

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNONOGIA
MESTRADO EM AGRONOMIA**

JULIUS BLUM

**ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO E RESPOSTA DA VIDEIRA 'NIAGARA
ROSADA' À APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA**

**PONTA GROSSA - PR
FEVEREIRO - 2008**

JULIUS BLUM

ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO E RESPOSTA DA VIDEIRA 'NIAGARA
ROSADA' À APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA

Dissertação apresentada à Universidade
Estadual de Ponta Grossa para a obtenção do
título de Mestre em Agronomia – Área de
concentração: Agricultura.

Orientador – Ricardo Antônio Ayub
Co-orientador – Eduardo Fávero Caires

PONTA GROSSA – PR
FEVEREIRO – 2008

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

B658a Blum, Julius
Alterações químicas do solo e resposta da videira 'Niagara
Rosada' à aplicação de gesso agrícola. / Julius Blum. Ponta
Grossa, 2008.
71f.
Dissertação (Mestrado em Agronomia – área de
concentração : Agricultura), Universidade Estadual de Ponta
Grossa.
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antônio Ayub
Co-orientador : Prof. Dr. Eduardo Fávero Caíres.

1. Subsolo ácido. 2. *Vitis labrusca* L. x *Vitis vinifera* L.
3. Magnésio. 4. Relação Ca/Mg. I. Ayub, Ricardo Antônio. II.
Caíres, Eduardo Fávero. III.T.

CDD: 631.4



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

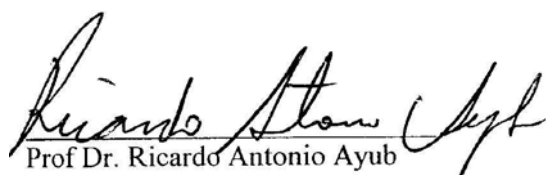
Título da Dissertação:

**“ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO E RESPOSTA DA VIDEIRA NIAGARA
ROSADA À APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA”.**

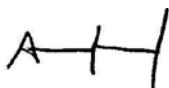
Nome: Julius Blum

Orientador: Ricardo Antonio Ayub

Aprovado pela Comissão Examinadora:



Prof Dr. Ricardo Antonio Ayub



Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca



Dr. Cloti Basso

Data da realização: 19 de fevereiro de 2008

Aos meus avós Emílio e Olga (*in memoriam*)

Pela minha formação humana e profissional.

OFEREÇO

À minha esposa Susana

Pelo amor, compreensão e felicidade em
todos os momentos juntos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Eduardo Caires, pelo meu primeiro contato com o mundo da ciência. Incentivo, colaboração e orientação durante o trabalho de dissertação, e exemplo de competência, seriedade e profissionalismo.

Ao Professor Ricardo Ayub, pelo apoio e orientação no trabalho de dissertação.

Aos demais professores do programa de mestrado em agronomia da Universidade Estadual de Ponta Grossa pelo conhecimento compartilhado e incentivo para seguir em frente.

Ao Marcos e ao Aloízio Fauate pela ajuda nas coletas de campo e trabalhos laboratoriais.

Ao Marcelo Sozim, pelos tratos culturais e condução do pomar e ajuda nos trabalhos de coleta no campo.

Ao Sergio Sozim, por conceder o pomar para a realização do experimento e pela condução e tratos culturais realizados.

À Susana, pela ajuda nos trabalhos laboratoriais e de campo, e principalmente pela compreensão e companheirismo em todos os momentos.

Ao Fernando Garbuio, pela realização das determinações de cálcio e magnésio nas folhas da videira e, principalmente, pela amizade e incentivo.

Aos funcionários do laboratório de fertilidade do solo, principalmente à Verônica pela ajuda oferecida na realização dos trabalhos laboratoriais.

Ao Itacir Feldhaus, pela amizade, incentivo e exemplo de perseverança, dedicação e determinação no alcance de seus objetivos.

A todos os colegas do mestrado, pela amizade, convivência e troca de conhecimentos e experiência durante a realização do curso.

Ao Professor Adriel Ferreira da Fonseca, pelo tempo despendido e por sugestões que ajudaram a enriquecer o trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES/DS, pela concessão de bolsa de estudo.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela oportunidade de formação e pós-graduação na instituição.

A todas as pessoas que de uma forma ou de outra colaboraram para a realização do trabalho.

ALTERAÇÕES QUÍMICAS DO SOLO E RESPOSTA DA VIDEIRA 'NIAGARA ROSADA' À APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA

RESUMO

O gesso agrícola, quando aplicado na superfície do solo, diminui a toxicidade de Al^{3+} e aumenta a disponibilidade de Ca^{2+} e S-SO_4^{2-} no subsolo, melhorando o ambiente para o desenvolvimento das raízes das plantas. Ganhos na produtividade têm ocorrido com o uso do gesso agrícola em culturas anuais e perenes, mas faltam estudos relacionados à aplicação do produto na videira. O estudo objetivou de verificar o efeito do gesso nos atributos químicos do solo e na produção da videira cv. Niagara Rosada em pomar de 8 anos, conduzido em latada, em um Latossolo Vermelho textura argilosa do município de Ponta Grossa (PR). O solo tinha baixa acidez e teores suficientes de nutrientes na camada de 0-20 cm, e concentração superior a $8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Al^{3+} em subsuperfície. Os tratamentos constaram da aplicação de 0, 3, 6, 9 e 12 t ha^{-1} de gesso agrícola na superfície em delineamento experimental de blocos completos ao acaso, com quatro repetições. Após 8 meses da aplicação, o gesso aumentou o pH do solo em profundidades abaixo de 20 cm, que foi acompanhado de diminuição no teor de Al^{3+} trocável. Esses efeitos foram intensificados após 20 meses da aplicação de gesso. As concentrações de Ca^{2+} e S-SO_4^{2-} aumentaram em todo o perfil de solo estudado (0-80 cm). Houve movimentação de Mg^{2+} trocável da camada de 0-20 cm para a camada de 60-80 cm de profundidade após 8 meses da aplicação e das camadas de 0-20 e 20-40 cm para a de 60-80 após 20 meses. A melhoria na disponibilidade de Ca^{2+} e S-SO_4^{2-} e a diminuição do Al^{3+} trocável no subsolo não foi refletida na nutrição das plantas no primeiro ano de avaliação. No segundo ano de avaliação ocorreu diminuição no teor foliar de magnésio em decorrência da lixiviação de Mg^{2+} trocável na camada superficial do solo, com reflexos negativos na produção de uva. As alterações químicas da camada de 0-20 cm de profundidade foram mais bem correlacionadas com a nutrição das plantas. Houve correlação entre a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$, concentração e saturação de magnésio no solo com a concentração foliar de magnésio e a produtividade de uva. O nível crítico de Mg^{2+} no solo (produção relativa de 90%) foi de $42 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ e a porcentagem de Mg^{2+} trocável na CTC a pH 7 foram mais adequados que a concentração isolada do nutriente para o diagnóstico de magnésio no solo. A relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ de 1,9 ou 25% de Mg^{2+} da CTC a pH 7 resultaram em produção relativa de 90%. A relação Ca/Mg também se mostrou mais adequada para o diagnóstico de magnésio na planta, com nível crítico 2 para produção relativa de 90%. A aplicação de gesso agrícola melhorou a qualidade da uva ocasionando aumento de sólidos solúveis na baga.

