da uva em videiras em produção.

2.2. Objetivos específicos

- a) Avaliar o crescimento e o estado nutricional de videiras jovens da cv. Chardonnay e Pinot Noir submetidas à aplicação de K;
- b) Determinar o crescimento e o estado nutricional de videiras jovens da cv. Chardonnay submetida à aplicação de K e calcários, dolomítico e calcítico, no solo;
- c) Avaliar como a adubação potássica pode afetar a produção de uva, composição do mosto e alteração das formas de K no solo, em vinhedo da cv. Cabernet Sauvignon;
- d) Avaliar a interferência do teor de K trocável no solo sobre a produção e a composição do mosto da cv. Cabernet Sauvignon, cultivada em solo com textura superficial arenosa;
- e) Avaliar o potencial de água em folhas, o estado nutricional e a composição do mosto, em videiras da cv Pinot Nero, cultivadas com e sem irrigação na região de Trento, Itália.

ESTUDO I - CRESCIMENTO E NUTRIENTES EM FOLHAS DE VIDEIRAS JOVENS SUBMETIDAS À APLICAÇÃO DE POTÁSSIO E TIPOS DE CALCÁRIO NO SOLO

RESUMO

O trabalho objetivou (a) avaliar o crescimento e o estado nutricional de videiras jovens das cultivares Chardonnay e Pinot Noir submetidas à aplicação de K e (b) determinar o crescimento e o estado nutricional de videiras jovens das cultivares Chardonnay submetida à aplicação de K e tipos de calcários no solo. O experimento foi conduzido em um Argissolo Vermelho, em Santana do Livramento (RS), na safra de 2011/12 até 2013/14. No experimento 1 os tratamentos foram 0, 30 e 60 kg de K_2O ha^{-1} . Avaliou-se o teor de K trocável no solo, o teor de K em folhas, a altura de plantas, diâmetro de caule e massa do material podado. No experimento 2, os tratamentos foram 0, 60, 120, e 180 kg de K_2O ha^{-1} , com aplicação de calcário calcítico e dolomítico. Foram avaliados os teores de K, Ca e Mg trocáveis no solo, K, Ca e Mg nas folhas, a altura de planta, diâmetro de caule e massa do material podado. A adubação potássica no solo incrementou os teores de K somente na camada de 0-10cm, influenciou o teor de K nas folhas na primeira safra, porém não influenciou os parâmetros de crescimento nas cultivares Chardonnay e Pinot Noir. A aplicação de K combinado com calcário dolomítico e calcítico promoveram a absorção pela planta, diagnosticado pelo maior teor de K na folha, porém não influenciou parâmetros de crescimento da cultivar Chardonnay.

Palavras chave: Adubação potássica, calagem, análise foliar, *Vitis vinifera*

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul (RS) possui, aproximadamente, 50 mil ha cultivados com videira, que é a maior área cultivada do Brasil. A partir da década de 70 parte dos solos sob campo natural da região da Campanha Gaúcha, localizada na região Sudoeste do estado foram incorporados ao sistema de produção de uvas viníferas, como a Chardonnay e a Pinot Noir, das quais suas uvas são destinadas à produção dos vinhos finos (MELLO, 2010). Os vinhedos normalmente são implantados em Argissolos, com textura superficial arenosa, de baixa fertilidade, cujos teores de nutrientes, entre eles, o potássio (K), se encontram nas faixas de disponibilidade média e baixa. Por isso, torna-se indispensável à aplicação de corretivos e fertilizantes, entre eles, os potássicos, na adubação de pré-plantio e de manutenção ao longo do período de produção. Na adubação de pré-plantio, atualmente se recomenda a aplicação dos fertilizantes potássicos em área total na superfície do solo, com posterior incorporação até, aproximadamente, 20 cm (CQFS-RS/SC, 2004). Posteriormente, as videiras jovens são transplantadas e nova aplicação de fertilizantes potássicos ao longo do crescimento não são

realizadas. Isso porque, se acredita que as aplicações de fertilizantes potássicos no pré-plantio causam o aumento do teor de K trocável até a camada de 20 cm, aumentando o suprimento de K até a superfície externa das raízes, a absorção e o acúmulo em órgão de crescimento, como as folhas (TAGLIAVINI & SCANDELLARI, 2013). Com isso, se espera que as plantas absorvam o K e que seja utilizado para o desenvolvimento da planta, podendo se refletir em maior crescimento das plantas, mensurado pela altura, diâmetro de caule ou material podado. Porém, não é suficientemente conhecida qual a melhor dose de K a ser aplicada para que aumente os teores de K até 20 cm de profundidade, próximo ao nível de suficiência das videiras jovens, nem tampouco o impacto sobre o teor de potássio na folha e parâmetros de crescimento, especialmente, em solos com textura arenosa, com baixo valor de capacidade de troca de cátions (CTC).

Por outro lado, em solos de vinhedos jovens com alto teor de K trocável pode ocorrer sintomas de deficiência de magnésio (Mg) em folhas de videiras jovens e até o dessecamento da ráquis, que é um distúrbio fisiológico, em videiras em produção (COOMBE, 1987; CHRISTENSEN et al., 1991; HALL et al., 2011; BACHTELER et al., 2013). Porém, nas condições edafoclimáticas da região da Campanha do RS não é suficientemente conhecido se o incremento de doses de K no solo e o uso de calcários que possam desequilibrar a proporção de Ca e Mg no solo, podem causar deficiência de Mg no tecido das plantas, que pode se refletir nos parâmetros de crescimento, como a altura das plantas, diâmetro de caule e massa do material podado (PICKERING et al., 2005).

O trabalho objetivou avaliar (a) o crescimento e o estado nutricional de videiras jovens das cultivares Chardonnay e Pinot Noir submetidas à aplicação de potássio e (b) determinar o crescimento e o estado nutricional de videiras jovens da cultivar Chardonnay submetida à aplicação no solo de potássio e calcários dolomítico e calcítico.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos 1 e 2 foram instalados no município de Santana do Livramento, região da Campanha do RS, Brasil (Latitude 30° 49' 8" S e Longitude 55° 27' 3" W). O solo é um Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2013) e antes do experimento apresentava, na camada 0-20cm, as seguintes características: argila 94 g kg⁻¹, matéria orgânica 12,0 g kg⁻¹, pH em água 5,0; Ca trocável 1,28 cmol_c kg⁻¹, Mg trocável 1,1 cmol_c kg⁻¹, Al trocável 0,4 cmol_c kg⁻¹ (ambos extraídos por KCl 1 mol l⁻¹); P disponível 7,6 mg kg⁻¹ e K trocável 80 mg kg⁻¹ (ambos extraídos por Mehlich-1); CTC_{efetiva} 2,7 cmol_c kg⁻¹ e CTC_{pH 7,0} 4,7 cmol_c kg⁻¹. O clima segundo a classificação de Köppen é subtropical úmido, tipo Cfa2, que se

caracteriza por temperaturas amenas e chuvas com pouca variação ao longo do ano. A normal de precipitação média anual é de 1.600mm, com temperatura do mês mais quente, janeiro, sendo de 23,8°C e a média no mês mais frio, julho, sendo de 12,4°C. Os dados médios mensais de temperatura e precipitação do período do experimento são apresentados na tabela 1.

Experimento 1 – Crescimento e teor de K em folhas de videiras jovens das cv. Chardonnay e Pinot Noir submetidas à aplicação de potássio

Em agosto de 2011, foi aplicado sobre a superfície do solo, 3.800 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico e, posteriormente, incorporado, com uma lavração, uma subsolagem e duas gradagens, até a camada de, aproximadamente, 20 cm, para elevar o valor de pH até 6,0. Foram aplicados 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹ (na forma de superfostato triplo), 80 kg de N ha⁻¹ (na forma de uréia) e 40 kg bórax ha⁻¹ na superfície e incorporados, com uma lavração, uma subsolagem e duas gradagens, até a camada de, aproximadamente, 20 cm.

Os tratamentos constam da aplicação de 0, 30 e 60 kg de K₂O ha⁻¹. A fonte de K₂O usada foi o KCl. As doses do fertilizante potássico foram aplicadas sobre a superfície do solo antes do transplante das videiras e, em seguida, foram incorporadas em duas etapas. Metade de cada dose foi aplicada na superfície do solo e, em seguida, incorporada com lavração. Logo depois, a segunda metade de cada dose foi aplicada e incorporada com subsolagem.

Em outubro de 2011, videiras jovens das cv. Chardonnay e Pinot Noir, enxertadas sobre o porta-enxerto 110R foram transplantadas com 1,0 m entre plantas e 2,5 m entre linhas (4.000 plantas ha⁻¹). Em novembro de 2014 foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, na linha de plantio de cada planta. O solo foi seco ao ar e passado em peneira com malha de 2 mm. Em seguida, o K trocável foi extraído (extrator de Mehlich-1) e determinado em fotômetro de chama (TEDESCO et al., 1995). Em março de 2012, 2013 e 2014 foram coletadas três folhas na parte mediana de cada planta. As folhas foram secas em estufa com ar forçado a 65°C e moídas. Em seguida, foi realizada a análise do teor total de K (TEDESCO et al., 1995). Em março de 2012 foi mensurada a altura de cada planta, usando fita métrica, e o diâmetro de caule a 10 cm da superfície do solo, usando paquímetro digital. Em julho de 2012 e de 2013 foi realizada a poda de inverno. O material podado foi seco em estufa com ar forçado a 65°C e, posteriormente, foi determinada a massa seca, em cada ano. Em março de 2013 foi mensurado o diâmetro de caule, usando paquímetro digital.

Experimento 2 – Crescimento e teor de K, Ca e Mg em folhas de videiras jovens das cultivares Chardonnay submetidas à aplicação de K, calcário calcítico e dolomítico

Em agosto de 2011 foram aplicados 60 kg de P_2O_5 ha^{-1} (na forma de superfostato triplo), 80 kg de N ha^{-1} (na forma de uréia) e 40 kg bórax ha^{-1} na superfície e incorporados, com uma lavração, uma subsolagem e duas gradagens, até a camada de, aproximadamente, 20 cm.

Os tratamentos foram a aplicação de 0, 60, 120, e 180 kg de K_2O ha^{-1} , com aplicação de calcário calcítico (56,7 $cmol_c$ kg^{-1} de Ca e 4,0 $cmol_c$ kg^{-1} de Mg) e dolomítico (44,8 $cmol_c$ kg^{-1} de Ca e 22,5 $cmol_c$ kg^{-1} de Mg), para elevar o pH até 6,0. A fonte de K_2O foi o KCl, aplicado sobre a superfície e, em seguida, incorporado antes do transplante das videiras. A incorporação do fertilizante potássico e dos calcários foi realizada em duas etapas. Metade de cada dose foi aplicada na superfície do solo e, em seguida, incorporada com lavração. Logo depois, a segunda metade de cada dose foi aplicada e incorporada com subsolagem.

Em outubro de 2011, videiras jovens da cultivar Chardonnay, enxertadas sobre o porta-enxerto 110R foram transplantadas com 1,0 m entre plantas e 2,5 m entre linha (4.000 plantas ha^{-1}).

Em fevereiro de 2014 foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, na linha de plantio de cada planta. O solo foi seco ao ar e passado em peneira com malha de 2 mm. Em seguida, o K trocável foi extraído (extrator de Mehlich-1) e determinado em fotômetro de chama. O Ca e Mg trocáveis (extrator de KCl 1 mol l^{-1}) foram determinados por espectrometria de absorção atômica (TEDESCO et al., 1995). Em março de 2012, 2013 e 2014 foram coletadas três folhas na parte mediana de cada planta. As folhas foram secas em estufa com ar forçado a 65°C e moídas. Em seguida, foi realizada a análise dos teores totais de K, Ca e Mg (TEDESCO et al., 1995). Em março de 2012 foi mensurada a altura de cada planta, usando fita métrica, e o diâmetro de caule a 10 cm da superfície do solo, usando paquímetro digital. Em julho de 2012 e de 2013 foi realizada a poda de inverno. O material podado foi seco em estufa com ar forçado a 65°C e, posteriormente, foi determinada a massa seca, em cada ano. Em março de 2013 foi mensurado o diâmetro de caule, usando paquímetro digital.

Práticas de manejo nos Experimentos 1 e 2

Nos experimentos 1 e 2 o sistema de condução das plantas foi espaldeira. Anualmente foi realizada poda de inverno e no verão brotações laterais foram retiradas. Nas entrelinhas das videiras predominavam a pensacola (*Paspalum Notatum*), o pega pega, (*Desmodium*

Affine Schltl.) e o azevém (*Lolium Multiflorum*). Estas plantas frequentemente foram roçadas ao longo do ano e os resíduos foram depositados sobre a superfície do solo. Nas entrelinhas das videiras a vegetação foi dessecada ao longo dos anos, usando herbicida não residual. Nos dois experimentos, anualmente foi realizada irrigação, usando gotejadores, nos meses de novembro até janeiro. Duas irrigações semanais foram realizadas, totalizando, aproximadamente, a adição de 22,75 mm de água por semana, por planta. O delineamento experimental usado foi de blocos ao acaso, com três repetições e cada parcela experimental foi formada por dez plantas, distribuídas ao longo da linha de plantio. As avaliações foram realizadas nas oito plantas centrais.

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância, nos dois experimentos. Quando significativo, no experimento 1 as medias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). No experimento 2, quando os efeitos foram significativos, foram ajustadas equações de regressão com as médias, escolhendo o melhor modelo pelo teste F com probabilidade de erro menor que 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Na camada de 0-10 cm, em 2014, no vinhedo das cv. Chardonnay e Pinot Noir, o teor de K trocável no solo aumentou com o aumento da dose do nutriente (Tabela 2). Mas, na camada de 10-20 cm, nos dois vinhedos, o teor de K trocável não foi afetado pela dose do nutriente aplicada. A falta de incremento do teor de K trocável no solo da camada de 10-20 cm pode ter acontecido por causa da absorção de parte do nutriente pelas raízes, incorporação no tecido da parte aérea e exportação pelo material podado (BRUNETTO et al., 2006). Mas também, a absorção de K pelas raízes e incorporação no tecido da parte aérea de plantas que coabitaram o vinhedo (ZALAMENA et al., 2013). Com a deposição e decomposição dos resíduos das espécies que coabitaram o vinhedo, mais as folhas senescentes das videiras jovens na superfície do solo, o K contido no tecido pode ter sido liberado, mantendo ou incrementando os teores do nutriente nas camadas mais superficial do solo, diagnosticado pelo teor de K trocável na camada de 0-10 cm (Tabela 2), assim como ocorre com outros nutrientes (VENTURA et al., 2010).

Nas camadas de solo de 0-10 e 10-20 cm, em todas as doses de K, nos vinhedos das cultivares Chardonnay e Pinot Noir, os teores de K trocável foram muito inferiores a 80 mg

kg⁻¹ diagnosticado no solo antes da implantação do experimento (Tabela 2). Isso mostra que parte do K do solo foi provavelmente exportado pelo material da poda. Mas também é possível que parte do K aplicado possa ter migrado no perfil do solo para profundidades inferiores a 20 cm ao longo dos anos. Isso pode ter acontecido porque, anualmente, nos meses de novembro até janeiro foram realizadas irrigações, o que estimula a movimentação do íon no solo, especialmente, em solos com baixa CTC_{pH7,0} (4,7cmol_c kg⁻¹), e em solos com histórico de aplicação de calcário, que promove o aumento da adsorção de Ca e Mg em grupos funcionais de partículas reativas do solo, estimulando o deslocamento de parte do K da fração sólida para a solução (WERLE et al., 2008; ERNANI et al., 2012). Assim, para manter os teores de K no solo próximo aos teores originais em quantidades adequadas para suprir a demanda das plantas é necessária a aplicação anual de doses de fertilizantes potássicos no solo e não somente antes da implantação do vinhedo.

Nas cultivares Chardonnay e Pinot Noir, safra 2011/12, o teor de K total em folhas aumentou com a dose do nutriente aplicado no solo (Tabela 3). Isso pode ser atribuído ao incremento do teor de K trocável no solo com a aplicação das doses do nutriente, como diagnosticado na camada de 0-10 cm (Tabela 2). Com isso, através da difusão parte do K aplicado pode ter sido transportado até a superfície externa das raízes, posteriormente absorvido, transportado no interior das videiras e acumulado em órgãos de crescimento, como as folhas (TAGLIAVINI & SCANDELLARI, 2013). Por outro lado, os teores de K total nas folhas das videiras das cultivares Chardonnay e Pinot Noir nas safras 2012/13 e 2013/14, não foram afetados pela dose de K e seus teores no solo. Isso pode ter acontecido, possivelmente, porque ao longo dos anos os teores de K trocável no solo diminuíram em todas as doses, em relação ao teor inicial de K no solo (80 mg kg⁻¹). Assim, provavelmente as raízes das videiras absorveram menores quantidades de K do solo, diminuindo a quantidade no tecido da parte aérea, justificando os teores iguais do nutriente nas folhas das videiras submetidas à aplicação de doses de K. A falta de incremento do teor de K no interior das videiras das cultivares Chardonnay e Pinot Noir, quando submetidas à aplicação das doses de K no solo pode ser uma das explicações para a falta de incremento de outros parâmetros das plantas, como o diâmetro de caule e massa do material podado, por exemplo, na safra 2012/13 (Tabela 3). O K possui funções na planta relacionadas à fotossíntese, manutenção do potencial osmótico e reações enzimáticas (CONDE et al., 2007). Assim, pode afetar indiretamente parâmetros de crescimento das videiras (altura de planta, diâmetro de caule e material podado).

Experimento 2

Os teores trocáveis de K, Ca e Mg nas camadas de 0-10 e 10-20cm do solo não foram afetados pela aplicação de doses de K, com a adição de calcário calcítico e dolomítico (Tabela 4). A falta de incremento do teor de K no solo com o aumento da dose do nutriente pode ter acontecido por causa da sua absorção, transporte e exportação pelo material da poda das videiras jovens (BRUNETTO et al., 2006). Isto fica evidenciado pelo fato que na safra 2011/12, tanto no solo com a aplicação de calcário calcítico e quanto de calcário dolomítico, o teor de K nas folhas incrementou com a dose do fertilizante potássico aplicado, indicando que o nutriente foi absorvido pelas plantas, transportado e acumulado em órgãos da parte aérea, especialmente as folhas, que apresentam ao longo do período vegetativo intensa divisão celular sendo, por isso, forte dreno de K nas videiras em crescimento. Além da exportação pelo material podado, parte do K pode ter migrado no perfil do solo, para camadas subsuperficiais (ARIENZO et al., 2009).

Por outro lado, o teor de K nas folhas nas safras 2012/13 e 2013/14, bem como o de Ca e Mg não foram afetados pela aplicação de doses de K, calcário calcítico e dolomítico (Tabela 5). Isso pode ser atribuído à ausência de incremento nos teores de K trocável com a aplicação da adubação potássica nem mesmo de Ca e Mg trocáveis no solo, com a aplicação do calcário dolomítico e calcítico. Como somente na safra 2011/12, verificou-se aumento do teor de K total nas folhas das videiras com o aumento da dose de K no solo e com a adição de calcário calcítico e dolomítico, acredita-se que foi pequena a quantidade de K absorvida e acumulada nas plantas nas demais safras 2012/13 e 2013/14, explicando em parte a falta de impacto da adição de K ou mesmo dos teores de Ca e Mg sobre a altura de planta, na safra 2011/12; diâmetro do caule em 2012/13 e material podado em ambas as safras, bem como a ausência de impacto sobre o diâmetro de caule e material podado em ambas as safras, com o calcário calcítico e dolomítico, respectivamente. Possivelmente, a falta de incremento nos parâmetros de crescimento das plantas de videiras aconteceu porque o K, Ca e Mg não afetam diretamente o crescimento das plantas, porém seu suprimento é imprescindível pois relacionam-se a funções vitais na planta, tais como a fotossíntese. Dentre as principais funções o K é importante na manutenção do potencial osmótico da planta, além de participar de diversas reações enzimáticas em rotas metabólicas importantes. O Mg faz parte da molécula de clorofila, enquanto o Ca possui funções na proteção da planta, formação e rigidez da parede celular. Assim, embora não tenha sido evidenciado impacto sobre os parâmetros de planta avaliados, o suprimento destes elementos no solo pela aplicação da adubação potássica e calagem é importante na manutenção dos processos fisiológicos da planta (TAGLIAVINI & MARANGONI, 2002; PRADUBSUK & DAVENPORT, 2010).

CONCLUSÕES

A adubação potássica no solo incrementou os teores de K somente na camada de 0-10 cm, promoveu a absorção pela planta, diagnosticado pelo teor de K nas folhas na primeira safra, porém não influenciou os parâmetros de crescimento nas cultivares Chardonnay e Pinot Noir.