Palavras chave: *subsolo ácido, Vitis labrusca L. x Vitis vinifera L., magnésio, Relação Ca/Mg.*

CHANGES IN CHEMICAL SOIL ATTRIBUTES AND 'NIAGARA ROSADA' GRAPE RESPONSE TO GYPSUM APPLICATION

ABSTRACT

Gypsum applied on the soil surface reduces subsoil Al^{3+} toxicity and increases the Ca^{2+} and S-SO_4^{2-} levels, promoting better development of plant roots. Gains in productivity has observed with the use of gypsum in annual and perennial crops, but lacking studies regarding to gypsum application on grapevines. The aim of this study was to evaluate the effect of gypsum on soil chemical attributes and the production of the 'Niagara Rosada' grape. A field trial was carried out in a 8 years old orchard, on a dystrophic clayey Rhodic Hapludox at Ponta Grossa, Parana State, Brazil. The soil had low acidity and sufficient nutrient levels in the top soil (0-20 cm), and high concentration of exchangeable Al^{3+} in subsurface. A randomized block design was used and five gypsum rates were surface applied (0, 3, 6, 9 and 12 t ha⁻¹), with four replications. After 8 months of the application, there was an increase in soil pH below 20 cm and decrease in the Al^{3+} content. These effects were intensified after 20 months. Was an increase in Ca^{2+} and S-SO_4^{2-} levels in all soil profile after gypsum application. Movement of Mg^{2+} from the top soil to deeper layers occurred after 8 months, and this effect was intensified after 20 months. The improvement on soil fertility had no effect on grape nutrition in the first year. There was a decrease in leaf magnesium concentration at the second year. Gypsum application had negative effect on fruit production due to leaching of exchangeable Mg^{2+} from the topsoil. Chemical changes at layer 0-20 cm depth were better correlated with the plant nutrition. There was correlation between the $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ ratio, and saturation and concentration of Mg^{2+} in the soil with foliar concentration of magnesium and grape productivity. The critical level of Mg^{2+} in the soil (90% of relative production) was 42 mmol_c dm⁻³. The $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ ratio and the percentage of Mg^{2+} in CEC at pH 7 were more appropriate than just the concentration of Mg^{2+} for the diagnosis of the nutrient in the soil. A $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ ratio of 1.9 and 25% of magnesium in CEC at pH 7 were established for 90% relative production. The Ca/Mg ratio was better to nutritional diagnosis on plants than the magnesium concentration. A 2 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ ratio in leaves was the critical level for 90% relative production. The application of gypsum caused increase in soluble solids in the berries, ameliorating grape quality.

Keywords: acid subsoil, *Vitis labrusca* L. x *Vitis vinifera* L., magnesium, Ca/Mg ratio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Precipitação pluvial média mensal da região de Ponta Grossa (PR) (1954 a 2001), precipitação pluvial mensal e temperaturas médias máximas e mínimas ocorridas durante a realização do experimento (IAPAR, 2007).....	31
Figura 2	Valores de pH, para diferentes profundidades do solo, após 8 (2006) e 20 (2007) meses da aplicação de gesso. ** significativos a $P \leq 0,01$	35
Figura 3	Teores de Al trocável, para diferentes profundidades do solo, após 8 (2006) e 20 (2007) meses da aplicação de gesso. ** significativos a $P \leq 0,01$	36
Figura 4	Teores de H+Al, para diferentes profundidades do solo, após 8 (2006) e 20 (2007) meses da aplicação do gesso. ** significativos a $P \leq 0,01$	37
Figura 5	Teores de Ca trocável, para diferentes profundidades do solo, após 8 (2006) e 20 (2007) meses da aplicação de gesso. ** significativos a $P \leq 0,01$	39
Figura 6	Teores de Mg trocável, para diferentes profundidades do solo, após 8 (2006) e 20 (2007) meses da aplicação de gesso. ** significativo a $P \leq 0,01$	40
Figura 7	Teores de K trocável, para diferentes profundidades do solo, após 8 (2006) e 20 (2007) meses da aplicação de gesso. ** significativos a $P \leq 0,01$	42
Figura 8	Saturação por alumínio, para diferentes profundidades do solo, após 8 (2006) e 20 (2007) meses da aplicação de gesso. ** significativos a $P \leq 0,01$	43
Figura 9	Saturação por bases, para diferentes profundidades do solo, após 8 (2006) e 20 (2007) meses da aplicação de gesso. * e ** significativos a $P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$, respectivamente.	44
Figura 10	Teores de S-SO ₄ ⁻ , para diferentes profundidades do solo, após 8 (2006) e 20 (2007) meses da aplicação do gesso. * e ** significativos a $P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$, respectivamente.	46
Figura 11	Teores de P extraídos com solução de Mehlich-1, para diferentes profundidades do solo, após 8 (2006) e 20 (2007) meses da aplicação de gesso.	47
Figura 12	Produção de uvas de acordo com as doses de gesso agrícola aplicadas, considerando as duas safras avaliadas. *: Significativo a $p \leq 0,05$	52
Figura 13	Relação entre a produção relativa de uvas na safra de 2007, e teor de Mg ²⁺ trocável no solo, considerando as profundidades de 0-20 e 40-60 cm. * e ** significativos a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente.....	54

Figura 14	Relação entre a produção relativa de uvas na safra de 2007, e a relação entre os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis no solo, considerando as profundidades de 0-20 e 40-60 cm. * e ** significativos a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente.....	54
Figura 15	Relação entre produção relativa de uvas na safra de 2007, e porcentagem de Mg^{2+} trocável na CTC a pH 7,0, considerando as profundidades de 0-20 e 40-60 cm. * significativo a $p \leq 0,05$	55
Figura 16	Relação entre a produção relativa de uvas na safra de 2007 e a concentração foliar de magnésio. ** significativo a $p \leq 0,01$	56
Figura 17	Efeito da aplicação de gesso agrícola na relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ no solo (A) e nas folhas (B), e correlação entre a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ no solo e a relação Ca/Mg das folhas da videira (C), no segundo ano de avaliação (2007). ** significativo a $p \leq 0,01$	57
Figura 18	Relação entre produção relativa de uvas na safra de 2007, e relação Ca/Mg nas folhas.....	57
Figura 19	Correlações entre sólidos solúveis da baga e concentração de cálcio no total de cátions nas folhas. **: significativo a $P \leq 0,01$	59
Figura 20	Correlações entre os sólidos solúveis da baga e a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ do solo da profundidade de 0-20 cm (A) e teor de cálcio trocável na profundidade de 40-60 cm (B) e a saturação por alumínio na profundidade de 20-40 cm (C).	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resultados de análises químicas do solo, em diferentes profundidades, antes da instalação do experimento.....	27
Tabela 2	Resultados das análises granulométricas do solo, em diferentes profundidades, antes da instalação do experimento.....	28
Tabela 3	Concentração de nutrientes nas folhas da videira, na época do florescimento, em função dos tratamentos com gesso agrícola nas duas safras amostradas.....	48
Tabela 4	Coeficientes de correlação (r) entre a concentração de Mg nas folhas da uva no ano de 2007 e alguns atributos da fertilidade do solo, considerando a profundidade amostrada.....	50
Tabela 5	Coeficientes de correlação (r) entre a produtividade da videira e alguns atributos da fertilidade do solo no ano de 2007, considerando a profundidade amostrada.....	52
Tabela 6	Componentes da produção e qualidade dos frutos da uva de acordo com as doses de gesso agrícola nas duas safras avaliadas.	59
Tabela 7	Correlação da % de Ca no total de cátions nas folhas da videira com alguns atributos da fertilidade do solo, considerando a profundidade amostrada.....	60

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	PANORAMA NACIONAL DA VITICULTURA	16
2.2	FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DA VIDEIRA.....	17
2.3	CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO	21
2.4	USO DO GESSO NA AGRICULTURA.....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	LOCAL	27
3.2	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DO SOLO.....	27
3.3	HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL	28
3.4	VARIEDADE E PORTA ENXERTO.....	28
3.5	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	29
3.6	TRATOS CULTURAIS	29
3.7	CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	30
3.8	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	31
3.9	DIAGNOSE FOLIAR	32
3.10	PRODUÇÃO E QUALIDADE DOS FRUTOS	32
3.11	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1	ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	34
4.1.1	Acidez ativa (pH).....	34
4.1.2	Alumínio trocável	35
4.1.3	Acidez Potencial.....	37
4.1.4	Cálcio	38
4.1.5	Magnésio	40

4.1.6	Potássio	41
4.1.7	Saturação por Alumínio.....	42
4.1.8	Saturação por Bases.....	43
4.1.9	Sulfato	44
4.1.10	Fósforo	46
4.1.11	Carbono	47
4.2	NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE FRUTOS.....	47
4.3	COMPONENTES DE PRODUÇÃO E QUALIDADE DO FRUTO	58
5	CONCLUSÕES	62
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

1. INTRODUÇÃO

A cultura da videira merece destaque na produção nacional de frutas. Ocupa a terceira colocação em valor de produção e é a fruta *in natura* mais exportada, responsável por um quarto da renda obtida com a exportação de frutas frescas. A produção de uva concentra-se na região Sul do país e no estado de São Paulo. Incrementos na área plantada e na produção de uva têm ocorrido nos últimos anos nos locais tradicionalmente produtores e nos estados da Bahia e de Pernambuco.

Nas principais regiões produtoras de uva é comum a ocorrência de solos com excesso de alumínio e deficiência de cálcio, causando problemas para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. O alumínio trocável, em concentrações elevadas dificulta a divisão celular, tornando as raízes curtas e grossas e a presença de cálcio em contato com o ápice radicular é essencial ao desenvolvimento das raízes, visto que o cálcio não é translocado pelo floema para as regiões de crescimento. A má formação do sistema radicular provoca diminuição do volume de solo explorado pelas plantas, ocasionando problemas na absorção de água e nutrientes, com conseqüências no desenvolvimento e na produção das culturas.

Nos solos tropicais, a calagem é a prática mais comum para fornecer cálcio e corrigir a acidez do solo, com conseqüente precipitação do alumínio na forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$. Para melhor eficiência do calcário, é importante haver contato do produto com o solo, visto que o carbonato de cálcio possui baixa solubilidade em água.