A aplicação de K combinado com calcário dolomítico e calcícoproporcionou maior absorção de K na planta, diagnosticado pelo maior teor de K na folha, porém não influenciou os parâmetros de crescimento da cultivar Chardonnay.

AGRADECIMENTOS

À Vinícola Salton, em Santana do Livramento, pela cedência da área experimental e auxílio na condução dos experimentos.

REFERENCIAS

- ARIENZO, M. et al., A review of the fate of potassium in the soil-plant system after land application of wastewaters. **Journal of hazardous materials**, v 154, p. 415 a 422, 2009.
- BRANCADORO, L.; VALENTI, L.; REINA, A. Rootstock effect on potassium content of grapevine. **Acta Horticulture**, Wageningen, n.383, p.115-124, 1995.
- BRUNETTO, G.; et al. Recuperação e distribuição do nitrogênio fornecido a videiras jovens **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.8, p.1299-1304, 2006.
- CHRISTENSEN, P., et al. The relationship of nitrogen and other elements to the bunch stem necrosis disorder 'waterberry'. In: International Symposium on Nitrogen in grapes and Wine. J. M. Rantz (Ed.). **Am. Soc. Enol. Vitic.**, Davis, CA, p.198-109, 1991.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, SBSC - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.
- CONDE, C. et. al. Biochemical changes through out grape Berry development and fruit and wine quality. *Food*. 1, 1-22, 2007.
- COOMBE, B. G. Research on development and ripening of the grape Berry. **Am. J. Enol. Vitic.**, 35, 40-45, 1992.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa, 3ª Ed. 2013.
- ERNANI, P. R. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:393-402, 2007.
- KODUR, S., et al. Accumulation of potassium in grapevine rootstocks (*Vitis*) as affected by dry matter partitioning, root traits and transpiration. **Australian Journal of Grape and Wine Research**.v.16, 273–282, 2009.
- MELLO, R. L. M. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2009**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010.(artigo técnico).
- PRADUBSUK, S. & DAVENPORT, J.R. Seasonal uptake and partitioning of macronutrients in mature 'Concord' grape. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** , v. 135, p. 474-483, 2010.
- TEDESCO, M.J., et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p
- TAGLIAVINI, M. & MARANGONI, B. Major nutritional issues in deciduous fruit orchards of Northern Italy. **Hort Technology**, v. 12, n.1, p. 26-31, 2002.
- TAGLIAVINI, M. 7 SCANDELLARI, F. Methodologies and Concepts in the Study of Nutrient Uptake Requirements and Partitioning in Fruit Trees. **Acta Hort**. 984, ISHS 2013.

VENTURA, M. et al. Nutrient release during decomposition of leaf litter in a peach (*Prunus persica* L.) orchard. **Nutr Cycl Agroecosyst.** V. 87, p.115–125, 2010 doi 10.1007/s10705-009-9317-0

ZALAMENA, J. et al. Produtividade e composição de uva e de vinho de videiras consorciadas com plantas de cobertura. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.48, n.2, p.182-189, 2013 doi: 10.1590/S0100-204X2013000200008

WERLE, R. et al. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:2297-2305, 2008

Tabela 1. Médias de precipitação, temperatura do ar e insolação em meses nos anos de 2011, 2012 e 2013.

| Meses | Temperatura do ar (°C) | | | Precipitação (mm) | | | Insolação (horas) | | |
|--------------------|---------------------------|------|------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2011 | 2012 | 2013 | 2011 | 2012 | 2013 |
| Jan | nd | 24,6 | 22,0 | nd | 18,7 | 158,2 | nd | 315,6 | 298,9 |
| Fev | nd | 23,9 | 22,1 | nd | 220,5 | 84,2 | nd | 218,5 | 215,2 |
| Mar | nd | 21,3 | 18,9 | nd | 58,5 | 73,9 | nd | 278,3 | 238,6 |
| Abr | nd | 17,3 | 17,8 | nd | 147,5 | 120,7 | nd | 204,6 | 234,3 |
| Mai | nd | 16,4 | 13,7 | nd | 13,1 | 200,6 | nd | 200,8 | 151,7 |
| Jun | nd | 12,2 | 12,1 | nd | 77,7 | 42,7 | nd | 144,5 | 165,8 |
| Jul | 10,4 | 9,5 | 11,7 | 127,4 | 32,2 | 68,7 | 161,2 | 203,1 | 216,8 |
| Ago | 11,7 | 15,8 | 11,0 | 65,6 | 127,3 | 65,6 | 172,3 | 156,3 | 179,5 |
| Set | 14,7 | 15,4 | 14,7 | 119,4 | 156,1 | 119,6 | 233,0 | 190,0 | 179,8 |
| Out | 16,8 | 18,2 | 17,4 | 154,5 | 298,2 | 139,8 | 227,9 | 201,0 | 187,8 |
| Nov | 20,4 | 21,5 | 20,1 | 54,1 | 58,0 | 283,1 | 283,2 | 286,6 | 239,9 |
| Dez ⁽¹⁾ | 21,4 | 23,1 | 22,0 | 44,9 | 179,8 | 158,2 | 283,7 | 259,6 | 236,2 |

.nd = não determinado

Tabela 2. Teor de K trocável no solo, em fevereiro de 2014, submetido à aplicação de doses de K e cultivado com videiras Chardonnay e Pinot Noir.

| Camadas (cm) | Dose (kg de K ₂ O ha ⁻¹) | | | CV (%) |
|--------------|---|-------|-------|--------|
| | 0 | 30 | 60 | |
| | -----mg K kg ⁻¹ ----- | | | |
| | -----Chardonnay----- | | | |
| 0-10 | 29,0b ⁽¹⁾ | 34,3a | 37,7a | 5,39 |
| 10-20 | 16,3a | 21,0a | 22,3a | 8,38 |
| | -----PinotNoir----- | | | |
| 0-10 | 28,8b | 31,0a | 38,0a | 4,37 |
| 10-20 | 15,0a | 18,0a | 21,0a | 6,55 |

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de erro.

Tabela 3. Altura de planta, diâmetro de caule, massa seca do material podado e K total em folhas de videiras Chardonnay e Pinot Noir, nas safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14.

| | Dose (kg de K ₂ O ha ⁻¹) | | | CV (%) |
|---|---|--------|--------|--------|
| | 0 | 30 | 60 | |
| -----Chardonnay----- | | | | |
| 2011/12 | | | | |
| Altura de planta (cm) | 42,1a ⁽¹⁾ | 52,9a | 43,1a | 25,32 |
| Diâmetro de caule (cm) | 0,53a | 0,64a | 0,56a | 14,38 |
| Massa do material podado (kg ha ⁻¹) | 89,6a | 114,8a | 94,6a | 22,54 |
| K total na folha (g kg ⁻¹) | 11,0b | 15,2a | 13,7a | 10,0 |
| 2012/13 | | | | |
| Diâmetro de caule (cm) | 0,78a | 0,90a | 0,80a | 12,00 |
| Massa do material podado (kg ha ⁻¹) | 61,2a | 121,2a | 78,8a | 35,00 |
| K total na folha (g kg ⁻¹) | 25,4a | 25,5a | 22,6a | 8,40 |
| 2013/14 | | | | |
| K total na folha (g kg ⁻¹) | 12,6a | 9,6a | 11,6a | 8,30 |
| -----Pinot Noir----- | | | | |
| 2011/12 | | | | |
| Altura de planta (cm) | 60,7a | 62,9a | 50,6a | 18,69 |
| Diâmetro de caule (cm) | 0,57a | 0,57a | 0,45a | 12,19 |
| Massa do material podado (kg ha ⁻¹) | 122,9a | 175,1a | 110,4a | 16,43 |
| K total na folha (g kg ⁻¹) | 10,2b | 16,9a | 11,1b | 7,90 |
| 2012/13 | | | | |
| Diâmetro de caule (cm) | 0,84a | 0,87a | 0,87a | 49,00 |
| Massa do material podado (kg ha ⁻¹) | 104,2a | 99,7a | 111,1a | 27,6 |
| K total na folha (g kg ⁻¹) | 28,4a | 28,7a | 27,1a | 9,24 |
| 2013/14 | | | | |
| K total na folha (g kg ⁻¹) | 10,9a | 10,6a | 12,8a | 7,80 |

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de erro.

Tabela 4. Teores trocáveis de K, Ca e Mg nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, em fevereiro de 2014, em solo submetido a aplicação de doses de K e calcários.

| | Dose, kg de K ₂ O ha ⁻¹ | | | | Equação | CV (%) |
|--|---|------|------|---------|---------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | |
| | | | | | | |
| | | | | 0-10cm | | |
| K (mg kg ⁻¹) | 36,5 | 35,2 | 34,5 | 37,2 | ns | 10,39 |
| Ca (cmol _c kg ⁻¹) | 2,6 | 2,8 | 2,7 | 2,9 | ns | 7,59 |
| Mg (cmol _c kg ⁻¹) | 1,1 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | ns | 7,51 |
| | | | | 10-20cm | | |
| K (mg kg ⁻¹) | 20,7 | 24,9 | 25,7 | 26,4 | ns | 9,82 |
| Ca (cmol _c kg ⁻¹) | 1,9 | 1,8 | 1,5 | 1,6 | ns | 8,88 |
| Mg (cmol _c kg ⁻¹) | 0,7 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | ns | 7,96 |

ns= não significativo;

Tabela 5. Altura de plantas, diâmetro de caule, teores totais de K, Ca e Mg em folhas de videiras da cv. Chardonnay, submetida à aplicação de doses de K, e calcário calcítico e dolomítico, nas safras 2011/12, 2012/13 e 2013/14.

| | Dose, kg de K ₂ O ha ⁻¹ | | | | Equação | R ² | CV (%) |
|---|---|------|-------|------|--------------------|----------------|--------|
| | 0 | 60 | 120 | 180 | | | |
| -----Calcítico----- | | | | | | | |
| 2011/12 | | | | | | | |
| Altura de planta (cm) | 31,6 | 35,3 | 49,1 | 51,4 | ns | | 37,88 |
| Diâmetro de caule (cm) | 0,35 | 0,39 | 0,52 | 0,51 | ns | | 9,96 |
| Massa do material podado (kg ha ⁻¹) | 89,1 | 99,2 | 102,5 | 83,5 | ns | | 36,33 |
| K total na folha (g kg ⁻¹) | 8,6 | 13,4 | 14,4 | 14,2 | y = 1,067 + 0,002x | 0,90* | 12,30 |
| Ca total na folha (g kg ⁻¹) | 12,7 | 13,3 | 12,7 | 11,6 | ns | | 8,12 |
| Mg total na folha (g kg ⁻¹) | 3,7 | 3,8 | 3,8 | 3,3 | ns | | 9,90 |
| 2012/13 | | | | | | | |
| Diâmetro de caule (cm) | 0,74 | 0,79 | 0,80 | 0,77 | ns | | 14,17 |
| Massa do material podado (kg ha ⁻¹) | 45,7 | 46,9 | 48,1 | 61,8 | ns | | 89,00 |
| K total na folha (g kg ⁻¹) | 31,4 | 32,3 | 30,5 | 34,4 | ns | | 13,00 |
| Ca total na folha (g kg ⁻¹) | 5,6 | 5,4 | 5,2 | 6,5 | ns | | 8,00 |
| Mg total na folha (g kg ⁻¹) | 1,1 | 1,0 | 1,3 | 1,4 | ns | | 8,00 |
| 2013/14 | | | | | | | |
| K total na folha (g kg ⁻¹) | 11,9 | 17,6 | 17,6 | 21,0 | ns | | 15,08 |
| Ca total na folha (g kg ⁻¹) | 5,8 | 4,7 | 4,1 | 4,6 | ns | | 11,69 |
| Mg total na folha (g kg ⁻¹) | 1,3 | 0,9 | 1,0 | 0,7 | ns | | 9,7 |
| -----Dolomítico----- | | | | | | | |
| 2011/12 | | | | | | | |
| Altura de planta (cm) | 48,9 | 42,0 | 35,7 | 42,9 | ns | | 10,64 |
| Diâmetro de caule (cm) | 0,52 | 0,58 | 0,47 | 0,56 | ns | | 14,48 |
| Massa do material podado (kg ha ⁻¹) | 98,6 | 74,0 | 65,1 | 75,8 | ns | | 21,74 |
| K total na folha (g kg ⁻¹) | 13,1 | 12,3 | 12,9 | 15,6 | y = 1,231 - 0,001x | 0,65* | 11,8 |
| Ca total na folha (g kg ⁻¹) | 12,8 | 8,9 | 11,1 | 9,9 | ns | | 11,99 |
| Mg total na folha (g kg ⁻¹) | 4,6 | 3,6 | 4,0 | 3,9 | ns | | 9,04 |
| 2012/13 | | | | | | | |
| Diâmetro de caule (cm) | 0,81 | 0,80 | 0,64 | 0,68 | ns | | 8,55 |
| Massa do material podado (kg ha ⁻¹) | 67,4 | 47,5 | 51,6 | 39,3 | ns | | 58,77 |
| K total na folha (g kg ⁻¹) | 26,2 | 30,7 | 30,3 | 34,1 | ns | | 9,22 |
| Ca total na folha (g kg ⁻¹) | 5,9 | 7,7 | 6,3 | 5,9 | ns | | 9,56 |
| Mg total na folha (g kg ⁻¹) | 1,5 | 2,3 | 2,0 | 1,6 | ns | | 9,00 |
| 2013/14 | | | | | | | |
| K total na folha (g kg ⁻¹) | 11,0 | 13,4 | 15,9 | 17,8 | ns | | 13,78 |
| Ca total na folha (g kg ⁻¹) | 3,6 | 3,9 | 3,5 | 3,9 | ns | | 10,21 |
| Mg total na folha (g kg ⁻¹) | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 1,1 | ns | | 10,57 |

ns= não significativo; *Significativo a 5% de probabilidade.

ESTUDO II - PRODUÇÃO DE UVA, COMPOSIÇÃO DO MOSTO E ALTERAÇÃO DE FORMAS DE POTÁSSIO NO SOLO EM VINHEDO SUBMETIDO À ADUBAÇÃO POTÁSSICA

RESUMO

A aplicação de doses de fertilizantes potássicos em vinhedos pode afetar a produção de uva, composição do mosto e alterar a distribuição das formas de K no solo. O trabalho objetivou avaliar como a adubação potássica pode afetar a produção de uva, composição do mosto e alteração das formas de K no solo, em vinhedo da cultivar Cabernet Sauvignon. Em 2010 um experimento foi instalado em São Joaquim (SC), região Sul do Brasil. As videiras foram submetidas à aplicação de 0, 50, 100, 150 e 200 kg K₂O ha⁻¹ ano⁻¹. Nas safras 2010/11, 2011/12 e 2012/13, foram coletadas amostras de folhas, separadas em limbo e pecíolo, preparadas e analisado o teor de K total. Avaliou-se a produção de uva por planta e por área, o número e massa de cachos e de 100 bagas. Amostras de uvas foram trituradas e no mosto foram analisados o teor de sólidos solúveis totais (SST), pH e a acidez total titulável. Nas três safras foi coletado solo na camada de 0-20 cm, analisado K trocável extraído por Mehlich-1, K não trocável extraído por HNO₃1N fervente e K total, extraído por HF concentrado. Houve incremento nos teores de K trocável, não trocável e total no solo com a aplicação da adubação potássica. Ao longo dos anos, houve aumento do K trocável e K total nas doses de 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹, e nas doses acima de 100 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ também incrementou os teores de K não trocável. A aplicação de K no solo aumentou os teores de K no limbo e pecíolo das videiras, mas não afetou a produção de uva e a composição do mosto.

Palavras chave: Análise foliar, sólidos solúveis totais, acidez titulável, fracionamento químico de potássio, *Vitis vinifera*

INTRODUÇÃO

A viticultura é uma atividade de grande importância econômica e social, especialmente no sul do Brasil, e sua produtividade e qualidade de frutos são influenciados pelo manejo dos nutrientes aplicados, especialmente o potássio.

O K aplicado no solo se aproxima da superfície externa das raízes das videiras principalmente por difusão, onde é criado um gradiente entre a concentração do K próximo a raiz, que normalmente é menor, comparativamente a concentração na solução do solo. Em seguida, o K é absorvido pelas raízes, seguindo um potencial eletroquímico, a difusão facilitada, porém como normalmente a concentração na solução é muito baixa (< 0.1mM), há

também a necessidade de canais de alta afinidade (KODUR, 2011). Uma vez absorvido pela planta, o nutriente é transportado via xilema até outros órgãos, especialmente aqueles com maior divisão celular ao longo do ciclo da videira, como as folhas, podendo ser diagnosticado pela análise do pecíolo ou limbo das folhas (BACHTELER, et al., 2013; BENITO et al., 2013) e os valores obtidos podem ser usados para diagnosticar o estado nutricional das plantas (KODUR et al., 2009; STELLACCI et al., 2010; TAGLIAVINI & SCANDELLARI, 2013).

O K absorvido também pode ser transportado e acumulado nas bagas dos cachos, podendo representar mais de 50% dos minerais presentes (CONDE et al., 2007). O principal acúmulo de K acontece na polpa (59%) e na casca (32%) (BERTOLDI et al., 2011) e suas funções no cacho estão relacionadas com as reações de síntese e ativação enzimática, contribuindo diretamente para o adequado amadurecimento das bagas, concentração de açúcares e manutenção do turgor celular (OSAKABE et al., 2013). Além disso, pela sua mobilidade no floema e xilema, é importante no transporte de solutos, partição de assimilados e na síntese dos diversos polifenóis, que são responsáveis pelos constituintes de cor e aroma das bagas (LESTER et al., 2010). Assim, pode influenciar a composição do mosto em termos de pH, acidez e teor de sólidos solúveis. O pH indica a capacidade de ionização do mosto, e a acidez representa a quantidade de ácidos livres, especialmente o tartárico e o málico, que são os ácidos encontrados em maior concentração no vinho. Tanto o pH quanto a acidez estão relacionados com qualidade e estabilidade do mosto e vinho, bem como características organolépticas, coloração, sabor e poder de oxidação e danos microbiológicos (MPELASOKA, et al., 2003; WALKER & BLACKMORE, 2012). Ideal que o pH não ultrapasse o valor de 3,5 (MPELASOKA, et al., 2003, ROGIERS et al., 2006). No entanto, em altas quantidades de K na baga, o pH também se eleva, por diversos motivos. Primeiramente pode ocorrer uma troca estequiométrica dos prótons do ácido (H^+) pelo K, formando o bitartarato de K, um sal que precipita no vinho, prejudicando sua qualidade. Além disso, pode ocorrer uma diminuição na proporção de ácido tartárico:málico, o que contribui ainda mais para o aumento de pH. Por fim, a taxa de transporte do ácido málico de seu local de armazenamento para o citoplasma, decresce, diminuindo também sua degradação (MPELASOKA et al., 2003). Por outro lado, teores elevados de K, motivados por adubações potássicas excessivas, nem sempre incrementam a produção de uva (DELGADO et al., 2004; ROGIERS, 2006; AMIRI & FALHAHI, 2007; BOOTERM et al., 2010), porque o K absorvido atua sobre reações enzimáticas, na síntese de proteínas e carboidratos, fotossíntese e controle do potencial osmótico das células, mas não diretamente sobre a produção.

A aplicação de doses de fertilizante potássico em vinhedos pode incrementar o teor de K na solução e, em seguida, na forma trocável, diagnosticada pelo extrator de Mehlich-1, que é a quantidade do nutriente ligada eletrostaticamente em grupos funcionais de partículas orgânicas e inorgânicas do solo (SIMONSSON, et al., 2009). Mas, quando as doses do fertilizante potássico adicionadas no solo são superiores a demanda da planta, parte do K pode se ligar às cargas de superfície e entrecamadas dos argilominerais 2:1, tais como montmorilonitas e vermiculitas (BRITZKE et al., 2012). Com as reações de desidratação do solo, esse o K fixado na entrecamada, não trocável, permanece ligado e indisponível para as plantas. Assim, ocorre um incremento do K não trocável, que pode ser extraído por HNO₃ 1 N fervente (PRATT, 1965) e do K total no solo, extraído por ácido fluorídrico (HF) (PRATT, 1965). Por outro lado, em solos de vinhedos sem a adição de fertilizantes potássicos ou com a adição de doses que não suprem a demanda das videiras, pode acontecer o decréscimo de K na solução, na forma trocável como também na forma não trocável, especialmente por causa da absorção e exportação do nutriente pelos cachos de uva (PRADUBSUK & DAVENPORT, 2010; TEIXEIRA et al., 2011).