Em determinadas situações, a incorporação profunda do calcário não é possível, restringindo a correção da acidez às camadas superficiais do solo. Por se tratar de uma cultura perene, a incorporação do calcário após a implantação da cultura da uva é impossibilitada porque causa danos ao sistema radicular. A longa vida útil das plantas, superior a 40 anos, favorece a exaustão de nutrientes das camadas mais profundas. Freqüentes adubações nitrogenadas e orgânicas favorecem a acidificação do solo. Esses fatores, somados à má correção do solo no período de implantação e o aproveitamento de terrenos com declives acentuados ou pedregosos, onde a incorporação do calcário é dificultada, tornam freqüente a presença de subsolos ácidos nos vinhedos.

Uma alternativa à incorporação do calcário para o fornecimento de cálcio e diminuição da toxicidade do alumínio em subsuperfície é a aplicação superficial de gesso agrícola. O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) com solubilidade de $2,04 \text{ g L}^{-1}$, é uma fonte de cálcio cerca de 150 vezes mais solúvel que o calcário e existe em abundância por se tratar de um subproduto da produção de fertilizantes fosfatados. No solo, o cálcio ligado ao íon sulfato é móvel, podendo ser transportado para as camadas mais profundas. O sulfato, quando dissociado, pode complexar o alumínio, tornando-o menos tóxico para as plantas. Vários estudos com a aplicação de gesso agrícola foram realizados durante a década de 1980, obtendo-se, muitas vezes, respostas positivas na nutrição e na produção de plantas de várias espécies.

Apesar de o gesso agrícola ter sido bastante estudado nas últimas décadas, ainda existem dúvidas a respeito das condições em que se podem esperar resultados positivos com a sua aplicação e quanto ao método de recomendação do produto. Além disso, são escassos dados sobre o efeito do gesso agrícola na cultura da videira.

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as alterações químicas do solo, a nutrição mineral e a produção de uva, considerando a aplicação de gesso

agrícola na superfície, em vinhedo estabelecido com teores elevados de alumínio trocável nas camadas subsuperficiais do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PANORAMA NACIONAL DA VITICULTURA

Dentre as frutas produzidas no Brasil, a uva é a terceira em valor de produção. A cultura tem um alto valor agregado, sendo que na safra 2005 ocupava uma área de 73.000 ha, equivalente a 0,3% da área ocupada com a soja - cultura agrícola mais importante do país, gerando uma receita de R\$ 1,66 bilhões, o que equivale a 9% da receita gerada pela soja, resultando numa receita cerca de 25 vezes maior por área plantada (IBGE, 2006). O cultivo da videira tem crescido muito nos últimos anos, sendo que somente entre os anos de 1996 a 2005 a produção praticamente dobrou, chegando à 1,26 milhões de toneladas (IBGE, 2006). Somente em 2006, a área de vinhedos no Brasil teve um incremento de 17% em relação ao ano anterior, chegando a 87.792 hectares, porém ainda sem reflexos na produção da fruta (Vencato, 2007).

A produção nacional de uvas está concentrada na região Sul e no estado de São Paulo, onde são produzidas cerca de 80% das uvas do país (Reetz, 2007). Do total produzido, 61,7% são destinadas ao consumo *in natura*, sendo que a Niagara Rosada é o cultivar mais plantado devido sua rusticidade para produção e grande aceitação pelo mercado consumidor, merecendo destaque nas pesquisas realizadas com a cultura.

2.2 FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DA VIDEIRA

A melhoria dos fatores de produção é um requisito básico para o sucesso de qualquer operação agrícola. Dentre esses fatores, a nutrição mineral é de fundamental importância e poderá ser melhorada se houver um maior conhecimento sobre a concentração e a extração dos nutrientes (Giovannini *et al.*, 2001b).

A análise de terra é a principal forma de avaliação da fertilidade do solo realizada por agricultores. Porém, a comparação entre a quantidade de nutrientes disponíveis no solo e os que realmente são absorvidos pela planta é de grande importância para compreender as particularidades nutricionais de cada espécie e fornecimento adequado de nutrientes (Tecchio *et al.*, 2006). Portanto, para o monitoramento nutricional, a análise de terra aliada à diagnose foliar são as mais importantes ferramentas que podem indicar deficiência ou excesso de nutrientes e indicar a melhor forma de corrigi-los (Bataglia & Santos, 2001).

Cuidados devem ser tomados na comparação de níveis críticos estabelecidos, pois podem existir grandes variações nos teores de nutrientes entre variedades, estágio fenológico e condições edafoclimáticas, sem que realmente ocorram deficiências (Christensen, 1984). Exemplo disso pode ser verificado no estudo realizado por Bravesco *et al.* (2000), em que houve grande variação no teor foliar de nutrientes entre variedades de videira crescendo sobre o mesmo porta-enxerto e substrato, sem que houvessem sintomas de deficiência. Além da fertilidade do solo e fatores genéticos, a quantidade de água disponível é um fator que pode ter grande influência sobre a concentração foliar de nutrientes na videira (Falcetti *et al.*, 1995). Outro fator importante é a época de amostragem. Nos estudos realizados por Christensen (1969) e Porro *et al.* (1995) são relatadas grandes variações nos teores de nutrientes dos pecíolos da videira em curtos períodos próximos ao florescimento, e também entre anos de avaliações devido a variações climáticas. Esses estudos

revelaram que, para maior confiabilidade da interpretação da diagnose foliar para a videira, deve-se padronizar a época de coleta e a posição da folha amostrada, e ainda realizarem-se estudos regionais e divisão de grupos de cultivares para o estabelecimento de níveis críticos para cada nutriente, concordando com Morales *et al.* (1993).

O estabelecimento de concentrações ótimas de nutrientes nas folhas para a maioria das culturas é relacionado com a produção máxima. No entanto, na viticultura isso deve ser considerado com reservas porque o rendimento está relacionado com qualidade quando se trata de vinhos para a vinificação. Para uvas de mesa, a relação entre o teor foliar e a produção máxima pode ser mantida, (Fráguas, 1998).

Para a avaliação da fertilidade do solo, normalmente, a camada de 0-20 cm é a mais utilizada, pois diagnósticos realizados nesta profundidade são mais bem correlacionados com a produtividade e a concentração foliar de nutrientes (Tecchio *et al.*, 2006). Esse resultado deve-se à maior concentração de raízes finas na camada superficial (Schreiner, 2005). A melhoria da fertilidade do solo abaixo da camada superficial, no entanto, pode ser de fundamental importância para a nutrição da videira, pois outros estudos demonstraram que mais de 50% do comprimento de raízes são encontradas na camada abaixo de 20 cm (Basso *et al.*, 2002), podendo chegar a 80% abaixo de 15 cm de profundidade, com maior concentração entre 15 e 45 cm (Stevens & Nicholas, 1994). O crescimento de raízes grossas abaixo de 50 cm também é relatado, com importância principalmente na absorção de água pelas plantas (Schreiner, 2005). As variações na profundidade de exploração das raízes ocorrem de acordo com o manejo da irrigação, fertilidade do solo e genótipo (Stevens & Nicholas, 1994). Portanto, a identificação de possíveis limitações químicas ao crescimento radicular justifica avaliações da fertilidade do solo de camadas subsuperficiais.

Em um estudo realizado por Giovannini *et al.* (2001b) no Rio Grande do Sul com o cultivar Cabernet Sauvignon, a extração e exportação de nutrientes pela videira, em kg ha⁻¹, obedece a seguinte ordem respectivamente K(113 e 57), N (84 e 22), Ca (63 e 6), Mg (17 e 2,5), P (10 e 4) e S (8 e 2). Para o cultivar Niagara Rosada, Dechen (1979) encontrou os seguintes valores de extração, em kg ha⁻¹: K(98), N (91), Ca (41), Mg (8), P (28) e S (9). Esses estudos revelam que o potássio e o nitrogênio são os nutrientes exigidos em maiores quantidades pela cultura e que ocorrem diferenças na absorção de nutrientes entre cultivares. Além disso, a exportação de nutrientes pela colheita de cachos, com exceção do potássio, é pequena e pouco contribui para a exaustão de nutrientes no solo em curtos períodos de avaliação.

A videira é uma das plantas mais exigentes com relação ao magnésio, apesar deste não ser um nutriente exigido em grandes quantidades. O fornecimento de magnésio é importante para o desenvolvimento da planta, aumento do número de cachos e produtividade da uva (Májer, 2004; Amiri & Fallahi, 2007). A concentração isolada de um nutriente em análise de solo nem sempre revela sua disponibilidade para as plantas, principalmente com relação ao magnésio. Isso porque a nutrição da planta não está relacionada somente com as concentrações, mas também com a relação de íons do solo (Májer, 2004). Exemplo disso pode ser observado no levantamento nutricional realizado por Regina *et al.* (1998), no qual, apesar de ocorrerem concentrações de cálcio e potássio no solo consideradas adequadas, foram verificadas deficiências destes nutrientes na maioria dos pomares avaliados. A competição pela absorção de nutrientes em solução também foi demonstrada por vários autores. Bergman *et al.* (1960), Wolf *et al.* (1983), Ruhl (1991) e Bogoni *et al.* (1995) associaram a deficiência de magnésio a altos teores de potássio em solução. Bravdo & Hepner (1987) associaram a diminuição da concentração foliar de potássio ao fornecimento de fósforo. Garcia *et al.* (1999) verificaram antagonismo entre a quantidade de cálcio e

potássio na solução e a absorção de magnésio, sendo a restrição ocasionada pela concentração de potássio muito maior que a ocasionada pelo cálcio. Várnai *et al.* (1985) e Garcia *et al.* (1999) associaram a diminuição na concentração foliar de potássio com o fornecimento de cálcio. Embora os teores de cálcio sejam correlacionados negativamente com a concentração foliar de magnésio, a relação cálcio/magnésio trocável revela melhor ajuste com esta variável (Dal Bó *et al.*, 1989), devendo ser mais um parâmetro empregado em estudos de fertilidade do solo.

A absorção competitiva entre íons no solo, principalmente entre potássio e magnésio, pode ainda ser verificada nos levantamentos nutricionais realizados por Dal Bó *et al.* (1989) e Tecchio *et al.* (2006). Nesses estudos foram verificadas correlações positivas entre magnésio no solo e nas folhas, e negativa entre magnésio no solo e potássio nas folhas. Ocorreram ainda correlações negativas entre produtividade e concentração foliar de magnésio, mas esta resposta deve ser considerada como efeito paralelo à depreciação do potássio nas folhas, pois correlação positiva entre concentração de magnésio e produtividade também são verificadas na literatura com teores similares de magnésio na folha (Májer, 2004). Desse modo, o melhor parâmetro de comparação na planta seria a relação K/Mg na folha, que nos trabalhos de Dal Bó *et al.* (1989) e Tecchio *et al.* (2006) tiveram melhores correlações com a produtividade que a concentração isolada dos nutrientes.

Além da concentração e relação entre íons no solo, existem outros fatores que podem influenciar a absorção de nutrientes pelas plantas. O excesso de água pode diminuir a absorção de magnésio (Bogoni *et al.*, 1995). O déficit hídrico em pré colheita pode contribuir positivamente para a qualidade das uvas com aumento dos sólidos solúveis, conforme relatado por Domingos *et al.* (2004).

Outro fator de grande importância para a nutrição da videira é o crescimento radicular, visto que um sistema radicular pouco desenvolvido reduz a absorção de água

e nutrientes e, conseqüentemente, a produtividade e a qualidade dos frutos (Sousa *et al.*, 1993; Fráguas, 1999; Furlani & Berton, 1993). Na presença de excesso de alumínio no solo, o crescimento de raízes das plantas é reduzido e as raízes tornam-se grossas e curtas, devido à redução da divisão celular e do crescimento das células (Malavolta, 1997). As restrições ao crescimento radicular impostas pelo excesso de alumínio são atribuídas à diminuição da mobilidade de auxinas a partir do ápice radicular para as células periféricas, e também pela formação de calosidades nos plasmodesmas, dificultando a absorção de nutrientes pela via simplástica (Kollmeier *et al.* 2000). Na videira, os prejuízos no crescimento das plantas e na absorção de nutrientes causados pelo excesso de alumínio em solução foram relatados por Tecchio *et al.* (2005a, 2005b).