O trabalho objetivou avaliar como a adubação potássica pode afetar a produção de uva, composição do mosto e alteração das formas de K no solo, em vinhedo da cultivar Cabernet Sauvignon.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do experimento

O experimento foi realizado em um vinhedo no município de São Joaquim, região serrana de Santa Catarina (SC), sul do Brasil (latitude 28° 17' 25'' S, longitude 49° 56' 56'' W, altitude de 1280 m), nas safras de 2010/11, 2011/12 e 2012/13. O solo é um Cambissolo Húmico (EMBRAPA, 2006) e até o ano de 2002 possuía vegetação natural, das famílias Poaceas e Ciperaceas, tais como *Andropogon lateralis*, *A. selloanus*, *Paspalum notatum* e *Baccharis gaudichaudiana*. A análise mineralógica do solo indica a presença de vermiculita e caulinita. As características do solo são apresentadas na tabela 1. O clima segundo a classificação de Koppen (1931) é Cfb, mesotérmico, úmido com ocorrência de precipitação em todos os meses do ano e verão fresco (22°C). A temperatura média normal das máximas varia de 19,4 a 22,4°C e a mínima de 9,2 a 10,8°C, podendo ocorrer de 20 a 29 geadas no ano. A precipitação pluviométrica total anual varia de 1.360 a 1.600 mm, com um total aproximado de 135 dias de chuva no ano. A umidade relativa do ar é entre 80 e 83%, com

insolação total de 1.824 a 2.083 horas (Epagri, 2002). Os valores de precipitação, temperatura e insolação que ocorreram durante a realização do experimento são apresentados na tabela 2.

O vinhedo foi implantado em maio de 2002, quando foi aplicado calcário sobre a superfície do solo para elevar o pH em água até 6,5 e 300 kg P_2O_5 ha^{-1} , na forma de superfosfato triplo. Em seguida, o calcário e superfosfato triplo foram incorporados até a camada de 20 cm, usando um arado de disco acoplado a um trator. Imediatamente, o solo foi submetido a uma gradagem. Em julho de 2002, foram transplantadas mudas da cultivar Cabernet Sauvignon, enxertadas sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, na densidade de 2.666 plantas por hectare (1.5 x 2.5 m). As plantas foram conduzidas em sistema de condução espaldeira.

O experimento foi implantado em julho de 2010, quando foram aplicados 0, 50, 100, 150 e 200 kg K_2O ha^{-1} ano^{-1} , equivalente a, aproximadamente, 0, 42, 83, 125 e 166 kg de K ha^{-1} ano^{-1} . A fonte de K_2O usada foi o cloreto de K (KCl). Durante a condução do experimento foram aplicados anualmente 80 kg N ha^{-1} , na forma de uréia, parceladamente em três vezes, no início e após 30 e 60 dias da brotação, bem como 40 kg P_2O_5 ha^{-1} ano^{-1} , na forma de superfosfato triplo. Todos os fertilizantes foram aplicados sobre a superfície do solo, sem incorporação e na projeção da copa das plantas. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco repetições, sendo cada parcela formada por sete plantas, onde as cinco plantas centrais foram avaliadas.

Coleta de folhas e análise do teor total de K

Nas safras 2011/12 e 2012/13, no pleno florescimento das videiras, foram coletadas cinco folhas completas (limbo + pecíolo) por planta, localizadas no lado oposto ao primeiro cacho do ramo. As folhas foram separadas em limbo e pecíolo e, posteriormente, foram secas em estufa com ar forçado a 65°C, moídas e preparadas para a análise do teor total de K (TEDESCO et al., 1995). Para a digestão das amostras foi pesada 0,200 g de amostra seca e adicionado em tubos de digestão. Imediatamente foi adicionado 1 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), 2 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4 concentrado), 0,7 g de mistura para digestão (Na_2SO_4 + $CuSO_4$ e selênio). Logo depois, os tubos foram acoplados em um bloco de digestão, sendo a temperatura gradualmente aumentada até 360°C. Após o extrator obter a cor esverdeada clara, os tubos de digestão permaneceram no bloco de digestão por mais uma hora na temperatura de 360°C. Em seguida, com os tubos em temperatura ambiente, completou-se o extrato até o volume de 50 mL com água destilada e, imediatamente, foram agitados,

usando agitador de tubos. Uma alíquota foi retirada para a determinação do K em fotômetro de chama e o resultado expresso em % de K no limbo e no pecíolo.

Produção de uva e análise química do mosto

Na maturação das bagas, que ocorreu em abril nas três safras, todos os cachos por planta foram coletados, contados e pesados, usando balança digital portátil (capacidade 5000 g). Cinco cachos por planta foram reservados e na sequência, em cada um dos cinco cachos foram coletadas na parte superior, mediana e inferior de cada cacho. As bagas foram 100 bagas pesadas, usando balança analítica e, em seguida, maceradas com o auxílio de um triturador, centrifugadas e no mosto foram analisados os SST, usando refratômetro digital com compensação de temperatura (EDWARDS & CLINGELEFER, 2013); o valor de pH foi determinado usando um pHmetro de bancada (BOONTERM & SILAPAPUN, 2013); a acidez total titulável, através de titulação com NaOH 0,1N, sendo utilizado solução de azul de bromotimol como indicador, até estabilizar em pH 8,2 (BOONTERM & SILAPAPUN, 2013). O teor total de K no mosto foi determinado por digestão usando ácido sulfúrico concentrado e peróxido de hidrogênio, em bloco digestor aquecido até 360°C (PARKINSON & ALLEN, 1975). Após a digestão, a determinação de K no extrato foi realizada em fotômetro de chamas.

Coleta de solo e fracionamento químico de K

No mês de julho e nas três safras, o que coincidiu com a dormência das videiras, foi coletado solo na camada de 0-20 cm, na projeção da copa das plantas. O solo foi seco em estufa com ar forçado até 40°C, moído, passado em peneira com malha de 2 mm e reservado. Em todas as amostras de solo foi extraído o K trocável usando a solução de Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) (TEDESCO et al., 1995). O K não trocável foi extraído usando HNO₃ 1 N fervente (PRATT, 1965). O K total foi extraído com a solução de ácido fluorídrico e ácido perclórico concentrados, em chapa de aquecimento (PRATT, 1965). O teor de K extraído pelos três métodos foi determinado em fotômetro de chamas.

Análise estatística

Os resultados dos parâmetros de planta, mosto e solo, entre as doses, foram submetidos à análise de variância e quando os efeitos foram significativos, foram ajustadas equações de regressão com as médias, escolhendo o melhor modelo pelo teste F com probabilidade de erro menor que 5% (p<0.05). Os teores de K no solo foram submetidos à

análise de variância e quando significativo, as médias foram comparadas entre os anos pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Os parâmetros produção de uva, pH, acidez total titulável e SST do mosto, K na baga e K trocável, não trocável e total no solo foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP), na safra 2010/11. Os parâmetros K total no pecíolo, produção de uva, pH, acidez total titulável e SST do mosto, K na baga e K trocável, não trocável e total no solo foram submetidos à ACP, na safra 2011/12. Os parâmetros K total no pecíolo, produção de uva, pH, acidez total titulável e SST do mosto e K trocável, não trocável e total no solo foram submetidos à ACP, na safra 2012/13.

RESULTADOS

Teor total de K no tecido, produção de uva e composição do mosto

Nas safras 2011/12 e 2012/13, o teor total de K no limbo das folhas aumentou linearmente com o aumento da dose de K aplicada ao solo (Tabela 3). O teor total de K no limbo aumentou de 0,51 nas plantas sem a aplicação do fertilizante potássico para 0,83% no limbo das folhas de videiras com a adição anual de 200 kg K_2O ha^{-1} ano^{-1} . Na safra 2012/13, o teor total de K no limbo das folhas das videiras sem a aplicação de fertilizante potássico foi de 0,87% e no limbo das folhas das plantas com a adição anual de 200 kg K_2O ha^{-1} ano^{-1} aumentou para 0,98%. Por sua vez, a aplicação de K não alterou o teor total de K no pecíolo, na safra 2011/12, mas na safra de 2012/13, o teor total de K no pecíolo aumentou linearmente de 1,99% onde não foi aplicado K para 3,63% quando houve a adição anual de 200 kg K_2O ha^{-1} ano^{-1} .

A massa média de cacho e de 100 bagas, o número de cachos por planta não foram afetados pela aplicação de K em nenhuma das safras (Tabela 3). Observa-se que a produção de uva também não respondeu à aplicação de K mesmo com variações significativas nos tetos de produtividade, que chegou a 6823 kg de uva ha^{-1} ano^{-1} na safra 2010/11 e 2957 kg de uva ha^{-1} ano^{-1} na safra 2011/12. Por outro lado, também a massa média de cachos também variou entre as safras, atingindo 96,7 g $cache^{-1}$, na média de 25 cachos por planta, na safra 2010/11 e 75,47 g na média de 15 cachos por planta na safra 2011/12. Em nenhuma safra o teor total de K na baga foi afetado pela aplicação de K (Tabela 3).

Nas três safras os valores de SST, pH e acidez total titulável no mosto também não foram afetados pela aplicação de K (Tabela 4). Os valores médios de SST do mosto dos tratamentos foram de 22,08, 23,54 e 21,13, nas safras 2010/11, 2011/12 e 2012/13, respectivamente. O valor médio de pH no mosto entre os tratamentos foi de 2,67, 3,00 e 3,06

nas safras 2010/11, 2011/12 e 2012/13, respectivamente. Enquanto isso, a acidez total titulável no mosto variou de 149 g L⁻¹, na safra 2010/11, para 104 e 70 g L⁻¹, nas safras 2011/12 e 2012/13, respectivamente, enquanto que a relação SST/acidez total titulável não foi alterada pela aplicação de K em nenhuma safra.

Teores de K no solo

Os teores de K trocável extraído por Mehlich-1 nas três safras aumentaram linearmente com o aumento do K aplicado no solo (Tabela 5). O maior teor de K extraído por Mehlich-1 no solo sem a aplicação de fertilizante potássico ocorreu nas safras 2010/11 e 2011/12, comparativamente à safra 2012/13. Com a adição de 50 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ a maior extração de K por Mehlich-1 foi observado na safra de 2010/11, relativamente à safra 2011/12 e foi inferior na safra 2012/13. Com a aplicação anual de 100 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹, o maior teor de K extraído por Mehlich-1 foi observado nas safras 2010/11 e 2011/12, comparativamente a safra 2012/13. No solo com a aplicação anual de 150 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ os teores de K extraídos por Mehlich-1 não diferiram estatisticamente entre as safras. No solo com a adição anual de 200 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ o maior teor de K extraído por Mehlich-1 foi observado na safra 2012/13.

O teor de K extraído no solo por HNO₃ 1 N fervente nas três safras aumentou linearmente com o aumento da dose do fertilizante potássico aplicado (Tabela 5). No solo sem a aplicação de fertilizante potássico e com a adição de 50 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹, o maior teor de K extraído por HNO₃ 1 N fervente foi observado na safra de 2010/11, comparativamente as safras de 2011/12 e 2012/13. Com a adição anual de 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹, o maior teor de K extraído por HNO₃ 1 N fervente foi verificado na safra 2012/13.

O teor de K no solo extraído por HF concentrado aumentou linearmente com o aumento da dose de fertilizante potássico nas safras de 2010/11, 2011/12 e 2012/13, corroborando com os resultados de K extraído por Mehlich-1 e HNO₃ 1 N fervente (Tabela 5). No solo sem a aplicação e com a adição anual de 50 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ o teor de K extraído por HF não diferiu entre as safras. Com a adição de 150 ou 200 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ o teor de K extraído por HF foi maior na safra 2012/13.

Análise dos componentes principais

Na safra 2010/11, a Análise de Componentes Principais (ACP) mostra que onde não foi aplicado K e com a dose de 50 kg K₂O ha⁻¹ ano⁻¹ estes foram separados pelo fator 1, que explica 50,21% dos resultados, diferindo dos tratamentos com aplicação de 100, 150 e 200 kg

$\text{K}_2\text{O ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (Figura 1a). Observa-se ainda uma semelhança entre os tratamentos 100 e 150 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ pela sua proximidade (Figura 1a). As variáveis que mais contribuíram para o fator 1 foram pH e acidez do mosto e K no solo, sendo que o K trocável e não trocável estão altamente correlacionados entre si, e apresentam boa correlação com o K total no solo. O fator 2 explicou 30,79% dos resultados e as variáveis produção, brix do mosto e K na baga foram as que mais contribuíram para este resultado.

Na safra 2011/12, a ACP mostra que os tratamentos 0, 150 e 200 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ foram separados pelo fator 1, que explica 48,75% dos dados (Figura 1b). Uma maior semelhança é observada entre os tratamentos 100 e 150 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ e as variáveis K no pecíolo, acidez no mosto e K no solo foram as que mais contribuíram para a separação deste fator. O fator 2 separou os tratamentos 50 e 200 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ e explica 30,94% dos resultados, sendo que as variáveis que contribuíram foram a produção e o K na baga. Houve influência do K na baga e alta relação desta variável com a produção.

Na safra 2012/13 o fator 1 separou os tratamentos 0, 50 e 100 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ e explica 65,11% dos resultados, sendo que as variáveis que mais contribuíram para esta separação foram o K no pecíolo, pH do mosto e K no solo. Todas estas variáveis foram bem relacionadas entre si e apresentaram alta relação com o fator 1, especialmente o pH do mosto que em outras safras não apresentou boa correlação. O fator 2 separou o tratamento 200 $\text{kg K}_2\text{O ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ e as variáveis que mais contribuíram para este fator foram produção, brix e acidez do mosto.

DISCUSSÃO

O incremento do teor total de K no limbo das folhas das videiras nas safras 2011/12 e 2012/13, e no pecíolo na safra 2012/13, com o aumento da dose de K (Tabela 3), aconteceu por causa do incremento do teor de K no solo, diagnosticado pelos extratores Mehlich-1 e HNO_3 1N fervente. Assim, por exemplo, com o aumento do teor de K trocável no solo pode ter acontecido o incrementado do teor do nutriente na solução, que por fluxo de massa ou, especialmente, difusão pode ter se aproximado da superfície externa das raízes (RENGEL & DAMON, 2008). Em seguida, o K é absorvido pelas raízes por difusão facilitada ou via canais de alta afinidade, conforme a disponibilidade do nutriente no solo (PRATELLI et al., 2003; ROGIERS et al., 2006; GRABOV, 2007; HANANA et al., 2007). No interior da planta, o K é transportado pelo xilema e floema e participa de diversas reações bioquímicas de síntese de proteínas e carboidratos, e regulação osmótica em diversos órgãos da planta, sendo acumulado preferencialmente naqueles com maior divisão celular, como as folhas

(PRADUBSUK & DAVENPORT, 2010), o que pode ser diagnosticado pela análise do conteúdo total no pecíolo ou do limbo em videiras (TAGLIAVINI & SCANDELLARI, 2013). Walker & Blackmore (2012), em experimento de longa duração na Austrália, também verificaram aumento do teor de K no pecíolo de folhas de videiras das cultivares Chardonnay e Shiraz enxertadas sobre diferentes porta-enxertos, quando cultivadas em solos com níveis crescentes de K trocável no solo.

O teor total de K no limbo de 0,77%, nas videiras com a aplicação anual de 100 kg de K_2O ha^{-1} ano⁻¹ na safra 2011/12 foi semelhante ao teor de 0,76%, observado por Delgado et al. (2004), na Espanha, em folhas de videiras submetidas a aplicação de 60 g de K_2O ano⁻¹ planta⁻¹, equivalente a 133,2 kg K_2O ha^{-1} . Esses autores também encontraram aumento do teor de K no limbo das folhas na maior dose de K aplicada no solo, 200g de K_2O planta⁻¹, equivalente a 266,4 kg K_2O ha^{-1} ano⁻¹. Mas, no pecíolo, o teor médio entre os tratamentos de 2,98% de K, observado nos pecíolos das folhas na safra 2011/12 é semelhante ao verificado por Pradubsuk & Davenport (2010), que avaliaram a absorção e distribuição de nutrientes em videiras e obtiveram valor de 3% em pecíolo de folhas de videiras Concord, no florescimento. Os teores de K no pecíolo de 3,63% nas plantas submetidas a aplicação de 200 kg de K_2O ha^{-1} são semelhantes aos observados por Boonterm (2013), em pecíolos de Cabernet Sauvignon cultivadas em solo com elevado teor de K (156 mg kg^{-1}), em um experimento realizado na China, que observaram 3,5% ou 3,8% em pecíolos de videiras com a adição de 20 e 60 g de K_2O planta⁻¹, equivalente a 80 e 240 kg de K_2O ha^{-1} , respectivamente. Os teores de K no pecíolo, em todos os tratamentos, observados no presente estudo são considerados acima do normal, pois teores de 1,51 a 2,5% são interpretados como normal e 2,51 a 3,5% acima do normal (CQFS-RS/SC, 2004).

A falta de efeito do aumento da dose de K e, por consequência, do seu teor no solo sobre a produção de uva e de seus parâmetros, como o número e massa de cachos e de 100 bagas (Tabela 3), pode ter acontecido porque o teor de K trocável no solo, antes dos tratamentos e após os tratamentos, sem a aplicação de adubação potássica e com a aplicação de fertilizante potássico foram suficientes para suprir a demanda da planta (BRUNETTO et al., 2004). Além disso, embora o K seja o macronutriente absorvido em maior quantidade pela videira, o que se reflete nas quantidades exportadas via cacho, suas funções na planta estão mais relacionadas com a manutenção do potencial osmótico, ativação enzimática no metabolismo de carboidratos, fotossíntese e síntese de proteínas, o que também pode justificar a falta de efeito da adubação potássica sobre a produção (KODUR, 2011).

Os teores de K trocável no solo, que incluem o K na solução e o que está adsorvido nos grupos funcionais de partículas reativas do solo, possivelmente foram suficientes para suprir a demanda pela planta e a resposta à adubação pode não ter acontecido por alguns motivos ligados à disponibilidade do elemento. Uma das causas é que o K não trocável, presente na entrecamada dos minerais de argila pode ter imediatamente repostado o que foi retirado pelas plantas causando a diminuição temporária na solução do solo. Assim, essa fase foi capaz de manter níveis altos para a planta, entre 91 e 180 mg kg⁻¹ para solo com CTC_{pH 7.0}>15.0 (CQFS, 2004). Além disso, pode ter acontecido a ciclagem de K derivado da deposição de resíduos na superfície do solo, bem como parte do K contido no material podado e nas folhas senescentes depositados sobre a superfície do solo podem ter liberado K para o solo durante a decomposição (BRUNETTO et al., 2011). Esta ciclagem pode ter ocorrido através das plantas de cobertura presentes nas entrelinhas do vinhedo. Raízes das videiras e das plantas de cobertura nas entrelinhas em senescência também podem ter liberado potássio ao longo do ciclo vegetativo e produtivo das videiras, sendo parte do K absorvido pelas raízes jovens, que são as mais ativas. A absorção pode ter ocorrido em subsuperfície onde tem disponibilidade do K pela decomposição de material, especialmente proveniente da decomposição de raízes. Tudo isso, pode ter contribuído para diminuir a resposta da videira a adubação potássica.

Embora o K não tenha incrementado a produção de uva e afetado os seus parâmetros, a reposição anual do nutriente no solo, algumas vezes considerando o teor total de K no pecíolo ou folha completa e a produtividade esperada é uma prática recomendada (CQFS-RS/SC, 2004), para repor ao solo a quantidade exportada via cacho, possibilitando a manutenção de K no solo no nível suficiente. Esses resultados relativos a produção são semelhantes ao observado por Boonterm et al. (2010), em um experimento com doses crescentes de N e K aplicadas no solo, onde não verificaram diferença na produção e no número de cachos por planta. Da mesma forma, Poni et al. (2003), em um solo com teor original de 147 mg de K kg⁻¹, observaram que a aplicação de K incrementou o teor trocável do nutriente no solo e nas folhas, porém não afetou a produção de uva, que foi em média entre os tratamentos de 1.100 kg planta⁻¹, sendo observado, em média, 14 cachos por planta e 86 g por cacho.

A maior produção de uva na safra 2010/11 em todos os tratamentos, comparativamente as demais safras, ocorreu principalmente pelas melhores condições climáticas daquele ano, em termos de insolação, quantidade e distribuição de chuvas. Na safra 2011/12 ocorreu uma precipitação de granizo que diminuiu a produção de cachos por planta, o

número e massa de cachos. O número e massa de cachos foram superiores na safra 2010/11 e menor em 2011/12. A massa de 100 bagas foi muito semelhante nas safras 2010/11 e 2011/12 e maior que na safra 2012/13, possivelmente devido às diferentes condições para o crescimento do fruto, no período, especialmente em função da distribuição das chuvas. Na safra 2012/13 o volume de chuvas durante o crescimento do fruto (janeiro) foi menor em relação às safras anteriores. O aumento da massa de cachos ocorre pela entrada de água e solutos, principalmente açúcares (ROGIERS et al., 2006). Nas bagas, a adição de K no solo não incrementou o teor de K total em nenhuma das safras, possivelmente porque os teores no solo foram suficientes para suprir a demanda das plantas, sendo parte do K aplicado, disponível no solo e absorvido pelas plantas e armazenado principalmente nas folhas, diagnosticado pelo incremento do teor de K no limbo na safra 2011/12 e no limbo e pecíolo na safra de 2012/13. Walker & Blackmore (2012) e Bachteler et al. (2013) também não encontraram relação entre K trocável no solo com o teor do nutriente em bagas e nos cachos.

Os valores de SST, pH, acidez total titulável e a relação SST/acidez total titulável no mosto não foram afetados pela aplicação de K, possivelmente porque o teor total de K na baga também não incrementou com a dose do fertilizante (Tabela 4). Assim, mesmo com os teores médios ou altos de K no solo em todos os tratamentos (médio = de 61 a 90, alto de 91 a 180 mg kg⁻¹, para solos com CTC_{pH7.0} > 15 cmol_ckg⁻¹), a planta absorveu e acumulou K nas folhas, porém não aumentou na baga e não afetou parâmetros da composição do mosto. Delgado et al. (2004), em um experimento com doses de potássio, utilizaram até 120 g de K₂O planta⁻¹, equivalente a 270 kg K₂O ha⁻¹ e também não observaram efeito sobre o teor de SST do mosto, que foi em média 22.1% e no pH, em média 3.50. Ao longo dos anos, houve maior relação SST/acidez total titulável na safra 2012/13 porque a acidez foi muito menor nesta safra.

O teor de K trocável extraído por Mehlich-1 aumentou com a dose do fertilizante potássio aplicado, provavelmente porque a quantidade aplicada foi superior a demanda das videiras, uma vez que a quantidade de K transferida pela solução escoada na superfície do solo provavelmente tenha sido desprezível. Mas, em doses elevadas do fertilizante potássico, onde a quantidade de K adicionada pode ter superado a demanda das videiras, uma quantidade do nutriente possivelmente tenha sido redistribuído para as entrecamadas de argilominerais 2:1 presentes no solo, incrementando a forma de K não trocável, diagnosticada pelo HNO₃ 1 N fervente. Esses minerais com alta densidade de cargas negativas podem ser a vermiculita, outros minerais interstratificados ou mesmo micas parcialmente intemperizadas, que também apresentam cargas na superfície (SHANGE & CONRADIE, 2012). Consequentemente houve um incremento também no K total extraído por HF, pois este compreende todo o K no solo.

A diminuição ao longo das safras do teor de K trocável extraído por Mehlich-1 no solo sem a aplicação de K e com a adição de 50 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ (Tabela 5) ocorreu porque as videiras absorveram K do solo, diagnosticado pelo incremento do teor do nutriente no limbo e no pecíolo (Tabela 3), sendo parte exportada pelos cachos de uva. Inclusive, no solo sem a adição de fertilizante potássico e com 50 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ o teor de K não trocável extraído por HNO₃1 N fervente também diminuiu ao longo das safras, mostrando que o K trocável extraído por Mehlich-1 no solo destes dois tratamentos não foi suficiente para suprir a demanda das videiras. As formas de K no solo estão em constante equilíbrio e quando ocorre à diminuição de K da solução por causa da absorção pelas raízes, formas trocáveis de K no solo, primeiramente, repõem essa quantidade para manter o equilíbrio do nutriente. No entanto, até um determinado limite, o suprimento de K pode ocorrer com as reservas trocáveis no solo, sem a necessidade de elevados níveis de adubação potássica. Mas, caso persista a baixa concentração de K na solução ao longo do tempo e as formas de K trocáveis se esgotem, pode acontecer a dessorção de formas de K de não trocáveis, que podem contribuir para a nutrição das plantas (SIMONSSON et al., 2009; KAMINSKI et al., 2010). A aplicação de 100 e 150 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ incrementou ao longo dos anos o teor de K no solo extraído por Mehlich-1 e com 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ na safra 2012/13 porque os teores foram suficientes para suprir a necessidade das videiras e ainda incrementar a forma de K trocável no solo. A adição de 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ incrementou o teor de K extraído por HNO₃1 N fervente, assim como o teor total extraído por HF, pois essas doses foram maiores que a demanda da planta, refletindo também o aumento na forma trocável, extraída por Mehlich-1.

Nas três safras as variáveis de solo, especialmente K trocável e não trocável, apresentam uma alta correlação entre si, e essas duas variáveis também apresentaram boa correlação com o K total do solo (Figura 1 a, b, c). Isso pode ser explicado porque a aplicação de K no solo aumentou o teor de K na solução mais o trocável, detectado pelo extrator de Mehlich-1 (tabela 5), assim como, nas doses 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ também aumentou o K não trocável e o K total na dose de 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹, na safra 2011, além das doses 150 e 200 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ da safra 2011/12 para a 2012/13.

De uma forma geral, somente a aplicação anual de doses de K a partir de 150 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ promoveram aumentos nos teores de K extraídos por HNO₃1 N fervente e HF. Por outro lado, com a aplicação de 50 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹ houve um sensível decréscimo nos teores de K extraídos por Mehlich-1 e HNO₃1 N fervente sugerindo que esta dose de K está abaixo do necessário à manutenção de teores de K semelhantes àqueles do início da aplicação de K. Por outro lado, manter a aplicação de até 100 kg ha⁻¹ de K₂O ano⁻¹, em anos

subsequentes, não se mostrou capaz de manter os teores de K extraído por Mehlich-1 atingidos no primeiro ano, embora tenha sido suficiente para incrementar significativamente o teor de K extraído por HNO_3 1 N fervente. Isso pode sugerir que os teores de K no solo poderiam diminuir ao longo dos anos, podendo até ocorrer uma eventual necessidade de aumento na dose de K a ser aplicada, mesmo que neste trabalho não se tenha obtido resposta à aplicação de K, com os teores disponíveis durante a condução do mesmo.

O K no pecíolo também foi separado pelo fator 1 na ACP, juntamente com o K no solo, explicado pelo fato que o aumento de K no limbo e pecíolo com a adubação potássica (Tabela 3). A produção nas três safras foi uma variável que sempre separou o fator 2 na ACP possivelmente porque não sofreu a influência da adubação potássica no solo, indicando que o efeito principal deste nutriente não impactou na produção.

CONCLUSÕES

Na análise das três safras de videira, a aplicação de K no solo não afetou a produção de uva e a composição do mosto, mas aumentou os teores de K no limbo e pecíolo das plantas. Entretanto, o fracionamento anual do K no solo em trocável, não trocável e total no solo, extraídos por Mehlich-1, HNO_3 1 N fervente e HF, respectivamente, sugerem que a dose de K capaz de manter a disponibilidade às plantas em patamares mais adequados e ao longo dos anos de cultivo, está na dose de 100 kg ha^{-1} de K_2O ano⁻¹.

AGRADECIMENTOS

À Vinícola Suzin, em São Joaquim (SC) pela cedência da área experimental, à Epagri pelo auxílio na condução dos experimentos e à Fapesc pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ARIENZO, M.;A, E. W; Quaylea, W. Kumar, A. A review of the fate of potassium in the soil-plant system after land application of wastewaters. **Journal of hazardous materials**, v 154, p. 415 a 422, 2009.
- BACHTELER, K., et al. Effect of soil fertilization on the incidence of Berry shrivel and the quality of resulting wine. **Vitis**, v. 52, n. 1, p. 1–7, 2013.
- BRUNETTO, G., et al. Recuperação e distribuição do nitrogênio fornecido a videiras jovens. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.8, p.1299-1304, 2006.
- CHRISTENSEN, P. BOGGERO, J. ADAMS, D. O. The relationship of nitrogen and other elements to the bunch stem necrosis disorder ‘waterberry’. In: International Symposium on Nitrogen in grapes and Wine. J. M. Rantz (Ed.). **Am. Soc. Enol. Vitic.**, Davis, CA, p.198-109, 1991
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, SBSC - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.
- CONDE, C. et al. Biochemical changes throughout grape Berry development and fruit and wine quality. **Food**. v.1, p.1-22, 2007.
- COOMBE, B. G. Research on development and ripening of the grape Berry. **Am. J. Enol. Vitic.**, 35, 40-45, 1992.
- ERNANI, P. R., et al. Liming decreases the vertical mobility of potassium in acidic soils." **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.43, n.19, p. 2544-2549, 2012.
- HALL, G.; BONDADA, B. R.; KELLER, M. Loss of rachis cell viability is associated with ripening disorders in grapes. *Journal of experimental Botany*, v. 62, n. 3, p. 1145-1153, 2011 doi:10.1093/jxb/erq355
- MELLO, R. L. M. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2009**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2010.(artigo técnico).
- PICKERING, A. H., WARRINGTON, I. J., WOOLLEY, D. J. Inter relationships between Vine vigours and the incidence of bunch stem necrosis in Cabernet Sauvignon grapevines. Venosa, Italy, **Acta Horticulturae**, 2005.
- PRADUBSUK, S.; DAVENPORT, J.R. Seasonal uptake and partitioning of macronutrients in mature ‘Concord’ grape. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** , v. 135, p. 474-483, 2010
- TAGLIAVINI, M.; MARANGONI, B. Major nutritional issues in deciduous fruit orchards of Northern Italy. **Hort Technology**, v. 12, n.1, p.26-31, 2002.

TAGLIAVINI, M.; SCANDELLARI, F. Methodologies and Concepts in the Study of Nutrient Uptake Requirements and Partitioning in Fruit Trees. **Acta Hort**, v. 984, P. 47-56, 2013.

TEDESCO, M. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. Ed. Porto Alegre-RS. Departamento de Solos UFRGS, 174 p., 1995.

VENTURA, M. et al., Nutrient release during decomposition of leaf litter in a peach (*Prunus persica* L.) orchard. **Nutr Cycl Agroecosyst**. 87:115–125, 2010 DOI 10.1007/s10705-009-9317-0

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade de nutriente no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:2297-2305, 2008.

ZALAMENA, J., et al. Produtividade e composição de uva e de vinho de videiras consorciadas com plantas de cobertura. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.48, n.2, p.182-189, 2013 doi: 10.1590/S0100-204X2013000200008

Tabela 1. Características do solo Cambissolo Húmico na camada de 0-20 cm.

| Variável | Valor |
|---|-------|
| Argila,método do densímetro(g kg ⁻¹) | 42,0 |
| Matéria orgânica, oxidação com dicromato (g kg ⁻¹) | 4,4 |
| pH em água (1:1) | 6,40 |
| Al trocável, extraído por KCl 1 mol L ⁻¹ (cmol _c kg ⁻¹) | 0,0 |
| Ca trocável, extraído por KCl 1 mol L ⁻¹ (cmol _c kg ⁻¹) | 10,0 |
| Mg trocável, extraído por KCl 1 mol L ⁻¹ (cmol _c kg ⁻¹) | 4,9 |
| P disponível, extraído por Mehlich1(mg kg ⁻¹) | 3,2 |
| K trocável, extraído por Mehlich1(mg kg ⁻¹) | 145,0 |
| CTC efetiva (cmol _c kg ⁻¹) | 15,3 |
| CTC pH 7.0 (cmol _c kg ⁻¹) | 17,2 |
| Saturação por base (%) | 88,7 |
| Saturação por Al (%) | 0,0 |

Tabela 2. Médias de precipitação, temperatura do ar e insolação em meses nos anos de 2011, 2012 e 2013.

| Meses | Precipitação (mm) | | | Temperatura do ar (°C) | | | Insolação (horas) | | |
|--------------------|----------------------|-------|-------|---------------------------|------|------|----------------------|-------|-------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2011 | 2012 | 2013 | 2011 | 2012 | 2013 |
| Jan | 205,3 | 209,6 | 66,5 | 18,3 | 16,5 | 16,1 | 157,6 | 194,8 | 215,3 |
| Fev | 354,0 | 198,1 | 247,1 | 17,6 | 18,6 | 16,3 | 104,9 | 154,1 | 137,5 |
| Mar | 188,8 | 60,5 | 167,2 | 15,5 | 16,0 | 16,1 | 181,4 | 233,2 | 138,2 |
| Abr | 118,8 | 88,8 | 48,5 | 14,2 | 13,7 | 13,4 | 176,9 | 162,2 | 218,7 |
| Mai | 100,1 | 31,9 | 75,6 | 10,0 | 11,2 | 11,3 | 154,4 | 195,9 | 161,9 |
| Jun | 143,3 | 154,3 | 184,6 | 8,5 | 10,1 | 10,2 | 124,6 | 174,8 | 125,0 |
| Jul | 239,6 | 168,3 | 67,7 | 9,8 | 8,6 | 9,2 | 132,9 | 153,8 | 205,3 |
| Ago | 368,8 | 19,1 | nd | 9,8 | 12,8 | nd | 114,6 | 199,7 | nd |
| Set | 145,2 | 146,4 | nd | 11,2 | 12,3 | nd | 187,5 | 164,5 | nd |
| Out | 168,4 | 181,2 | nd | 13,7 | 14,9 | nd | 191,6 | 132,8 | nd |
| Nov | 232,7 | 50,7 | nd | 14,1 | 15,1 | nd | 189,5 | 213,1 | nd |
| Dez ⁽¹⁾ | 167,8 | 178 | nd | 15,4 | 18,6 | nd | 187,7 | 151,8 | nd |

⁽¹⁾Ocorrência de uma chuva de granizo ao longo do mês, em 2011.nd = não determinado

Tabela 3. Produção de uva, componentes de produção, teor total de K na baga e teor total de K no limbo e nos pecíolos, em videiras Cabernet Sauvignon, submetidas à aplicação de doses de fertilizante potássico durante três safras.

| Dose | K total no limbo | K total no pecíolo | Produção de uva | | Cachos | | Massa de 100 bagas | K nas bagas |
|--|---------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|
| | | | | | Massa média | Número planta ⁻¹ | | |
| (kg ha ⁻¹ de K ₂ O ano ⁻¹) | % | % | (kg planta ⁻¹) | (kg ha ⁻¹) | (g) | | (g) | (%) |
| -----2010/2011----- | | | | | | | | |
| 0 | nd | nd | 2,5 ^{ns} | 6988 ^{ns} | 101,7 ^{ns} | 25 ^{ns} | 154 ^{ns} | 0,17 ^{ns} |
| 250 | nd | nd | 2,6 | 7257 | 98,9 | 27 | 143 | 0,17 |
| 100 | nd | nd | 2,5 | 6769 | 99,3 | 25 | 153 | 0,18 |
| 150 | nd | nd | 2,4 | 6599 | 89,9 | 27 | 142 | 0,19 |
| 200 | nd | nd | 2,4 | 6503 | 93,9 | 25 | 152 | 0,17 |
| CV% | | | 18,73 | 18,73 | 12,36 | 18,92 | 5,97 | |
| -----2011/2012----- | | | | | | | | |
| 0 | 0,51 ⁽¹⁾ | 2,81 ^{ns} | 1,0 ^{ns} | 2832 ^{ns} | 73,3 ^{ns} | 14 ^{ns} | 145 ^{ns} | 0,16 ^{ns} |
| 50 | 0,66 | 2,72 | 1,2 | 3160 | 76,3 | 15 | 151 | 0,16 |
| 100 | 0,77 | 3,15 | 1,1 | 2898 | 76,1 | 14 | 151 | 0,18 |
| 150 | 0,89 | 3,00 | 1,2 | 3191 | 78,6 | 15 | 148 | 0,18 |
| 200 | 0,83 | 3,11 | 1,0 | 2705 | 72,6 | 14 | 151 | 0,16 |
| CV% | 27,99 | 16,25 | 22,84 | 22,84 | 14,06 | 16,47 | 4,75 | |
| -----2012/2013----- | | | | | | | | |
| 0 | 0,87 ⁽²⁾ | 1,99 ⁽³⁾ | 1,4 ^{ns} | 3770 ^{ns} | 90,8 ^{ns} | 21 ^{ns} | 162 ^{ns} | nd |
| 50 | 0,84 | 2,98 | 1,4 | 3795 | 76,9 | 18 | 165 | nd |
| 100 | 0,91 | 2,90 | 1,7 | 4602 | 88,6 | 19 | 167 | nd |
| 150 | 0,96 | 2,70 | 1,7 | 4602 | 80,1 | 20 | 165 | nd |
| 200 | 0,98 | 3,63 | 1,6 | 4457 | 83,1 | 20 | 164 | nd |
| CV% | 10,78 | 31,94 | 37,18 | 37,18 | 22,67 | 20,71 | 5,99 | |

^{ns}=não significativo a 5% de probabilidade; ⁽¹⁾ $y = 0,588 + 0,001x$ ($R^2 = 0,84^*$); ⁽²⁾ $y = 0,845 + 0,001x$ ($R^2 = 0,81^*$); ⁽³⁾ $y = 2,242 + 0,006x$ ($R^2 = 0,65^*$); * = Significativo a 5% de erro, nd = não determinado

Tabela 4. Valores de sólidos solúveis totais (SST), pH e acidez total titulável no mosto de videiras Cabernet Sauvignon submetidas a aplicação de doses de fertilizante potássico durante três safras.

| Dose (kg ha ⁻¹ de K ₂ O ano ⁻¹) | SST (°Brix) | pH | Acidez total titulável (g L ⁻¹) | Relação SST/acidez |
|---|---------------------|--------------------|---|-----------------------|
| -----2010/2011----- | | | | |
| 0 | 21,82 ^{ns} | 2,62 ^{ns} | 151 ^{ns} | 145,4 ^{ns} |
| 50 | 22,66 | 2,63 | 149 | 152,4 |
| 100 | 21,94 | 2,72 | 149 | 147,5 |
| 150 | 22,06 | 2,66 | 148 | 151,0 |
| 200 | 21,92 | 2,73 | 149 | 147,0 |
| CV% | 3,97 | 6,77 | 6,27 | |
| -----2011/2012----- | | | | |
| 0 | 23,52 ^{ns} | 2,97 ^{ns} | 107 ^{ns} | 222,0 ^{ns} |
| 50 | 23,64 | 3,02 | 102 | 233,6 |
| 100 | 23,48 | 3,01 | 105 | 225,3 |
| 150 | 23,35 | 3,00 | 104 | 226,8 |
| 200 | 23,7 | 3,00 | 102 | 232,2 |
| CV% | 1,65 | 1,47 | 7,03 | |
| -----2012/2013----- | | | | |
| 0 | 21,14 ^{ns} | 3,04 ^{ns} | 73 ^{ns} | 292,4 ^{ns} |
| 50 | 21,20 | 3,06 | 69 | 310,8 |
| 100 | 21,12 | 3,06 | 72 | 293,5 |
| 150 | 21,12 | 3,06 | 69 | 310,2 |
| 200 | 21,08 | 3,08 | 69 | 306,0 |
| CV% | 1,34 | 2,36 | 7,62 | |

^{ns}=não significativo a 5% de probabilidade de erro,

Tabela 5. Potássio extraído por Mehlich1, K não trocável extraído por HNO₃1 N fervente e K total extraído por ácido fluorídrico (HF), na camada de 0-20 cm, em solo cultivado com videiras Cabernet Sauvignon e submetidas a doses de fertilizante potássico durante três safras.

| Safr | Dose (kg ha ⁻¹ de K ₂ O ano ⁻¹) | | | | | Equação | R ² |
|--|---|------|------|-------|-------|----------------|----------------|
| | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 | | |
| -----K extraído por Mehlich1 (mg kg) ----- | | | | | | | |
| 2010/11 | 90a | 151a | 182a | 257a | 345b | 81,8 + 1,232x | 0,97* |
| 2011/12 | 76a | 129b | 195a | 266a | 349b | 66,4 + 1,366x | 0,97* |
| 2012/13 | 50b | 90c | 103b | 274a | 464a | 6,2 - 2,024x | 0,86* |
| CV % | 10,41 | 8,60 | 7,52 | 10,85 | 6,02 | | |
| -----K extraído por HNO ₃ 1 N (mg kg ⁻¹) ----- | | | | | | | |
| 2010/11 | 202a | 286a | 291b | 366b | 451c | 203,6 + 1,156x | 0,95* |
| 2011/12 | 129b | 218b | 295b | 360b | 572b | 109,2 + 2,056x | 0,94* |
| 2012/13 | 126b | 197c | 374a | 439a | 748a | 79,6 + 2,972x | 0,93* |
| CV % | 5,89 | 3,57 | 8,83 | 5,05 | 4,34 | | |
| -----K extraído por HF (mg kg ⁻¹) ----- | | | | | | | |
| 2010/11 | 418a | 427a | 438a | 502b | 604b | 388,4 + 0,894x | 0,83* |
| 2011/12 | 408a | 421a | 434a | 526b | 674b | 365,2 + 1,274x | 0,82* |
| 2012/13 | 406a | 406a | 480a | 576a | 800a | 342,0 + 1,916x | 0,85* |
| CV % | 6,75 | 6,42 | 6,13 | 3,34 | 10,00 | | |

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 5%), * = Significativo a 5% de probabilidade de erro.