Assim como o excesso de alumínio, a deficiência de cálcio também causa restrição ao desenvolvimento das raízes, pois o cálcio não é translocado da parte aérea para as porções novas das raízes em crescimento. Sem a presença de cálcio não ocorre absorção iônica, além de este garantir a integridade da membrana plasmática, dificultando, desta forma, o crescimento de raízes (Malavolta, 1993).

Subsolos com teores elevados de alumínio e com deficiência de cálcio são freqüentes na cultura da uva (Dal Bó *et al.*, 1989) e apresentam grande limitação ao adequado desenvolvimento de culturas frutíferas, pois grande parte das raízes destas encontram-se abaixo da camada arável (Ernani *et al.* 1993). Deste modo, estudos visando a melhoria de camadas do subsolo podem ser de grande importância para a nutrição da cultura da videira.

2.3 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO

A calagem é a principal prática utilizada para a correção da acidez do solo e neutralização do alumínio. No entanto, para melhor reação e eficiência do calcário, se

faz necessária sua incorporação no solo, tendo em vista a baixa solubilidade do corretivo. Com a aplicação superficial de calcário ocorre a dissipação do Ca e Mg que acompanham o CO_3^- e, sem um par iônico, estes íons não conseguem descer no perfil do solo (Malavolta, 1993). Além disso, a baixa solubilidade do calcário torna a sua ação mais lenta na melhoria das condições químicas do subsolo quando aplicado na superfície de solos argilosos (Caires *et al.* 2000).

Embora existam estudos que demonstram que a calagem superficial pode corrigir a acidez subsuperficial do solo em pomares com manejo de cobertura vegetal (Pavan, 1994, Chaves *et al.* 1984), em várias situações a eficiência da calagem na correção do subsolo é pequena. Em um estudo realizado por Alleoni *et al.* (2005), não foram observadas alterações ocasionadas pela calagem superficial em profundidades superiores a 20 cm, mesmo após 30 meses da aplicação do calcário. Pavan & Bingham (1988) também verificaram que os efeitos da calagem em subsuperfície em pomar de maçã foram pouco visíveis. Caires *et al.* (2003) observaram que alterações no subsolo ocasionadas pela aplicação de calcário na superfície em sistema de plantio direto, em um Latossolo Vermelho textura argilosa, foram lentas e ocorreram em pequena intensidade. A melhoria das condições do perfil do solo pela calagem é prejudicada pela dificuldade de incorporação do calcário devido à topografia, pedregosidade do solo, ou pela destruição parcial do sistema radicular da videira em pomares implantados (Fráguas, 1999), revelando a importância de estudos que visem melhorar a fertilidade de camadas subsuperficiais do solo sem revolvimento.

2.4 USO DO GESSO NA AGRICULTURA

Uma alternativa ao uso do calcário para a melhoria do ambiente radicular para o desenvolvimento de raízes é a aplicação superficial de gesso agrícola (Ernani *et al.* 1993). O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) tem solubilidade de aproximadamente 2,04 g

L^{-1} , cerca de 150 vezes maior que a do calcário (Malavolta, 1993). É um subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados originário do ataque sulfúrico sobre a rocha fosfatada, disponível em grandes quantidades. Apresenta, em sua composição cerca de 32,6% de CaO e 18,6% de S, e contém resíduos de silício (SiO_2), flúor (F) e fósforo (P_2O_5) entre outros (Raij, 1988).

No solo, o cálcio proveniente do $CaSO_4$ desloca os íons dos sítios trocáveis para a solução, ocasionando aumento nas quantidades de metais solúveis (Nogueira & Mozeto, 1990; Ernani *et al.* 2002), e formação de pares iônicos ($AlSO_4^+$, $CaSO_4^0$, $MgSO_4^0$ e $K_2SO_4^0$), que podem ser lixiviados no perfil do solo, redistribuindo Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e $S-SO_4^{2-}$ para as camadas subsuperficiais (Raij, 1988; Malavolta, 1993). A complexação dos íons pelo sulfato vai ser maior quanto maior a valência e o raio iônico hidratado, seguindo a ordem: $Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$ (Raij 1988). Assim a aplicação de gesso pode aumentar as quantidades de cálcio, diminuir os teores de alumínio, e propiciar a movimentação de magnésio e potássio para as camadas do subsolo.

Oates & Caldwell (1985) observaram que a capacidade de lixiviação do alumínio pelo gesso é potencializada pela presença do íon F^- . Este resultado deve-se à formação de pares como AlF^{2+} , AlF_2^+ e AlF_3^0 , com o alumínio do solo e o íon F^- do gesso agrícola, os quais podem ser lixiviados no perfil do solo (Carvalho & Raij, 1997). No entanto, Pavan *et al.* (1984) demonstraram que o alumínio encontrado na água lixiviada de colunas de solo tratadas com $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ era apenas uma pequena fração do alumínio do solo. Dessa forma a diminuição do teor de alumínio trocável do solo devia estar associada com a insolubilização do alumínio por polimerização, e não com sua lixiviação. O estudo realizado por Pavan *et al.* (1982) revelou que a adição de gesso agrícola no solo causou aumento do Al total na solução do solo, devido ao aumento da concentração de cálcio e conseqüente troca com o alumínio no complexo do solo, mas a maior parte deste alumínio estava formando par iônico com o sulfato

(AlSO_4^+), diminuindo a sua atividade, a qual foi mais bem correlacionada com o crescimento de raízes que o alumínio total em solução.

A aplicação de gesso agrícola pode promover o aumento de cargas elétricas negativas pela adsorção específica do íon sulfato no solo, a qual, ao transferir sua carga à superfície adsorvente, gera novos sítios para adsorção de cátions e, conseqüente, abaixamento do ponto de efeito salino nulo (Wadt, 2000).