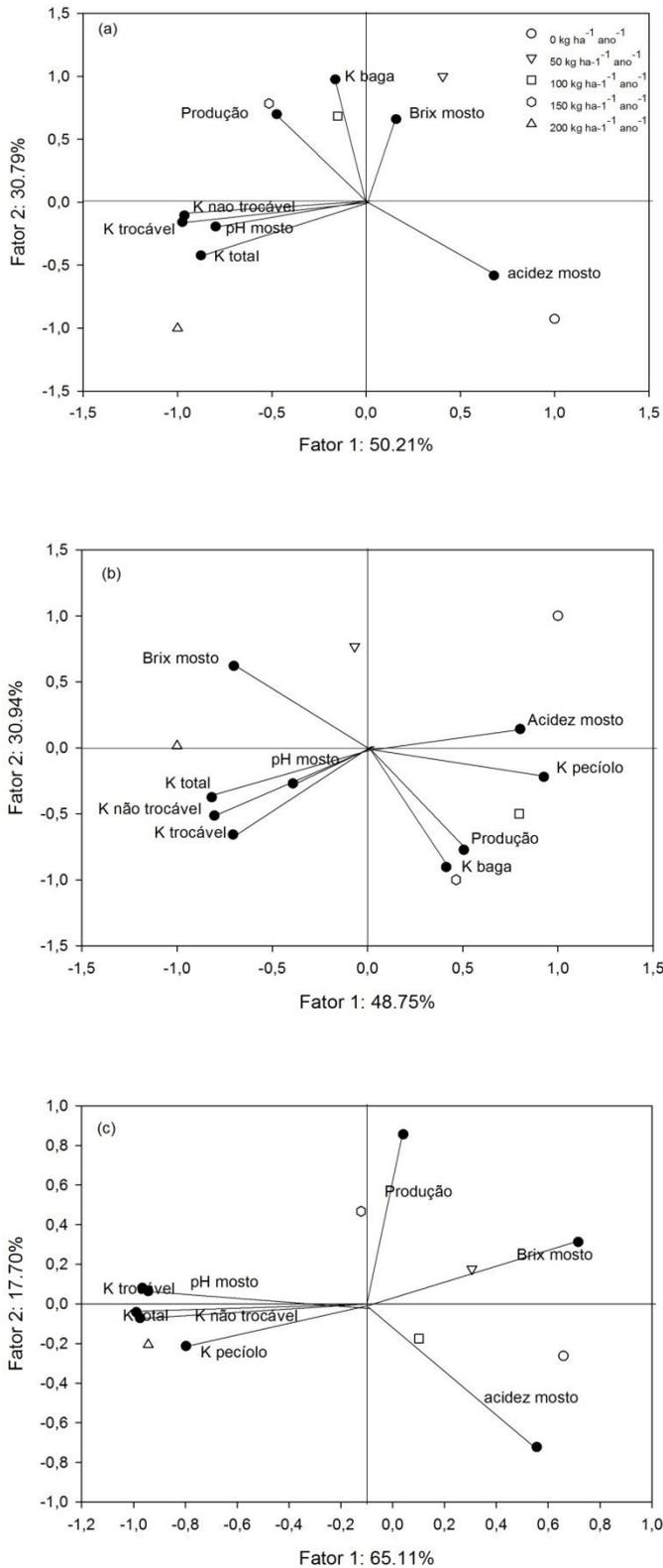


Figura 1: Análise dos Componentes Principais (ACP) considerando o teor de K no pecíolo, a produção de uva, o pH, a acidez total titulável e os Sólidos Solúveis Totais no mosto, o K na baga, o K trocável, não trocável e total no solo, nas safras 2011 (a), 2012 (b) e 2013 (c) para o vinhedo de Cabernet Sauvignon, submetido à doses de adubação potássica.

ESTUDO III -TEOR DE POTÁSSIO NO SOLO, RENDIMENTO DE UVA E COMPOSIÇÃO DO MOSTO DE VINÍFERAS CABERNET SAUVIGNON

RESUMO

O teor de K trocável no solo pode influenciar no seu teor nas folhas de videiras, na produção de uva e na composição do mosto. O trabalho objetivou avaliar a interferência do teor de K trocável sobre o teor na folha e nas bagas de uva, bem como sobre a produção e a composição do mosto da cultivar Cabernet Sauvignon, cultivada em solo com textura superficial arenosa. Em Santana do Livramento (RS) foram selecionados cinco vinhedos com níveis crescentes de K trocável no solo. Nas safras 2012/13 e 2013/14 foi avaliada a produção de uva, os componentes de produção, o teor total de K nas folhas no pleno florescimento e na mudança da cor das bagas. No mosto foram avaliados os valores de SST, pH, acidez total titulável, polifenóis totais e antocianinas totais. O incremento do teor de K trocável no solo aumentou o K total nas folhas no pleno florescimento, aumentou o teor de K nas bagas e o valor de pH do mosto, mas não afetou a produção de uva da cv, Cabernet Sauvignon.

Palavras chave: Adubação potássica, análise foliar, produção de uva, qualidade da uva, *Vitis vinifera*

INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Sul (RS) possui aproximadamente 50 mil ha de área plantada com videiras, que representa a maior área cultivada de uva no Brasil. A partir da década de 70 parte dos solos sobre campo natural da Campanha do RS foram incorporados ao sistema de produção de uva, onde se pode destacar o cultivo de viníferas Cabernet Sauvignon, sendo as uvas destinadas a elaboração de vinhos finos. Nesta região predominam os Argissolos que possuem textura superficial arenosa, de baixa fertilidade, cujos teores de nutrientes, como o potássio (K) trocável se encontra nas faixas de disponibilidade média e baixa (BRUNETTO et al., 2007). Por isso, torna-se indispensável à aplicação de corretivos e fertilizantes, como os potássicos, na adubação de pré-plantio e de manutenção ao longo do período de produção.

O K na planta possui diversas funções relacionadas à diversas reações de síntese de substâncias e ativação enzimática, na fotossíntese e na manutenção do potencial osmótico da célula (KODUR et al., 2009). Embora seja um dos macronutrientes mais exigidos pelas

plantas e o exportado em maior quantidade pelos cachos, pode não causar impacto direto sobre a produção uva, bem como sobre o número de cachos e massa de 100 bagas (DELGADO et al., 2004; BOONTERM et al., 2010). Mas, quando o K é absorvido e transportado no interior da planta pode ser diagnosticado nas folhas, especialmente, quando coletadas no pleno florescimento, uma vez que é um período em que elas estão em crescimento e intensa divisão celular; ou também, naquelas folhas coletadas na mudança da cor das bagas (STELLACCI et al., 2010). Porém, nem sempre as folhas coletadas na mudança da cor das bagas podem diagnosticar o teor de K nas videiras, porque parte do K pode ser redistribuído das folhas para outros órgãos em crescimento, como as bagas ou para órgão de reserva, como os ramos de mais de um ano ou raízes (PRADUBSUK & DAVENPORT, 2010; TAGLIAVINI & SCANDELLARI, 2013).

Por outro lado, a aplicação de fertilizantes potássicos em vinhedos e, por consequência, o seu incremento no solo em forma trocável pode afetar a composição do mosto, por exemplo, valores de pH e os teores de açúcares, 90% deles diagnosticados pelo teor de SST, acidez total titulável, polifenóis totais e antocianinas totais (DELGADO et al., 2004; BOONTERM e SILAPAPUN, 2013). Os teores de K estão relacionados aos açúcares na baga especialmente pela sua função de transporte de solutos no floema, porém quando esses teores de K são altos na baga e, conseqüentemente, no mosto, pode ocorrer a diminuição dos açúcares, prejudicando o processo de fermentação do mosto (WALKER & BLACKMORE, 2012). Além disso, o teor de K na baga causa a elevação do pH do mosto, e diminuição da acidez total, o que dificulta a posterior estabilização e manutenção da atividade microbiana, na elaboração do vinho, prejudicando a qualidade e tornando-o mais suscetível à oxidação (MPELASOKA et al., 2003). Os compostos fenólicos dos vinhos são moléculas naturais, algumas mais simples e outras complexas, que contribuem fortemente para a qualidade e palatabilidade dos vinhos. Tais compostos podem ser afetados pelo teor de K no solo e, por consequência, no interior da planta (BOONTERM & SILAPAPUN, 2013). No caso das antocianinas, a síntese está ligada à atividade enzimática, que depende do íon K e do pH do meio (CONDE et al., 2007). Em videiras cultivadas em Argissolos na região Sul do Brasil, de textura arenosa são escassos os trabalhos que já avaliaram a influência do teor de K do solo sobre o teor dos nutrientes nas folhas, produção e, especialmente, composição do mosto, que pode afetar a composição do vinho.

O trabalho objetivou avaliar a interferência do teor de K trocável no solo sobre o teor nas folhas e bagas, sobre a produção e a composição do mosto da cultivar Cabernet Sauvignon, cultivada em solo com textura superficial arenosa.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do estudo e tratamentos

O experimento foi realizado em Santana do Livramento, região da Campanha do RS, Brasil, nas safras de 2012/13 e 2013/14. O solo dos vinhedos foi um Argissolo Vermelho distrófico arênico. O clima da região segundo a classificação de Koppen é subtropical úmido, tipo Cfa2, que se caracteriza por temperaturas amenas e chuvas com pouca variação ao longo do ano. A precipitação média anual é de 1.600 mm, temperatura do mês mais quente (janeiro) de 23,8°C e a média no mês mais frio (julho) de 12,4°C. Os dados médios mensais de temperatura e precipitação ao longo do experimento são apresentados na Tabela 1.

Os tratamentos consistiram de cinco vinhedos, com teores crescentes de K trocável no solo: 66, 73, 86, 95 e 111 mg kg⁻¹, construídos ao longo dos anos pelas adubações potássicas. O teor de argila do solo e a caracterização química dos vinhedos estão descritos na Tabela 2. A cultivar foi a Cabernet Sauvignon, o sistema de condução foi espaldeira e as videiras possuíam o mesmo número de gemas nas podas hibernais. Maiores detalhes sobre os vinhedos podem ser observados na Tabela 2. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições, sendo cada parcela formada por 20 plantas, onde as 10 plantas centrais foram avaliadas. Durante a condução do experimento, as videiras receberam a aplicação de fungicidas e inseticidas.

Coleta de folhas e análise de K total

Nas safras 2012/13 e 2013/14, no pleno florescimento das videiras (outubro) e na mudança da cor das bagas (janeiro), foram coletadas duas folhas em cada uma das 10 plantas centrais de cada parcela, localizadas nos ramos opostos ao primeiro cacho. As folhas foram secas em estufa com ar forçado a 65°C, moídas e preparadas para a análise dos teores totais de K (KAMINSKI et al., 2010).

Produção de uva e análise do mosto

No mês de fevereiro das safras 2012/13 e 2013/14, na maturação da uva foi contado o número de cachos por planta. Em seguida, os cachos foram pesados, usando balança digital. Cinco cachos, aleatoriamente, foram separados e neles foram coletadas 100 bagas na parte superior, mediana e inferior de cada cacho, e pesadas em balança digital. As bagas foram maceradas e no mosto foi determinado o teor de K total, os valores de SST, usando refratômetro digital; o valor de pH, usando potenciômetro digital e a acidez total titulável, através de titulação com NaOH 0,1mol L⁻¹(BRUNETTO et al., 2009). Além disso, foi

realizada a análise de antocianinas totais, através da leitura da absorvância a 540 nm. Os resultados foram expressos em mg L^{-1} de malvidina. Também, foi analisada a concentração de polifenóis totais, através da reação com reagente de Folin Ciocalteau e leitura da absorvância em comprimento de onda de 765 nm (SINGLENTON & ROSSI, 1965). Além disso, foram analisados os taninos totais (RIBÉREAU-GAYON & STONESTREET, 1968) e o teor de K total (KAMINSKI et al., 2010).

Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística através dos contrastes ortogonais, conforme descrito a seguir: Contraste C1: comparação do vinhedo 1 com o vinhedo 2; contraste C2: comparação do vinhedo 1 com o vinhedo 3; Contraste C3: comparação do vinhedo 1 com o vinhedo 4; C4: comparação do vinhedo 1 com o vinhedo 5; Contraste C5: comparação do vinhedo 2 com o vinhedo 3; Contraste C6: comparação do vinhedo 2 com o vinhedo 4; Contraste C7: comparação do vinhedo 2 com o vinhedo 5; contraste C8: comparação do vinhedo 3 com o vinhedo 4; Contraste C9: comparação do vinhedo 3 com o vinhedo 5 e Contraste C10: comparação do vinhedo 4 com o vinhedo 5.

Nas safras 2012/13 e 2013/14, a média dos parâmetros produção de uva, massa de 100 bagas, teor total de K nas folhas, K nas bagas e os componentes do rendimento foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de uva, componentes de rendimento, teor total de K em folhas e na baga

Na safra 2012/13, a produção de uva por planta e hectare não diferiu estatisticamente entre os vinhedos (Tabela 3). Isso pode ter acontecido possivelmente porque nesta safra o volume de precipitação (Tabela 1) foi suficiente para manter a disponibilidade de água adequada no solo, especialmente ao longo do período vegetativo e produtivo (agosto até fevereiro), favorecendo o suprimento de nutrientes, entre eles o K, por difusão até a superfície externa das raízes (KLEIN, et al., 2000) nos vinhedos. Por exemplo, nos vinhedos 1 e 2, que possuíam menor teor de K trocável no solo, 66 e 73 mg kg^{-1} , respectivamente, principalmente, em relação ao vinhedo 5 (111 mg kg^{-1}). Posteriormente, o íon K pode ter sido absorvido pelas plantas, através de canais especializados, seguindo um gradiente eletroquímico (DAVIES et al., 2006). No interior da planta, o transporte de K ocorreu via xilema e floema, e foi acumulado em órgãos em crescimento, com maior demandado nutriente (KODUR et al., 2009). Por outro lado, os demais componentes de rendimento variaram significativamente

entre os vinhedos. A massa média de cachos foi maior nos vinhedos 4 e 5, em relação aos vinhedos 2 e 3, com menor massa (Tabela 3). O número de cachos por planta foi maior nos vinhedos 1 e 3, em relação ao vinhedo 4, enquanto nos demais vinhedos não houve diferença significativa no número de cachos por planta. Os vinhedos 2, 3 e 5 apresentaram maior massa de 100 bagas em relação ao vinhedo 4, enquanto não houve diferença na massa de 100 bagas entre o vinhedo 1 e os demais.

O teor de K nas folhas coletadas no pleno florescimento das videiras na safra 2012/13 foi maior nos vinhedos 4 e 5 em relação à todos os demais vinhedos (Tabela 3). Isso pode ser atribuído ao alto teor de K trocável no solo que foi de, respectivamente, 95 e 111 mg kg⁻¹, superior aos teores observados nos vinhedos 1, 2 e 3. Com isso, se espera maior suprimento de K, absorção e acúmulo nas plantas, especialmente, em órgãos de acumulação no período estival, como as folhas que estão em intensa divisão celular, tornando-se dreno de nutrientes (TAGLIAVINI & SCANDELLARI et al., 2013). Assim, o nutriente absorvido supre as necessidades fisiológicas e forma reservas na planta (BRUNETTO et al., 2006). Mas, na mudança de cor das bagas o teor total de K nas folhas das videiras não variou entre os vinhedos. As folhas coletadas na mudança da cor das bagas nem sempre são sensíveis em diagnosticar o teor de nutrientes (TAGLIAVINI & SCANDELLARI et al., 2013), como o K em videiras, porque parte do nutriente na forma iônica pode ser redistribuído das folhas para outros órgãos em crescimento, como os cachos, ou em menor quantidade para outros órgãos de reserva de nutrientes, como as raízes ou ramos de mais de um ano (BRUNETTO et al., 2006). Os teores de K total nas folhas coletadas na mudança da cor em todos vinhedos foram interpretados como normal (8 a 16 g kg⁻¹) (MIELE, et al. 2009).

Os vinhedos 4 e 5 apresentaram maior teor de K na baga em relação ao vinhedos 1, 2 e 3, na safra 2012/13 (Tabela 3). Isso pode ser atribuído à maior disponibilidade de K trocável no solo dos vinhedos 4 e 5, que foi de 95 e 111 mg kg⁻¹, respectivamente. Parte do K absorvido pode ter sido transportado para os cachos, especialmente as bagas, que ao longo do ciclo aumentam a massa e se tornam dreno de nutrientes, em especial, o K (KODUR et al., 2009). Além disso, parte do K acumulado em outros órgãos das videiras, como as folhas, especialmente, nos vinhedos com maior teor de K trocável no solo, como diagnosticado nas folhas coletadas no pleno florescimento no vinhedo 4, pode ter sido redistribuído das folhas para as bagas em crescimento (TECCHIO et al., 2011, KODUR, 2011). Isso acontece porque o K, diferentemente de outros nutrientes como o Ca é muito móvel no floema e xilema, permitindo a movimentação entre os órgãos (MPELASOKA et al., 2003).

Na safra 2013/14, o vinhedo 3 apresentou a maior produção de uva em relação aos vinhedos 1, 2 e 4 (Tabela 3). Este resultado pode estar associado aos demais componentes de rendimento, tais como número e massa de cachos. O número de cachos nos vinhedos 1, 2 e 3 não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram maior número de cachos em relação ao vinhedo 4. A maior massa média de cachos foi observada nas videiras do vinhedo 4. Os vinhedos 1, 3 e 4 apresentaram massa de 100 bagas com maior massa, em relação ao vinhedo 2.

Os vinhedos 3 e 4 foram os que apresentaram o maior teor de K na folha no pleno florescimento, em relação aos demais vinhedos. Os resultados estão de acordo com os teores obtidos na mudança de cor das bagas. Os valores observados são interpretados como normal (8 a 16 g kg⁻¹) para videiras (MIELE, et al., 2009).

A produção de uva na safra 2012/13 em todos os vinhedos foi superior à observada na safra 2013/14 (Tabela 3). Possivelmente isso ocorreu como consequência do menor volume e distribuição das chuvas na safra 2012/13, o que favoreceu o suprimento de K entre outros nutrientes para as plantas. Com o adequado volume e distribuição das chuvas, além de aumentar a disponibilidade de água e nutrientes para as videiras, possivelmente o crescimento de espécies de plantas de cobertura que coabitavam os vinhedos foi favorecido, proporcionando maior absorção de nutrientes, dentre eles o K. Ao final do ciclo, com a senescência da parte aérea das espécies das plantas de cobertura ou com a roçada delas, os resíduos foram depositados na superfície do solo e durante a decomposição o K e outros nutrientes foram liberados para o solo, especialmente, nas camadas mais superficiais do solo, onde são encontradas as raízes mais finas responsáveis pela maior absorção de nutrientes pelas videiras (KODUR et al., 2009). Além disso, as videiras em produção possuem raízes em camadas mais profundas do solo, que podem também contribuir na absorção de K, provavelmente em menor quantidade (KODUR et al., 2009). Por outro lado, na safra 2013/14 as variações na produção, observadas entre os vinhedos, além da menor produção relativamente à safra anterior, podem ser devido à maior precipitação ocorrida no período de crescimento e mudança da cor das bagas (Tabela 1), que aliada à altas temperaturas típicas da estação, pode ter estimulado a incidência de doenças fúngicas, especialmente, a botritis em cachos, comprometendo a produção final (CHAVARRIA et al., 2008).

Composição do mosto

Na safra 2012/13, o teor de SST no mosto foi superior no vinhedo 1, em relação a todos os demais vinhedos (Tabela 4). Em parte isso pode ser explicado pelo menor massa de

100 bagas observado no vinhedo 1 (Tabela 4), o que confere maior concentração de SST na baga. Nos vinhedos 2 e 4 se observou maiores teores de SST em relação ao mosto do vinhedo 5. Isso pode ser atribuído, em parte, ao maior massa de 100 bagas observado no vinhedo 5, o que indica alta relação casca/polpa, ou seja, diluição dos açúcares em relação aos vinhedos 2 e 4. Também pode ser por causa do alto teor de K na baga, que influencia o acúmulo de açúcares, uma vez que após a fase de mudança da cor do cacho o K tende a acumular no fruto e diminui a concentração de açúcares (CONDE et al., 2007). Valores próximos à 17° brix foram encontrados em estudo com porta-enxertos de videiras cultivadas em solo com dois níveis de K (123 e 144 mg kg⁻¹), em Bento Gonçalves (RS) (BRUNETTO et al., 2004). Também no sul do Brasil, valores de SST próximos à 18° brix foram observados por Bettoni et al. (2013).

O valor de pH no mosto dos vinhedos 4 e 5 não diferiram estatisticamente entre si e foram maiores que os valores observados no mosto dos demais vinhedos, na safra 2012/13 (Tabela 3). Os maiores valores de pH no mosto dos vinhedos 2 e 5 pode ser atribuído ao maior teor de K verificado nas bagas (Tabela 3). Maiores teores de K nas bagas podem promover incremento dos valores de pH no mosto através da troca estequiométrica dos prótons do ácido (H⁺) pelo íon K, formando o bitartarato de K, que é um sal que pode precipitar no vinho, prejudicando sua qualidade, modificando o sabor, além de determinar maior poder de oxidação e, portanto, menor tempo de conservação do vinho (WALKER & BLACKMORE, 2012). Estes resultados concordam com os obtidos por Boonterm & Silapapun (2013), que observaram aumento do valor de pH no mosto com a aplicação de K no solo de vinhedos. Da mesma forma, Walker & Blackmore (2012), na Austrália, estudaram a relação entre K e valores de pH no mosto de *Vitis vinífera* enxertada sobre diferentes porta-enxertos e observaram aumento do valor de pH do mosto com o incremento do valor de K. Porém, de maneira geral os valores encontrados no presente estudo podem ser considerados altos, pois valores de pH maiores que 3,50 prejudicam a fermentação do mosto, alterando características organolépticas, a coloração, o sabor e o poder de oxidação dos vinhos (MPELASOKA et al., 2003; ROGIERS et al., 2006).

A acidez total titulável no mosto do vinhedo 5 foi maior que o observado no mosto dos demais vinhedos, na safra 2012/13. O mosto do vinhedo 3 apresentou maior valor de acidez total titulável que o observado nos vinhedos 1 e 2. Tais resultados podem estar relacionados com os maiores valores de pH no mosto dos vinhedos 4 e 5, causados pelo maior teor de K nas bagas dos respectivos vinhedos. Delgado et al. (2004) observaram que altas doses de K

aplicadas no solo (120g de K₂O por planta) causaram significativa redução na acidez total titulável.

O maior teor de polifenóis totais na safra 2012/13 foi observado no mosto do vinhedo 2 e o menor no mosto do vinhedo 1, não havendo diferença estatística nos teores de polifenóis totais verificados entre os vinhedos 3 e 4, e entre os vinhedos 3 e 5 (Tabela 4). Esses resultados concordam com os obtidos por Boonterm & Silapapun (2013), em vinhedo no Sul da China. Estes autores também relatam que efeitos do K no solo sobre o teor de polifenóis totais somente foi verificado quando foram aplicadas altas doses de K e altas doses de N. Além disso, Delgado et al (2004), em estudo realizado em vinhedo na Espanha, observaram aumento dos polifenóis totais quando foi adicionado ao solo doses de K e de N.

O maior teor de antocianinas no mosto, na safra 2012/13 foi observado no vinhedo 2, em relação aos vinhedos 1, 4 e 5 (Tabela 3). O vinhedo 5 não diferiu do vinhedo 1, na safra 2012/13. Uma possível explicação para o menor teor de antocianinas no mosto do vinhedo 5 pode ser a maior disponibilidade de K no solo, que incrementou o teor de K nas bagas, e o maior valor de pH, que afeta a ionização destes compostos (CONDE et al., 2007). Além disso, em vinhedos com menor produção, como é uma tendência no vinhedo 2, e menor número de cachos pode ocorrer uma distribuição das antocianinas das bagas para partes da planta em crescimento, como ramos e folhas, podendo haver redução da atividade de enzimas que regulam a síntese de antocianinas (BRUNETTO et al., 2009). Boonterm et al. (2010) avaliaram a adubação com N e K, e observaram que o aumento do teor de antocianinas em bagas, e atribuíram ao efeito da adubação sobre o número de cachos.

Na safra 2013/14, o vinhedo 1 apresentou mosto com maior valor de SST e no mosto dos demais vinhedos os valores não diferiram entre si. O pH do mosto foi maior nos vinhedos 1 e 4. Uma possível explicação pode ser o maior teor de K na baga, influenciando o aumento de pH. Esses resultados estão de acordo com os obtidos na safra anterior, safra 2012/13, onde o maior teor de K no solo no vinhedo 4 proporcionou incremento do teor do nutriente na baga e maior valor de pH no mosto. O vinhedo 3 apresentou a menor acidez total titulável (25 meq L⁻¹), em relação aos demais que não diferiram entre si. O teor de polifenóis totais e antocianinas na safra 2013/14 foram maiores no vinhedo 4.

Na safra 2012/13 a ACP mostrou que o fator 1 separou os vinhedos 1 e 2 e explica 73,79% dos dados (Figura 1a). As variáveis que mais contribuíram foram a produção, a massa de 100 bagas, o teor total de K nas folhas no pleno florescimento e na baga, além dos componentes do mosto, como SST, polifenóis totais e antocianinas. Esse resultado demonstra que o teor de K no solo influencia a grande maioria dos atributos de produção, estado

nutricional das plantas e a composição do mosto em videiras. O fator 2 separou os demais vinhedos e explica 21,25% dos resultados e a acidez total titulável no mosto foi a variável que mais contribuiu.

Na safra 2013/14, a ACP mostra que o fator 1 separou os vinhedos 3 e 4, e explica 62,7% dos resultados (Figura 1b). A produção de uva, além dos componentes do mosto, acidez total titulável, pH e antocianinas foram as variáveis que mais contribuíram para este resultado. Os vinhedos 1 e 2 foram separadas pelo fator 2 que explica 36,16% dos dados. As variáveis que mais contribuíram foram massa de 100 bagas, teor total de K nas folhas no pleno florescimento e na baga, além dos componentes do mosto, como SST e polifenóis totais.

O teor de K na baga, K nas folhas no pleno florescimento e os SST possuem uma alta correlação entre si (Figura 1 a, b). Por outro lado, a produção de uva não apresentou relação alta com estes mesmos atributos. Isto pode ser explicado, pois com o aumento da disponibilidade do K no solo foi diagnosticado o incremento do teor do nutriente nas folhas (Tabela 3). Uma vez que ocorreu demanda pelo crescimento da baga, houve redistribuição do K das folhas para a baga, e diminuição do teor de açúcares, diagnosticado pelo teor de SST (Tabela 4). Porém o aumento do K trocável no solo não causou impacto na produção na safra 2012/13 (Tabela 3). Na composição do mosto, os polifenóis totais e as antocianinas totais também possuem uma alta relação na safra 2012/13 (Figura 1a).

CONCLUSÕES

O incremento do teor de K trocável no solo aumentou o K total nas folhas no pleno florescimento, o teor de K nas bagas e o valor de pH do mosto, mas não afetou a produção de uva da cultivar Cabernet Sauvignon.

AGRADECIMENTOS

À Vinícola Almaden, em Santana do Livramento (RS), pela cedência da área experimental e apoio na condução dos experimentos.

REFERÊNCIAS

- BETTONI, J. C., et al. Physico-Chemical Quality, Extraction and Export of Nutrients of Cabernet Sauvignon Cultivar on Two Rootstocks. **Ignis**, Caçador, v.2, n.1, p. 41-53, 2013.
- BOONTERM, C.W; SILAPAPUN, A.; BOONKERD, N. Effects of nitrogen, potassium fertilizer, and clusters per vine on yield and anthocyanin content in Cabernet Sauvignon grape, Suranaree **J. Sci. Technol.** v. 17, n. 2, p. 155-163, 2010.
- BOONTERM, V., SILAPAPUN, A. Effects of Nitrogen Potassium Fertilizers and Clusters per vine on yield and anthocyanin content in Cabernet Sauvignon grape, **Acta Hort.** 984, 435-442, 2013.
- BRUNETTO, G., et al. Concentrazione di potássio nelle bache e valori di pH e zuccheri nel mosto della cv Cabernet Sauvignon innestata su diversi portinnesti nel Sul del Brasile. **Acta Italus Hortus**, 3:636-639, 2004.
- BRUNETTO, G., et al. Recuperação e distribuição do nitrogênio fornecido a videiras jovens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.1299-1304, 2006.
- 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, n.2, p. 389-393, 2007.
- BRUNETTO, G., et al. Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.39, p.2035-2041, 2009.
- CHAVARRIA, G., et al. Incidência de doenças e necessidade de controle em cultivo protegido de videira. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 3, p. 477-482, 2007.
- CONDE, C., et al. Biochemical changes throughout grape Berry development and fruit and wine quality. **Food**. v.1, p.1-22, 2007.
- DAVIES, C., et al. Transporters expressed during grape berry (*Vitis viníferas* L.) development are associated with an increase in berry size and berry potassium accumulation, **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 12, p. 3209-3216, 2006.
- DELGADO, R., et al. Changes in the phenolic composition of grape berries during ripening in relation to vineyard nitrogen and potassium fertilization rates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 84, n. 7, p. 623-630, 2004.
- KAMINSKI, J., et al. Potassium availability in a Hapludalf Soil under long term fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 783-791, 2010.

- KLEIN, I., et al. Irrigation and fertirrigation effects on phosphorus and potassium nutrition of wine grapes. **Vitis**, v. 39, p. 55-62, 2000.
- KODUR, S. 2011. Effects of juice pH and potassium on juice and wine quality, and regulation of potassium in grapevines through rootstocks (*Vitis*): a short review. **Vitis**, v. 50, p. 1–6.
- KODUR, S., et al. Accumulation of potassium in grapevine rootstocks (*Vitis*) as affected by dry matter partitioning, root traits and transpiration. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v.16, p. 273–282, 2009.
- MIELE, A., RIZZON, L. A., GIOVANNINI, E. Efeito do porta-enxerto no teor de nutrientes em tecidos da videira “Cabernet Sauvignon”. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 4, p. 1141-1149, 2009.
- MPELASOKA, B. S., et al. 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.
- PRADUBSUK, S., DAVENPORT, J. R. Seasonal Uptake and Partitioning of Macronutrients in Mature 'Concord' Grape. **J. Am. Soc. Hortic**, v. 135, p. 474-483, 2010.
- RIBÉREAU-GAYON, P.; STONESTREET, E. Le dosage des anthocyanes dans les vins rouges. **Bulletin de la Société Chimique de France**, Paris, v.9, n.419, p.2649-2652, 1965.
- ROGIERS, S. Y., et al. Mineral sinks within ripening grape berries (*Vitis vinifera* L.). **Vitis**, v. 45, n. 3, p. 115-123, 2006.
- SINGLETON, V.L.; ROSSI, J.A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagentes. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-158, 1965.
- STELLACCI, A. M., et al. Relationships between Soil Characteristics and Leaf Nutrient Concentrations in Grapevine. **Acta Hort**, v. 868, 135-142, 2010.
- TAGLIAVINI, M.; SCANDELLARI, F. Methodologies and Concepts in the Study of Nutrient Uptake Requirements and Partitioning in Fruit Trees. **Acta Hort**, v. 984, P. 47-56, 2013.
- TECCHIO, M. A., et al. **Extração de nutrientes pela videira ‘niagara rosada’ enxertada em diferentes porta-enxertos. Rev. Bras. Frutic.**, Volume Especial, p. 736-742, 2011.
- WALKER, R. R. & BLACKMORE, D. H. Potassium concentration and pH inter-relationships in grape juice and wine of Chardonnay and Shiraz from a range of rootstocks in different environments. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, n.18, p. 183 - 193, 2012.

Tabela 1. Médias de precipitação, temperatura do ar e insolação nos meses dos anos de 2012, 2013 e 2014.

| Meses | Temperatura média (°C) | | | Precipitação (mm) | | | Insolação (horas) | | |
|--------------------|---------------------------|------|------|----------------------|-------|------|----------------------|-------|-------|
| | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 | 2012 | 2013 | 2014 |
| Jan | 24,6 | 22,0 | 24,3 | 18,7 | 158,2 | 121 | 315,6 | 298,9 | 300,1 |
| Fev | 23,9 | 22,1 | 23,2 | 220,5 | 84,2 | 207 | 218,5 | 215,2 | 216,3 |
| Mar | 21,3 | 18,9 | 19,9 | 58,5 | 73,9 | 206 | 278,3 | 238,6 | 265,4 |
| Abr | 17,3 | 17,8 | nd | 147,5 | 120,7 | nd | 204,6 | 234,3 | nd |
| Mai | 16,4 | 13,7 | nd | 13,1 | 200,6 | nd | 200,8 | 151,7 | nd |
| Jun | 12,2 | 12,1 | nd | 77,7 | 42,7 | nd | 144,5 | 165,8 | nd |
| Jul | 9,5 | 11,7 | nd | 32,2 | 68,7 | nd | 203,1 | 216,8 | nd |
| Ago | 15,8 | 11,0 | nd | 127,3 | 65,6 | nd | 156,3 | 179,5 | nd |
| Set | 15,4 | 14,7 | nd | 156,1 | 119,6 | nd | 190,0 | 179,8 | nd |
| Out | 18,2 | 17,4 | nd | 298,2 | 139,8 | nd | 201,0 | 187,8 | nd |
| Nov | 21,5 | 20,1 | nd | 58,0 | 283,1 | nd | 286,6 | 239,9 | nd |
| Dez ⁽¹⁾ | 23,1 | 22,0 | nd | 179,8 | 158,2 | nd | 259,6 | 236,2 | nd |

nd = não determinado,

Tabela 2. Teor de argila, caracterização química do solo, coordenadas geográficas, declividade, plantas de cobertura do solo, P e N aplicados nos vinhedos.

| | Vinhedos | | | | |
|---|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Argila (g kg ⁻¹) | 90 | 80 | 120 | 70 | 80 |
| M ₂ O ₃ (g kg ⁻¹) | 7 | 7 | 8 | 7 | 6 |
| pH água | 5,95 | 5,70 | 6,22 | 6,14 | 6,40 |
| Al trocável (cmol _c kg ⁻¹) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ca trocável (cmol _c kg ⁻¹) | 1,50 | 0,61 | 1,19 | 0,85 | 1,40 |
| Mg trocável (cmol _c kg ⁻¹) | 0,84 | 0,40 | 0,78 | 0,56 | 0,68 |
| P disponível (mg kg ⁻¹) | 30,67 | 55,36 | 22,23 | 77,18 | 46,31 |
| CTC _{pH7,0} (cmol _c kg ⁻¹) | 4,12 | 2,97 | 3,77 | 3,63 | 3,51 |
| Coord, Geog. | 30° 47' 31'' S 49° 22' 41'' W | 30° 48' 5'' S 49° 22' 32'' W | 30° 46' 50'' S 49° 21' 40'' W | 30° 46' 39'' S 49° 22' 1'' W | 30° 48' 7'' S 49° 22' 50'' W |
| Declividade (%) | 7,0 | 5,0 | 2,6 | 12,5 | 6,6 |
| Espaçamento (m) | 3,3 x 1,2 | 3,3 x 1,2 | 3,3 x 1,2 | 3,0 x 1,2 | 3,0 x 1,2 |
| Plantas de cobertura do solo nas entrelinhas | Campo natural + ervilhaca + azevém | Campo natural + ervilhaca + azevém | Campo natural+ ervilhaca + azevém | Campo natural+ ervilhaca + azevém | Campo natural+ ervilhaca + azevém |
| Fósforo (kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹ ano ⁻¹) | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Nitrogênio (kg de N ha ⁻¹ ano ⁻¹) | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |

Tabela 3. Produção de uva, componentes de produção, teor total de K na baga, quantidade de K exportado pelas bagas e teor total de K em folhas, em videiras da cv. Cabernet Sauvignon, cultivadas em vinhedos com teores crescentes de K trocável no solo e significância das comparações de médias por contrastes.

| Vinhedos | Produção de uva | | Cachos | | Massa 100 bagas | K em folhas | | K total em bagas |
|--------------------------------------|----------------------------|---------------------|----------------|--------|-----------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|
| | | | Massa média | Número | | Pleno florescimento | Mudança da cor das bagas | |
| | kg planta ⁻¹ | kg ha ⁻¹ | g | | g | mg kg ⁻¹ | mg kg ⁻¹ | % |
| ----- Safra 2012/2013 ----- | | | | | | | | |
| V1 | 6,021 | 15,203 | 109,47 | 55 | 144 | 11,0 | 12,1 | 0,18 |
| V2 | 4,186 | 10,570 | 95,14 | 44 | 151 | 11,9 | 11,7 | 0,14 |
| V3 | 5,373 | 13,567 | 99,50 | 54 | 164 | 11,2 | 10,9 | 0,14 |
| V4 | 4,249 | 11,804 | 137,07 | 31 | 124 | 15,2 | 14,1 | 0,25 |
| V5 | 5,907 | 16,410 | 134,25 | 44 | 160 | 15,8 | 13,4 | 0,31 |
| CV% | 19,8 | 19,8 | | 21,8 | 9,23 | 10,3 | 11,8 | 12,2 |
| ----- Safra 2013/2014 ----- | | | | | | | | |
| V1 | 2,491 | 6,290 | 71,17 | 35 | 160 | 14,3 | 11,4 | 0,27 |
| V2 | 2,376 | 5,999 | 72,00 | 33 | 142 | 14,4 | 10,2 | 0,26 |
| V3 | 3,399 | 8,583 | 87,15 | 39 | 165 | 16,2 | 11,7 | 0,29 |
| V4 | 2,073 | 5,759 | 98,71 | 21 | 148 | 16,8 | 12,7 | 0,36 |
| V5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CV% | 15,1 | 17,0 | 15,2 | 19,7 | 5,3 | 12,2 | 10,1 | 8,3 |
| ----- Contraste entre vinhedos ----- | | | | | | | | |
| Contrastes | Produção de uva | | Cachos | | Massa 100 bagas | K em folhas | | K total em bagas |
| | | | Peso médio | Número | | Pleno florescimento | Mudança da cor das bagas | |
| | kg pl ⁻¹ | kg ha ⁻¹ | g | | g | mg kg ⁻¹ | mg kg ⁻¹ | % |
| ----- Safra 2012/2013 ----- | | | | | | | | |
| C1 | ns | ns | * | ns | ns | ns | ns | ns |
| C2 | ns | ns | * | ns | ns | ns | ns | ns |
| C3 | ns | ns | * | * | ns | * | ns | * |
| C4 | ns | ns | * | ns | ns | ns | ns | * |
| C5 | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| C6 | ns | ns | * | ns | * | * | ns | * |
| C7 | ns | ns | * | ns | ns | ns | ns | * |
| C8 | ns | ns | * | * | * | * | ns | * |
| C9 | ns | ns | * | ns | ns | ns | ns | * |
| C10 | ns | ns | ns | ns | * | * | ns | * |
| ----- Safra 2013/2014 ----- | | | | | | | | |
| C1 | ns | ns | ns | ns | * | ns | * | ns |
| C2 | * | * | * | ns | ns | * | ns | ns |
| C3 | ns | ns | * | * | ns | * | * | * |
| C5 | * | * | * | ns | * | ns | * | ns |
| C6 | ns | ns | * | * | ns | ns | ns | * |
| C8 | * | * | ns | * | * | ns | * | * |

* diferença significativa entre os vinhedos que formam contraste a ($P < 0,05$), ns = contrastes não significativos

Tabela 4. Valores de sólidos solúveis totais (SST), pH, acidez total titulável, polifenóis totais e taninos totais no mosto de uvas de videiras da cv. Cabernet Sauvignon, em vinhedos com teores crescentes de K trocável no solo e significância das comparações de médias por contrastes.