Outro efeito favorável da aplicação do gesso agrícola que tem sido observado na literatura é um ligeiro aumento no pH de camadas do subsolo (Raij et al, 1994; Caires et al., 1999; Caires et al., 2003). Este efeito tem sido atribuído a uma reação de troca de ligantes, com óxidos hidratados de ferro e alumínio, liberando OH^- que pode neutralizar os íons H^+ em solução (Raij, 1993). No entanto, redução no valor de pH em função da aplicação de gesso agrícola também pode ocorrer pelo deslocamento do Al^{3+} da fase sólida, o qual sofre hidrólise liberando H^+ (Alva et al., 1990; Ernani et al., 2001).

Trabalhos realizados com a aplicação superficial de gesso agrícola demonstram rápida diminuição da toxicidade do alumínio e elevação dos teores de cálcio e enxofre em todo o perfil do solo em culturas anuais (Caires et al, 1998; Caires et al. 2003) e perenes (Pavan e Bingham, 1988; Suzuki et al., 1993; Quaggio et al., 1998). Resultados encontrados por Pavan & Bingham (1988), Galon et al. (1996) e Marques et al. (1999a) revelaram que o aumento da concentração de cálcio e enxofre no solo pela aplicação de gesso agrícola é refletido na absorção desses nutrientes pelas plantas, em cultivos de maçã, feijão e café, respectivamente. No estudo realizado por Marques et al. (1999b), com doses de gesso, a melhoria da nutrição das plantas de café, principalmente com relação ao cálcio, causou aumento de produtividade em sete anos de cultivo. No trabalho realizado por Pavan & Bingham (1988), ocorreram aumentos na densidade de raízes da macieira em subsuperfície com a aplicação de gesso agrícola somente no solo que apresentava níveis tóxicos de

alumínio trocável. Os autores observaram que o aumento da densidade de raízes se relacionou com a diminuição do alumínio.

A melhoria das condições nutricionais ocasionadas pela aplicação de gesso agrícola tem sido relatada por diversos autores em culturas frutíferas. Suzuki *et al.* (1993) verificam diminuição dos sintomas de “bitter pit” devido ao fornecimento de cálcio, visto que esta desordem fisiológica é ocasionada pela deficiência do nutriente na polpa da maçã (Pavan & Bingham, 1988). Em um trabalho realizado na cultura da laranja, em três tipos de solos, foram observados aumentos na produtividade, no teor de sólidos solúveis e concentração de cálcio no suco, diminuição na acidez do suco e aumento de cálcio e fósforo nas folhas, com a aplicação de gesso, em pelo menos um dos solos estudados (Myhre *et al.*, 1990). Em outro experimento realizado com cultura da laranja também observou-se aumento na produção acumulada de quatro safras de laranja devido à aplicação de gesso, porém a baixa intensidade de resposta não justificaria a aplicação do produto (Quaggio *et al.*, 1998). Maior crescimento de parte aérea e raízes e maior absorção de cálcio por plântulas de melão tratadas com gesso agrícola também foram observados (Takasu *et al.*, 2006).

Efeitos indesejáveis da aplicação de gesso também têm sido obtidos, como a redução dos teores de magnésio na superfície do solo, com reflexos sobre a concentração foliar do nutriente (Myhre *et al.*, 1990; Suzuki *et al.* 1993; Oliveira & Pavan, 1996; Caires *et al.* 2003). No entanto, esta redução em solos argilosos é pequena (Carvalho & Raij, 1997) e pode facilmente ser compensada com aplicação combinada de calcário dolomítico (Suzuki *et al.* 1993; Malavolta, 1993; Caires *et al.* 2003).

A duração dos efeitos do gesso nas alterações químicas do solo pode ser variável. Quaggio *et al.* (1998) observaram diminuição superior a $6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de S- SO_4^{2-} em um período de apenas três meses, em um Latossolo Vermelho Escuro que

havia recebido 4 t ha⁻¹ de gesso. Em outros estudos o efeito residual do gesso no aumento de cálcio e de S-SO₄²⁻ e na diminuição do alumínio trocável no solo revelam-se duradouros, tendo sido observados pelo período de 50 meses (Oliveira & Pavan 1996), 55 meses (Caires *et al.*, 2006) e 64 meses (Caires *et al.* 2001). A velocidade da movimentação do S-SO₄²⁻ depende de vários fatores, sendo maior em solos com acidez corrigida e alta concentração de matéria orgânica, devido à ocorrência de carga líquida negativa. Essas situações ocorrem principalmente na camada arável do solo (Camargo e Raij, 1989). O aumento do volume de água percolado no solo também aumenta a movimentação do sulfato. No primeiro ano de avaliação um Latossolo Vermelho Distrófico textura média com acidez, a precipitação de 580 mm movimentou praticamente todo o sulfato aplicado pela adição de 1067 kg de gesso agrícola para profundidades superiores a 40 cm. No segundo ano de avaliação o mesmo não ocorreu com precipitação de aproximadamente 400 mm no mesmo período de tempo (Nogueira & Melo, 2003).

Além das alterações químicas, a aplicação de gesso agrícola pode proporcionar alterações físicas no solo que podem ser benéficas ao desenvolvimento das plantas. O cálcio pode promover melhor agregação das partículas do solo aumentando a porosidade, infiltração e acúmulo de água no solo, e diminuindo a resistência à penetração e, conseqüentemente, diminui a perda de solo por erosão (Hamza e Anderson, 2003; Cochrane *et al.*, 2005).

Apesar do uso de gesso agrícola ter sido bastante estudado nas últimas décadas, ainda são escassos estudos a respeito do comportamento da cultura da videira ao fornecimento de cálcio e enxofre, e à diminuição da concentração de alumínio trocável no subsolo, proporcionados pelo uso de gesso.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL

O experimento foi realizado na Chácara Sozim, no município de Ponta Grossa, PR, (latitude 25° 09' 08" S; longitude 50° 10' 45" W; altitude 832 m; relevo suave ondulado).