| Vinhedos | SST | pH | Acidez total titulável | SST/A,T, | Polifenóis totais | Antocianinas | Taninos | |
|---------------------------------------|---------|------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----|
| | (°Brix) | | meq L ⁻¹ | (mg L ⁻¹) | (mg L ⁻¹) | (g L ⁻¹) | (g L ⁻¹) | |
| -----Safrá 2012/2013----- | | | | | | | | |
| V1 | 19,8 | 3,85 | 46,67 | 56,71 | 44,8 | 64,8 | 0,11 | |
| V2 | 18,2 | 3,83 | 45,00 | 53,93 | 96,0 | 79,2 | 0,28 | |
| V3 | 18,0 | 3,80 | 51,67 | 46,55 | 64,1 | 70,9 | 0,88 | |
| V4 | 18,3 | 4,14 | 48,33 | 50,51 | 70,4 | 77,5 | 0,22 | |
| V5 | 17,1 | 4,04 | 56,67 | 40,22 | 57,1 | 60,1 | 0,60 | |
| CV% | 3,2 | 1,5 | 4,7 | 5,78 | 9,6 | 6,0 | 20,2 | |
| -----Safrá 2013/2014----- | | | | | | | | |
| V1 | 16,3 | 3,94 | 41,67 | 53,24 | 50,3 | 70,4 | 0,32 | |
| V2 | 12,3 | 3,86 | 41,67 | 39,08 | 65,1 | 64,3 | 0,27 | |
| V3 | 11,9 | 3,56 | 25,00 | 56,31 | 69,2 | 61,0 | 0,05 | |
| V4 | 10,7 | 4,35 | 45,00 | 31,60 | 88,3 | 114,2 | 0,53 | |
| V5 | - | - | - | - | - | - | - | |
| CV% | 9,93 | 5,86 | 14,09 | 17,99 | 9,65 | 13,14 | 17,82 | |
| -----Contraste entre os vinhedos----- | | | | | | | | |
| Vinhedos | SST | pH | Acidez total titulável | SST/A,T, | Polifenóis totais | Antocianinas | Taninos | |
| | (°Brix) | | meq L ⁻¹ | (mg L ⁻¹) | (mg L ⁻¹) | (g L ⁻¹) | | |
| -----Safrá 2012/2013----- | | | | | | | | |
| C1 | * | ns | ns | ns | * | * | * | ns |
| C2 | * | ns | * | * | * | ns | * | ns |
| C3 | * | * | ns | * | * | * | ns | * |
| C4 | * | * | * | * | * | ns | * | * |
| C5 | ns | ns | * | * | * | * | * | ns |
| C6 | ns | * | ns | ns | * | ns | ns | ns |
| C7 | * | * | * | * | * | * | * | * |
| C8 | ns | * | ns | ns | ns | ns | * | ns |
| C9 | ns | * | * | * | ns | * | * | ns |
| C10 | * | ns | * | * | * | * | * | ns |
| -----Safrá 2013/2014----- | | | | | | | | |
| C1 | * | ns | ns | * | * | ns | ns | * |
| C2 | * | ns | * | ns | * | ns | * | * |
| C3 | * | ns | ns | * | * | * | * | ns |
| C5 | ns | ns | * | * | ns | ns | * | ns |
| C6 | ns | * | ns | ns | * | * | * | ns |
| C8 | ns | * | ns | * | * | * | * | ns |

* diferença significativa entre os vinhedos que formam contraste a ($P < 0,05$), ns = contrastes não significativos

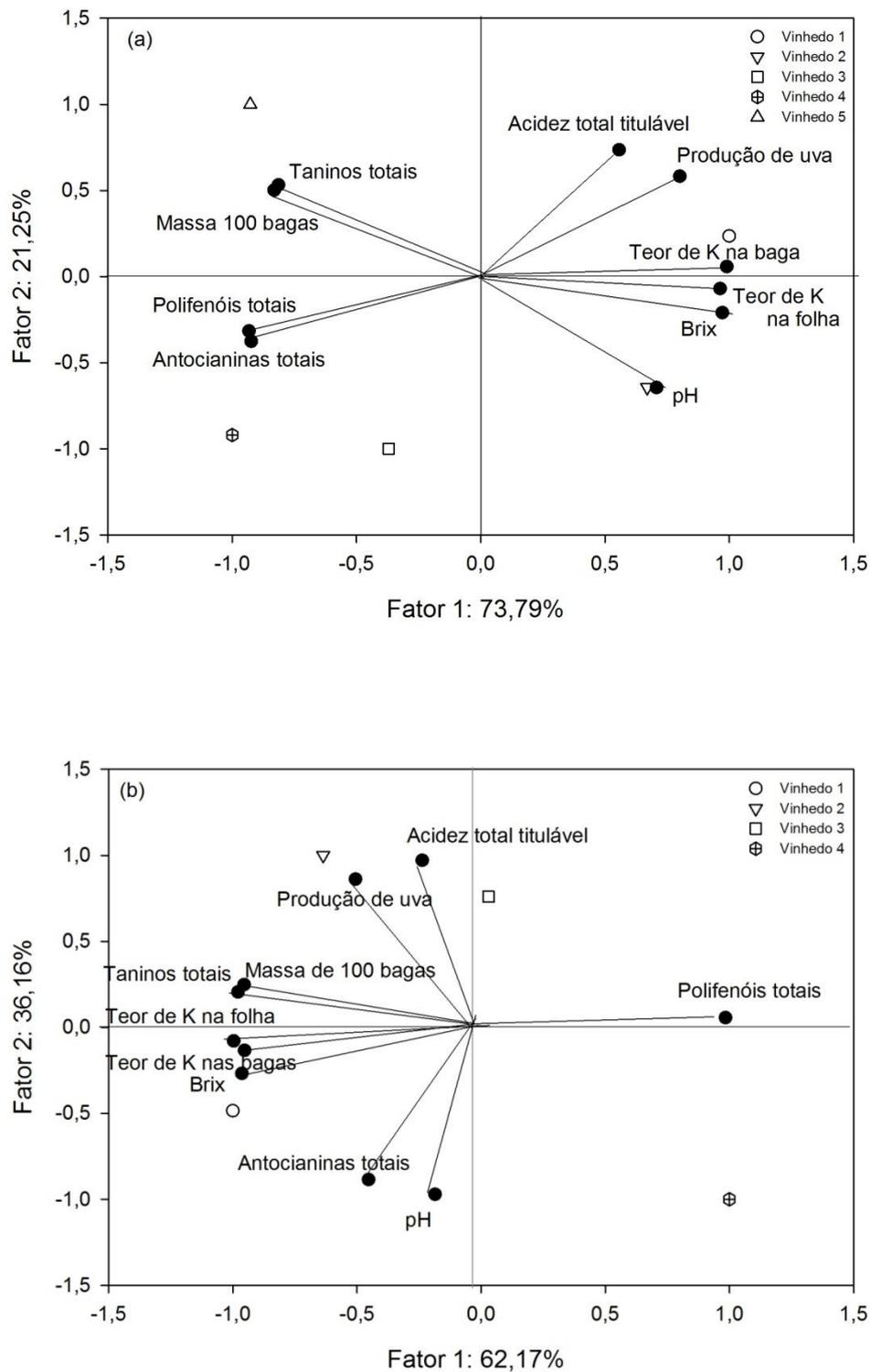


Figura 1. Análise dos Componentes Principais (ACP) considerando a produção de uva, massa de 100 bagas, teor total de K nas folhas, teor total de K nas bagas, pH, acidez total titulável, Sólidos Solúveis Totais (SST), polifenóis totais, antocianinas totais e taninos totais no mosto, nas safras 2012/13 (a) e 2013/14 (b), em vinhedos da cv. Cabernet Sauvignon em solos com teores crescentes de K trocável.

ESTUDO IV - POTENCIAL DE ÁGUA EM FOLHAS, ESTADO NUTRICIONAL E COMPOSIÇÃO DO MOSTO EM VINÍFERAS PINOT NERO COM E SEM IRRIGAÇÃO

RESUMO

A irrigação em solos de vinhedos pode afetar o potencial hídrico da videira, o estado nutricional e a composição do mosto. O trabalho objetivou avaliar o potencial de água em folhas, o estado nutricional e a composição do mosto, em videiras da cv, Pinot Nero, cultivadas com e sem irrigação. O experimento foi conduzido em um vinhedo comercial de Pinot Nero 828, enxertada sobre porta enxerto SO₄, implantado em 2002 em Trento, Norte da Itália. Os tratamentos foram com irrigação (CI) e sem irrigação (SI) ao longo da safra de 2013. Avaliou-se o potencial hídrico das folhas, o teor total de nutrientes em folhas e bagas, amassa de 100 bagase no mosto foram avaliados o teor de sólidos solúveis totais, pH e acidez total titulável. A irrigação, apesar de proporcionar potencial de água menos negativo nas folhas da videira, não afetou o estado nutricional, a composição do mosto e pouco interferiu no teor de nutrientes na baga.

Palavras chave: nutrientes, potencial hídrico, *Vitis vinifera*.

INTRODUÇÃO

Na região Norte da Itália as videiras viníferas (*Vitis vinifera* L.), como a cv. Pinot Nero são submetidas à irrigação, especialmente, durante o crescimento vegetativo e, principalmente, crescimento e amadurecimento das bagas, que acontecem, normalmente entre agosto e setembro, que são meses com baixa precipitação (MARIANI et al., 2012). Porém, nesta região não é suficientemente conhecido o impacto do fornecimento de água no solo sobre o estado nutricional e composição do mosto de videiras, que afeta a qualidade do vinho. Em solos de vinhedos com irrigação se espera que a disponibilidade de água no solo favoreça a absorção adequada de água pelas videiras e isso resulte em maior potencial hídrico na folha em relação às plantas com restrição hídrica no solo (EDWARDS & CLINGELEFFER, 2013). Mas também, maior absorção e transporte de nutrientes, como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) no interior das videiras, que podem ser acumulados, preferencialmente, nos órgãos de maior divisão celular, como as folhas e bagas em crescimento (PORRO et al., 2013). Quando acumulados nas folhas podem ser diagnosticados pela análise foliar (BRUNETTO et al., 2008; PORRO & RAMPONI, 2010). No entanto, caso alguns nutrientes, como o N seja absorvido em elevada quantidade pelas

videiras submetidas à irrigação, espera-se maior crescimento vegetativo e, com isso, parte dos nutrientes residentes nas bagas podem ser redistribuídos para os órgãos em crescimento. Além disso, o aumento da disponibilidade de água no solo, por causa da irrigação, pode aumentar o conteúdo de água no interior da planta, inclusive nas bagas, aumentando o diâmetro e massa, o que promove a diluição de açúcares, estimados pelo teor de sólidos solúveis totais (SST), como também a maior diluição dos ácidos, especialmente o málico, os quais são estimados pela acidez total titulável (CONDE et al., 2007) e ter efeito negativo na concentração de aminoácidos do mosto (HANNAM et al., 2013). O decréscimo de nutrientes na baga e, por consequência, no mosto, como o N e Mg, pode influenciar negativamente a biomassa microbiana e, portanto, a taxa e o tempo de fermentação, bem como os produtos finais gerados do metabolismo microbiano, que determinam sabor e aroma do vinho (BRUNETTO et al., 2006). Mas, por outro lado, o aumento da disponibilidade de água no solo através da irrigação pode estimular a lixiviação de nutrientes no solo, como o nitrato (N-NO_3^-) e, por consequência, a sua disponibilidade diminui, não afetando o crescimento vegetativo nem tampouco o teor de nutrientes nas folhas e bagas, determinantes da fermentação do mosto. O trabalho objetivou avaliar o potencial de água em folhas, o estado nutricional e a composição do mosto, em videiras da cv. Pinot Nero, cultivadas com e sem irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um vinhedo comercial da cv. Pinot Nero 828, enxertada sobre porta-enxerto SO_4 , implantado em 2002, em um solo Litólico (FAO, 1998), em Trento, Norte da Itália (latitude $46^\circ 01' \text{ N}$, longitude $11^\circ 09' \text{ E}$ e altitude de 500 m). A temperatura média anual é de 11 a 13°C , precipitação média de 690 a 1200 mm, sendo, em geral, os meses mais secos julho e agosto. O solo possuía antes da instalação do experimento, 240, 520 e 240 g kg^{-1} de argila, silte e areia, respectivamente; pH em água 7,85; 2,4 g kg^{-1} de N total, 289 mg kg^{-1} de K trocável (extraído por BaCl_2 5 mmol L^{-1}) e 15 mg kg^{-1} de P disponível (extrator por NaHCO_3 0,5N); 13,6 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de Ca (extraído por KCl 1 mol L^{-1}) e 2,1 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de Mg (extraído por KCl 1 mol L^{-1}). Em junho de 2013, foi instalado um experimento em um delineamento experimental blocos ao acaso, com cinco repetições, sendo cada repetição formada por cinco plantas. Os tratamentos foram com (CI) e sem irrigação (SI). Onde houve irrigação, o sistema para o fornecimento da água foi o de gotejamento, usando linhas de irrigação instaladas em subsuperfície. Os gotejadores possuíam espaçamento de 1,25 m entre um e outro, com um fluxo de água de 1,6 L hora^{-1} . A irrigação foi realizada ao longo do mês de agosto de 2013 e iniciou 20 dias antes da mudança da cor das bagas. Nos

dias 05, 08 e 12 de agosto foi realizada a irrigação durante três horas por dia. Nos dias 15, 18, 20 e 22 de agosto a irrigação foi efetuada durante quatro horas por dia. Assim, ao final do experimento, o volume total de água fornecido foi de 22,75 mm por planta. Os dados climáticos do período de junho a outubro são apresentados na Tabela 1.

O potencial hídrico das folhas (ψ) foi mensurado com câmara de pressão, bomba de Scholander (VAN LEEUWEN et al., 2009), durante os meses de julho (dias 03, 18 e 26) e agosto (dias 02, 14, 23 e 28). As leituras foram realizadas em duas folhas completas totalmente expandidas por planta, de dois ramos localizados na parte mediana, em todos os lados da planta. Folhas e bagas foram coletadas em 23 de agosto de 2013, o que coincidiu com a mudança da cor das bagas; 13 de setembro de 2013, três semanas depois da primeira coleta e 04 de outubro de 2013, o que coincidiu com a colheita dos cachos. Cinco folhas foram coletadas na parte mediana de cada ramo, selecionados nos dois lados da planta. As folhas foram secas em estufa com ar forçado a 65°C, moídas e após digestão com HNO₃ foram submetidas as análises do teor total de N, P, Ca, Mg e K por espectrometria de Emissão Atômica por Plasma - ICP (FAILLA et al., 1993). Nas mesmas épocas de coleta das folhas foram coletadas 150 bagas por planta, na parte superior, mediana e inferior de cada cacho. Determinou-se o peso de 100 bagas, usando balança digital e, em seguida, foram amassadas e em parte do mosto, após digestão com HNO₃ em microondas foi determinado o teor total de N, P, Ca, Mg e K, por espectrometria de Emissão Atômica por Plasma - ICP; na segunda parte do mosto foi avaliado os valores de SST, pH e a acidez total titulável. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de comparação de médias Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O potencial hídrico das folhas (ψ) não diferiu estatisticamente nas duas primeiras avaliações, de 03 e 17 de julho, entre as plantas CI e SI (Figura 1). Após o dia 17 de julho até 23 de agosto, o ψ foi mais negativo nas folhas das plantas SI, com o menor ψ , -0,5 MPa no SI e -0,2 MPa no CI. Mas, a partir do dia 28 de agosto, quando aconteceu uma precipitação de, aproximadamente, 20 mm, e possivelmente a umidade do solo aumentou no tratamento SI, os valores de ψ não diferiram estatisticamente entre as folhas das plantas CI e SI. Os valores do ψ mais negativos de 17 de julho até o dia 28 de agosto nas folhas das plantas SI possivelmente foram observados porque nos meses de julho e agosto houve aumento da temperatura média do ar (média de 22,3°C) e diminuição da umidade relativa (69,29 e 62,90 %, respectivamente), que promoveram alto déficit de saturação do ar (8,52 e 10,51 hPa, respectivamente). Além

disso, nos meses de junho, julho e agosto foi verificado uma média relativamente baixa de precipitação pluviométrica (Tabela 1). Isso provavelmente diminuiu a disponibilidade de água no solo (dados não apresentados). A água no solo movimentou-se através de um gradiente osmótico de um ponto de maior para outro de menor concentração; de forma semelhante, através de gradiente osmótico dentro da planta. Assim, a menor disponibilidade de água no solo pode ter determinado menor absorção de água pela planta, fazendo com que o ψ de água na planta também fosse mais negativo (EDWARDS & CLINGELEFFER, 2013).

Os teores totais de K, N, P, Ca e Mg nas folhas completas nos meses de agosto, setembro e outubro, não foram alterados pela irrigação (Tabela 2). Isso pode ter acontecido porque, por exemplo, em agosto, embora o volume de precipitação não tenha sido alto, pode ter sido suficiente para manter a disponibilidade de água no solo SI, o que permitiu o suprimento e a absorção de nutrientes. Da mesma forma, posteriormente mesmo não havendo irrigação, a precipitação de 69 mm no mês de setembro e 127 mm em outubro, distribuídos de forma adequada nos respectivos períodos, provavelmente foram suficientes para manter a umidade do solo em níveis desejados, favorecendo a absorção de nutrientes pelas videiras. Isso é confirmado pelos teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas, nas três épocas de coleta (Tabela 2), que se enquadram na faixa de referência (N de 1,75 a 2,25%; P de 1,75 a 2,25%; K de 1,0 a 1,5%; Ca de 2,4 a 3,2% e Mg de 0,2 a 0,4%) para a região de Trento, Itália (CHEMOLLI et al., 2011).

A irrigação não alterou o teor total de P, K e Mg nas bagas (Tabela 2), o que pode ser explicado pela característica e forma de acúmulo destes nutrientes na planta, especialmente no cacho. Durante o desenvolvimento do cacho, a entrada de água e nutrientes é a principal forma de aumento de volume e crescimento via xilema e floema. Após o estágio de mudança da cor das bagas, quando ocorrer a maturação dos cachos, alguns nutrientes continuam sendo acumulados no cacho, via floema, como é o caso do P, do K e do Mg. Esse é um dos motivos pelo qual o K é o nutriente normalmente observado em maior concentração em cachos no momento da colheita (OSAKABE et al., 2013). Além disso, quando não houve irrigação, o teor de Ca foi maior nas bagas em relação às folhas, e isso pode ter acontecido por que o suprimento de Ca foi suficiente e excedeu a demanda.

Os teores totais de N nas bagas, quando coletadas em agosto e setembro, foram maiores nas plantas onde não houve irrigação. Isso aconteceu possivelmente porque o teor de água disponível no solo e também de formas de N mineral, especialmente, nitrato (N-NO_3^-) foram adequados para suprir a demanda das videiras, mesmo SI. Assim, as formas de N mineral podem ter sido absorvidas e transportadas até as bagas, que ao longo do tempo

aumentaram a massa e, por isso, tornaram-se dreno do nutriente (BRUNETTO et al., 2009). Por outro lado, onde foi feita irrigação nas videiras é possível que a maior disponibilidade de água no solo tenha potencializado a lixiviação de formas de N mineral no solo, especialmente, o N-NO_3^- , já que forma complexo de esfera externa com as partículas reativas do solo. Com isso, ocorre a diminuição da sua disponibilidade e, por consequência, da quantidade absorvida e acumulada em órgãos das videiras, como nas bagas (BRUNETTO et al., 2006).

A irrigação também não alterou a massa de 100 bagas e os valores no mosto de pH, SST e acidez total titulável (Tabela 2). A massa de 100 bagas possivelmente não diferiu com a irrigação porque, ao longo do mês de agosto foi verificada a precipitação de, aproximadamente, 57 mm, que pode ter sido uma quantidade de água suficiente para manter a sua disponibilidade adequada no solo e o suprimento para as plantas (SANTOS & KAYE, 2009). O suficiente suprimento de água para a planta permite taxas adequadas de fotossíntese, síntese de açúcares, promovendo o crescimento e aumento da massa dos cachos. Entretanto, apesar destes benefícios potenciais com a irrigação, não houve incremento na massa de 100 bagas e isso pode ter se refletido na ausência de efeito da irrigação sobre o teor de SST (COSTELLO & PATTERSON, 2012). Normalmente, em bagas menores acontece uma concentração de açúcares que se refletem nos valores de SST, mas quando as bagas são maiores, se observa diminuição da relação polpa/casca, o que causa a diluição dos SST (PILAR et al., 2007). O fato de que pode não ter havido estresse às plantas por falta de água pode justificar a ausência de efeito da irrigação no pH e acidez total titulável (ETCHEBARNE et al., 2010).

CONCLUSÕES

A irrigação, apesar de proporcionar potencial de água menos negativo nas folhas da videira, não afetou o estado nutricional, a composição do mosto e interferiu nos teores de N e Ca na baga.

AGRADECIMENTOS

Ao grupo de Pesquisa “Tree Ecophysiology and Ecosystems” da Libera Università di Bolzano (Bolzano – Itália) e à Vinícola Ferrari (Trento-Itália). À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- BRUNETTO, G. et al. Recuperação e distribuição do nitrogênio fornecido a videiras jovens. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.41, n.8, p.1299-1304, 2006.
- BRUNETTO, G., et al. Produção, composição da uva e teores de nitrogênio na folha e no pecíolo em videiras submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, núm. 9, p. 2622-2625, 2008.
- BRUNETTO, G., et al. Produção e composição química da uva de videiras Cabernet Sauvignon submetidas à adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, núm. 9, p. 2035-2041, 2009.
- COSTELLO, M. J.; PATTERSON, K. Regulated Deficit Irrigation Effect on Yield and Wine Color of Cabernet Sauvignon in Central California. **Hortscience**, v. 47, n. 10, p. 1520-1524, 2012.
- CONDE, C., et al. Biochemical changes throughout grape Berry development and fruit and wine quality. **Food**, v,1, p,1-22, 2007.
- EDWARDS, E. J.; CLINGELEFFER, P. R. Interseasonal effects of regulated deficit irrigation on growth, yield, water use, Berry composition and wine attributes of Cabernet Sauvignon grapevines. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, 19, 261–276, 2013.
- ETCHEBARNE, F., OJEDA, H., HUNTER, J.J. Leaf : Fruit Ratio and Vine Water Status Effects on Grenache Noir (*Vitis vinifera* L .) Berry Composition : Water , Sugar , Organic Acids and Cations. **S. Afr J. Enol. Vitic.** v. 31, p. 106-115, 2010
- FAO (UNESCO) **Soil map of the world: revised legend**, Roma, World Soil Resources Report 608, 1988. 138p.
- FAILLA, O., et al. Determination of leaf standards for Apple trees and grapevines in northern Italy. In: M.A.C. Frago and M.L. Beusichem (eds.), *Optimization of Plant Nutrition*. Kluwers, Netherlands. p.37-41. 1993.
- HANNAM, K. D. The concentration of yeast assimilable nitrogen in Merlot grape juice is increased by N fertilization and reduced irrigation. **Can. J. Plant Sci.** V. 93, 37- 45, 2013. doi:10.4141/CJPS2012-092
- MARIANI, L., PARISI, S. G., FAILLA, O.. Climate change in European effects on thermal resources for crops Intl. J. **Biometeorology**. 2012 doi: 10.1007/s00484- 012-0528-8
- OSAKABE, Y, et al. Osmotic stress responses and plant growth controlled by potassium transporters in Arabidopsis, *The Plant Cell*, 25, p. 609–624, 2013.

- PILAR, B., et al. Water relations between leaf water potential, photosynthesis and agronomic vine response as a tool for establishing thresholds in irrigation scheduling. *Scientia Horticulturae*, v. 114, p. 151–158, 2007. doi: 10.1016/j.scienta.2007.06.012
- PORRO, D.; RAMPONI, M. Nutrition applications of water stress in grapevine and modifications of mechanical properties of berries. *Acta Hort.*, v. 868, p. 73-80, 2010
- PORRO, D., et al. Evaluation of New Rootstocks for Grapevine: Nutritional Aspects. *Acta Hort.*, v. 984, p. 109-116, 2013.
- SANTOS, A. O. & KAYE, OREN D. Composição quali-quantitativa da produção de ‘Syrah’ cultivada sob estresse hídrico transiente. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v. 13, n. 3, p. 272-281, 2009.
- VAN LEEUWEN C, et al. Vinewater status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes. *J Int Sci Vigne Vin*, v. 43, p. 121–34, 2009.
- VENTURA, M., SCANDELLARI, F., BONORA, E. Nutrient release during decomposition of leaf litter in a peach (*Prunus persica* L.) orchard. *Nutr Cycl Agroecosyst*, v 87, p.115-125, 2010. doi 10.1007/s10705-009-9317-0

Tabela 1. Valores médios de precipitação (mm) temperatura (°C), umidade relativa (%) e pressão de vapor d'água no ar (hPa) no período de junho a outubro de 2013.

| Meses | Precipitação (mm) | Temperatura média mensal (°C) | Umidade relativa do ar (%) | Pressão de vapor d'água (hPa) |
|----------|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Junho | 57,2 | 18,85 | 69,34 | 6,98 |
| Julho | 56,1 | 22,58 | 69,29 | 8,52 |
| Agosto | 56,9 | 22,04 | 62,90 | 10,51 |
| Setembro | 68,9 | 17,45 | 77,44 | 4,63 |
| Outubro | 127,7 | 12,54 | 92,65 | 1,06 |

Tabela 2. Teor total de nutrientes em folhas completas e composição de bagas, em videiras cv. Pinot Nero com (CI) e sem (SI) irrigação.

| Coleta | Trat. | N | Ca | P | Mg | K | Massa100 bagas | SST | pH | Acidez total titulável |
|---|-------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
| ----Folhas completas, g kg ⁻¹ MS ----- | | | | | | | | | | |
| Agosto | CI | 25,4 ^{ns} | 34,1 ^{ns} | 2,5 ^{ns} | 5,4 ^{ns} | 10,0 ^{ns} | - | - | - | - |
| | SI | 25,6 | 35,8 | 2,6 | 5,5 | 10,3 | - | - | - | - |
| Setembro | CI | 25,0 ^{ns} | 34,7 ^{ns} | 1,6 ^{ns} | 5,3 ^{ns} | 9,7 ^{ns} | - | - | - | - |
| | SI | 25,1 | 34,6 | 1,6 | 5,5 | 10,9 | - | - | - | - |
| Outubro | CI | 21,6 ^{ns} | 37,9 ^{ns} | 1,5 ^{ns} | 5,5 ^{ns} | 9,7 ^{ns} | - | - | - | - |
| | SI | 21,8 | 36,5 | 1,4 | 5,3 | 9,7 | - | - | - | - |
| -----Bagas, g kg ⁻¹ MS ----- | | | | | | | | | | |
| Agosto | CI | 4,2b ⁽¹⁾ | 1,2b | 0,8 ^{ns} | 0,6 ^{ns} | 13,4 ^{ns} | 88 | 14,0 | | 14,2 |
| | SI | 6,0a | 1,6a | 0,9 | 0,8 | 14,9 | 87 | 13,6 | | 16,2 |
| Setembro | CI | 4,2b | 0,7 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 11,0 ^{ns} | 115 | 18,1 | 3,26 | 7,4 |
| | SI | 4,7a | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 11,8 | 149 | 17,0 | 3,21 | 8,2 |
| Outubro | CI | 4,4 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 0,7 ^{ns} | 0,5 ^{ns} | 10,7 ^{ns} | 161 ^{ns} | 22,8 ^{ns} | 4,02 ^{ns} | 4,0 ^{ns} |
| | SI | 4,4 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 10,8 | 157 | 20,9 | 3,86 | 4,0 |

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p <5%), ^{ns}= não significativo, CI= com irrigação, SI= sem irrigação

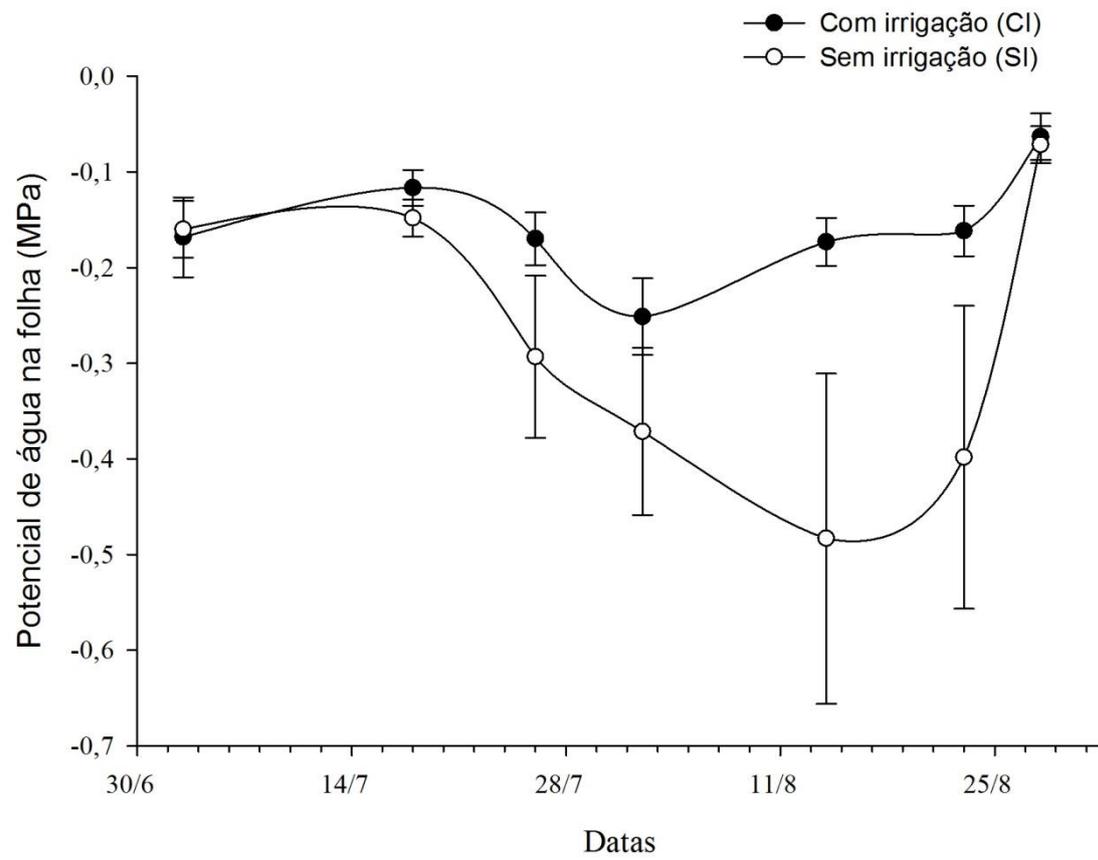


Figura 1: Potencial hídrico em folhas (ψ) de videiras cv. Pinot Nero, com (CI) e sem (SI) irrigação.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Atualmente o preparo do solo para implantação de vinhedos é realizado em área total e com incorporação dos corretivos da acidez e fertilizantes em área total, antes do plantio das videiras jovens (CQFS-RS/SC, 2004). Uma vez implantado o vinhedo, o solo não é mais revolvido, e a reaplicação de fertilizantes ou corretivos deve ser feito em superfície. A aplicação do fertilizante em área total, seguido de incorporação, pode promover um efeito de diluição do nutriente aplicado no solo e, por isso, a ausência de incremento no solo com as doses aplicadas sobre a camada até 10 cm de profundidade (Estudo I). Um dos motivos para a ausência de incremento do K com as doses aplicadas é que esse fertilizante, com a incorporação através do uso grades com um grande potencial de corte das leivas de solo, promoveu uma inversão dessa camada de solo, transportando o fertilizante potássico para um ponto abaixo do local de amostragem. Assim, os teores de K não foram diagnosticados na análise do solo coletado na camada de 0-20 cm. Com isso, pode-se questionar se a forma de incorporação da adubação hoje preconizada para vinhedos nesses solos mais arenosos como é o caso da Campanha Gaúcha são os mais adequados. Especialmente pelo fato que são solos com baixa CTC e, por isso, o K pode rapidamente migrar no perfil. Como o crescimento das raízes mais jovens das videiras transplantadas ocorre especialmente nas camadas superficiais do solo, os nutrientes, como o K, pode ser absorvido em menor quantidade.

Outro importante aspecto a ser considerado para a ausência de incremento do K na camada 0-10 cm é a característica dos solos da Campanha Gaúcha, onde está instalado o experimento. Neste local, tem-se os Argissolos, caracteristicamente arenosos, com baixa agregação, elevada macroporosidade, com teores baixos de MO e também baixa CTC. Fisicamente são solos com instabilidade na sua estrutura, seja pela textura arenosa, mas também pelo baixo acúmulo de material orgânico que proporcionaria agregação, estabilidade ao solo. Em áreas não cultivadas, locais de mata nativa, por exemplo, normalmente os teores de K no solo são mais altos e estáveis ao longo do tempo. Em termos químicos, a CTC, especialmente para o nutriente K é importante, pois grande parte dele está disponível a curto prazo, refazendo o equilíbrio com a solução assim que a planta absorve ou o nutriente é lixiviado. Quando esses solos são revolvidos para o cultivo, acontece que a camada superficial é modificada e incorporada a maiores profundidades, havendo uma modificação do equilíbrio em termos de ciclagem de nutrientes, taxas de acúmulo e decomposição de material orgânico, atividade da biomassa microbiana. Normalmente, a MO se concentra principalmente na camada mais superficial do solo, devido ao fato que o acúmulo ocorre pela deposição de materiais e resíduos vegetais depositados na superfície, num equilíbrio entre os processos de

decomposição e síntese. O revolvimento intenso acelera a taxa de decomposição da MO pois promove aumento da temperatura, umidade e aeração, ruptura de agregados do solo, fraciona os restos vegetais, além de mexer com as galerias da biota do solo. Assim, esta prática altera o equilíbrio obtido ao longo do tempo e o período para que se restabeleça um novo equilíbrio depende da resiliência desses solos. Aliada a essas modificações, o local de coleta do solo para análise na linha ou entrelinha, em vinhedos implantados, tem resultados diferentes pela presença e o manejo dado às plantas de cobertura. A presença de plantas de cobertura podem temporariamente diminuir a disponibilidade de nutrientes para a videira, pela ciclagem que promovem.

Por fim, questiona-se se é possível fazer a adubação na implantação e reaplicar somente quando a planta inicia a produção. Os dados sugerem ser mais adequado aplicar doses menores, através da adubação de implantação num sistema de revolvimento que cause menor impacto no solo, e posteriormente realizar nova aplicação com doses adequadas, anualmente. Aliar a isso, práticas de manutenção ou aumento da MO no solo, o que promove uma ciclagem não só do K mas também de outros nutrientes essenciais para a videira em crescimento. No caso do Estudo I, considerando que os vinhedos possuem um sistema de irrigação, onde o sistema radicular da videira cresce de forma mais concentrada ao redor do ambiente com maior umidade, e onde há possibilidade de fornecer nutriente juntamente com a água, mais ainda a adequação da dose é importante.

Em videiras em produção o K é exportado em grande quantidade pelos cachos na colheita. Desta forma, a reposição no solo do K exportado torna-se imprescindível. A principal cautela que se deve ter nos solos da Campanha do RS para plantas em produção é a dose do fertilizante potássico a ser aplicada. Como são solos com baixa CTC, o uso de adubação potássica acima do recomendado pode ocasionar perdas do nutriente, e normalmente não ocorre impacto direto sobre a produção de uva. Outra prática importante é a manutenção de cobertura nas entrelinhas do vinhedo, como forma de ciclagem de nutrientes. O K é um nutriente importante na manutenção das funções fisiológicas da planta, mesmo que o aumento dos teores no solo não incremente a produção, mas participa ativamente de diversas reações metabólicas na planta. Por outro lado, uma vez absorvido pela videira, o K pode ser distribuído para órgãos da planta que tenham demanda pelo nutriente, e quando em concentrações, podem influenciar negativamente características do mosto.

Mesmo nos Cambisolos na Serra Catarinense, este trabalho (o Estudo II) mostrou a importância da reposição adequada do K, após a planta entrar em produção. Como são solos com maior teor de MO relativamente aos solos da Campanha, possivelmente ocorre uma

importante contribuição na nutrição das videiras do K ligado às cargas da MO do solo e da própria ciclagem de nutrientes que ocorre especialmente na camada superficial do solo. No entanto, o mesmo estudo mostrou que o K não trocável no solo, em momentos que a reposição é inadequada ou insuficiente, contribui para o suprimento do nutriente à planta. Isso é importante, porém leva à modificações e, principalmente, ao esgotamento das formas do K no solo. Considerando solos com um determinado grau de intemperismo, o esgotamento pode ocorrer rapidamente. Normalmente, as alterações das formas de K ou contribuição de outras formas no solo, não são conhecidas quando se faz uma análise do K disponível (extrator Mehlich-1). Os resultados do Estudo II demonstram que embora o K disponível no solo, diagnosticado pelo extrator Mehlich-1, seja a primeira forma de reposição na solução quando o nutriente é absorvido pela planta, outras formas também contribuem significativamente na nutrição da videira. Especialmente formas denominadas não trocáveis (K presente nas entrecamadas dos argilominerais ou K nos minerais primários) contribuem para tais resultados.

A irrigação é uma importante prática usada em vinhedos. Porém, pode influenciar o teor de água nas folhas, diagnosticado através da medição do potencial hídrico, porém não aumentar a produção de uva ou a composição do mosto. Com base no que os resultados do Estudo IV indicam, esta influência da irrigação sobre os parâmetros da produção, bem como a composição do mosto, é dependente da intensidade do déficit hídrico em que a planta está submetida.

PERSPECTIVAS DE ESTUDOS FUTUROS

Os resultados deste trabalho de pesquisa, de uma maneira geral, nos levam a algumas conclusões e ao mesmo tempo indicam que novos estudos poderão e deverão continuar na mesma linha de trabalho. Restaram alguns questionamentos, que podem indicar estudos futuros:

- A forma de incorporação dos fertilizantes potássicos como é realizada hoje na implantação de vinhedos, nos solos arenosos da Campanha Gaucha, é a mais adequada?
- Existe resposta à aplicação de K durante a fase de crescimento da videira? Em plantas joven, qual a dose de fertilizante potássico deve ser aplicada?
- Considerando diversas cultivares, em diferentes solos e teores de K no solo, qual a contribuição de formas não trocáveis de K no solo na nutrição de videira?

REFERENCIAS

- BOONTERM, C,W,et al.Effects of nitrogen, potassium fertilizer, and clusters per vine on yield and anthocyanin content in Cabernet Sauvignon grape.**Suranaree J. Sci. Technol.** 17, 155-163, 2010.
- BRUNETTO, G,; et al. Recuperação e distribuição do nitrogênio fornecido a videiras jovens.**Pesq.Agropec.Brás.**, Brasília, v,41, n,8, p,1299-1304, 2006.
- CONDE, C,et, al.
Biochemical changes through out grape Berry development and fruit and wine quality.**Food**,1, 1-22, 2007.
- ETCHEBARNE, F,, et al. Leaf : Fruit Ratio and VineWater Status Effects on Grenache Noir (*Vitis vinifera* L ,) Beny Composition : Water , Sugar , Organic Acids and Cations.**S. Afr. J. Enol. Vitic.** v, 31, p, 106-115, 2010.
- Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri. **Dados e Informações Biofísicas da Unidade de Planejamento Regional Planalto Sul Catarinense** – UPR 3, Florianópolis,2002, 76 pp
- MELLO, L, R, de. **Atuação do Brasil no mercado vitivinícola mundial** – panorama 2010. Embrapa Uva e Vinho, 2010.
- MELLO, L, R, de. **Vitivinicultura Brasileira: Panorama 2012**. Comunicado Técnico 137, 2013.
- MPELASOKA, B, S, et al.A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation.**Australian Journal of Grape and Wine Researc**,9, 154–168, 2003.

VITA

Marlise Nara Ciotta, filha de Cirilo Ciotta e Dalva Della Giustina Ciotta, nasceu em 08 de outubro de 1975, em Antônio Prado, Rio Grande do Sul.

Cursou o primeiro e o segundo graus de 1983 a 1992 na Escola Estadual de 1º e 2º Graus Dom Frei Cândido Bampi, de Ipê, RS.

Em 1994 ingressou no Curso de Agronomia da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), em Lages, SC. Durante o Curso, foi bolsista no Departamento de Solos, sob a orientação do Professor Dr. Paulo Roberto Ernani. Recebeu o título de Engenheira Agrônoma em 1998.

Realizou o Curso de Mestrado em Ciência do Solo do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo do CAV, de março de 1999 a fevereiro de 2001, sob a orientação do Professor Dr. Cimélio Bayer e co-orientação do Professor Dr. Paulo Roberto Ernani. A Dissertação foi intitulada “Componentes químicos da fase sólida e da solução do solo influenciados por sistemas de preparo e modos de calagem em experimento de longa duração”.

De março de 2001 até agosto de 2002 ministrou disciplinas no curso de agronomia do CAV, na função de Professora colaboradora.

Em setembro de 2002 ingressou na Epagri e em, 2003 na função de Pesquisadora nesta Instituição.

Em março de 2011 iniciou seu Curso de Doutorado em Ciência do Solo no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UFSM, sob orientação do Professor Dr. Carlos Alberto Ceretta. Realizou Estágio (Doutorado “Sandwich”) pelo Programa de Doutorado Sanduiche no Exterior, na Libera Università di Bolzano, em Bolzano, Itália, de outubro de 2013 a fevereiro de 2014, sob a supervisão do Prof. Dr. Massimo Tagliavini.