3.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DO SOLO

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico textura argilosa. Os resultados de análises químicas do solo realizadas antes da instalação do experimento, de acordo com os métodos descritos por Pavan *et al.* (1992), estão apresentados na tabela 1, e os resultados de análises granulométricas realizadas segundo os métodos descritos em EMBRAPA (1997), são apresentados na tabela 2.

Tabela 1 Resultados de análises químicas do solo, em diferentes profundidades, antes da instalação do experimento.

Profun- didade	pH CaCl ₂	H + Al	Al	Ca	Mg	K	CTC a pH 7	P (Mehlich ¹)	C	V ¹	m ²
cm		-----mmolc dm ⁻³ -----						mg dm ⁻³	g dm ⁻³	-----%-----	
0-20	5,6	50	0	73	44	5,1	172	15,8	32	71,1	0,0
20-40	4,8	90	8	39	21	2,3	152	4,5	32	40,9	11,4
40-60	4,5	113	20	22	17	1,3	153	1,8	27	26,4	33,2
60-80	4,5	105	22	19	11	1,2	136	1,2	19	23,0	41,4

¹V = saturação por bases, ²m = saturação por alumínio.

Na camada superficial solo (0-20 cm) não havia presença de Al^{3+} trocável e os teores dos nutrientes eram considerados adequados ao desenvolvimento das plantas. Abaixo da camada de 0-20 cm, a concentração de Al^{3+} trocável era $\geq 8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, considerada tóxica para as plantas, justificando o estudo com gesso agrícola.

Tabela 2 Resultados das análises granulométricas do solo, em diferentes profundidades, antes da instalação do experimento.

Profundidade	Areia	Silte	Argila
cm	-----g kg ⁻¹ -----		
0-20	191	169	640
20-40	194	146	660
40-60	167	153	680
60-80	160	140	700

3.3 HISTÓRICO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A cultura da videira foi instalada no ano de 1998. Anteriormente, a área foi utilizada para o cultivo de plantas anuais por mais de 10 anos. A calagem foi realizada na implantação do vinhedo e em 2004, com a aplicação de 6 t ha^{-1} de calcário dolomítico com o objetivo de elevar a saturação por bases da camada de 0-20 cm de profundidade para 80%.

As adubações foram realizadas de acordo com a necessidade da cultura no início da brotação, formação dos frutos e pós colheita. As fontes utilizadas de N, P, K e S foram uréia, sulfato de amônio, superfosfato simples, superfosfato triplo e cloreto de potássio.

3.4 VARIEDADE E PORTA ENXERTO

O cultivar de uva selecionado para a realização do experimento foi o Niagara Rosada (*Vitis labrusca* L. x *Vitis vinifera* L.). Na região de Ponta grossa (PR), a brotação do cultivar ocorre no início do mês de setembro e a colheita durante o mês de

janeiro e início de fevereiro. Possui vigor médio, é tolerante a pragas e doenças, com exceção da antracnose, e é muito produtiva (Alabama *et al.*, 1969, Pommer *et al.*, 2003).

O porta enxerto utilizado foi o 420 A (*berlandieri x riparia*), sensível à acidez do solo (Fráguas *et al.*, 1989). Este porta enxerto confere vigor moderado à copa, possui alguma dificuldade de enraizamento, apresenta resistência à filoxera e nematóides e tem afinidade com importantes variedades copa (Dzazio, 2002). Confere ainda encurtamento do ciclo para o cultivar Niagara Rosada (Alvarenga *et al.*, 2002), possibilitando a colheita dos frutos em épocas de menor oferta.

3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

A distribuição das parcelas no campo obedeceu ao delineamento experimental de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constaram da aplicação das doses de 0, 3, 6, 9 e 12 t ha⁻¹ de gesso agrícola na superfície do solo em julho de 2005. Foram realizadas avaliações durante a safra de 2006 e 2007. A unidade experimental foi constituída por 15 plantas, espaçadas de 3 x 1,5 m, perfazendo uma área de 67,5 m². A área útil da parcela foi composta pelas três plantas centrais.

3.6 TRATOS CULTURAIS

O sistema de produção de uvas consistiu da condução em latada, com poda longa. A poda no período de realização do experimento foi na primeira quinzena do mês de setembro, padronizada de modo que cada planta permanecesse com quatro ramos de aproximadamente oito gemas produtivas.

No final do mês de setembro dos anos de 2005 e 2006 foi realizada a aplicação de 300 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio. A adoção desta fonte de nitrogênio foi com o

objetivo de fornecer enxofre suficiente para a cultura, procurando isolar o efeito do gesso agrícola do fornecimento de S às plantas.

O manejo de plantas daninhas foi realizado no início da brotação e após a colheita, com roçada mecânica na entrelinha e controle químico com o herbicida glifosato em uma faixa de um metro de largura ao longo da linha.

O controle de doenças e insetos foi feito de acordo com a necessidade da cultura ao longo do período de produção.

3.7 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

A classificação climática da região de Ponta Grossa (P), segundo Köppen é de clima temperado, úmido, com verão temperado (Cfb). A precipitação pluvial média anual é de 1554 mm distribuídos em todos os meses do ano, mas com menor intensidade durante os meses de abril a agosto. A temperatura média anual é de 17,8 °C, com média da temperatura mínima de 13,3 °C e média da temperatura máxima de 24,1 °C e maiores probabilidades de ocorrência de geadas nos meses de abril a agosto (IAPAR, 2007).

Durante primeiro período vegetativo da cultura após a aplicação dos tratamentos ocorreram chuvas muito acima da média normal durante os meses de setembro e outubro, coincidindo com o brotamento e florescimento da cultura, seguido de um déficit hídrico nos meses de dezembro e janeiro, durante o final do desenvolvimento das bagas, o que ocasionou abortamento e posterior mau desenvolvimento das bagas, resultando em queda acentuada na produtividade. Nos meses de abril a junho do ano de 2006, no início do período de dormência das plantas, ocorreram chuvas muito abaixo da média normal e, durante o segundo período vegetativo avaliado, as condições climáticas foram adequadas para o desenvolvimento da cultura (Figura 1).

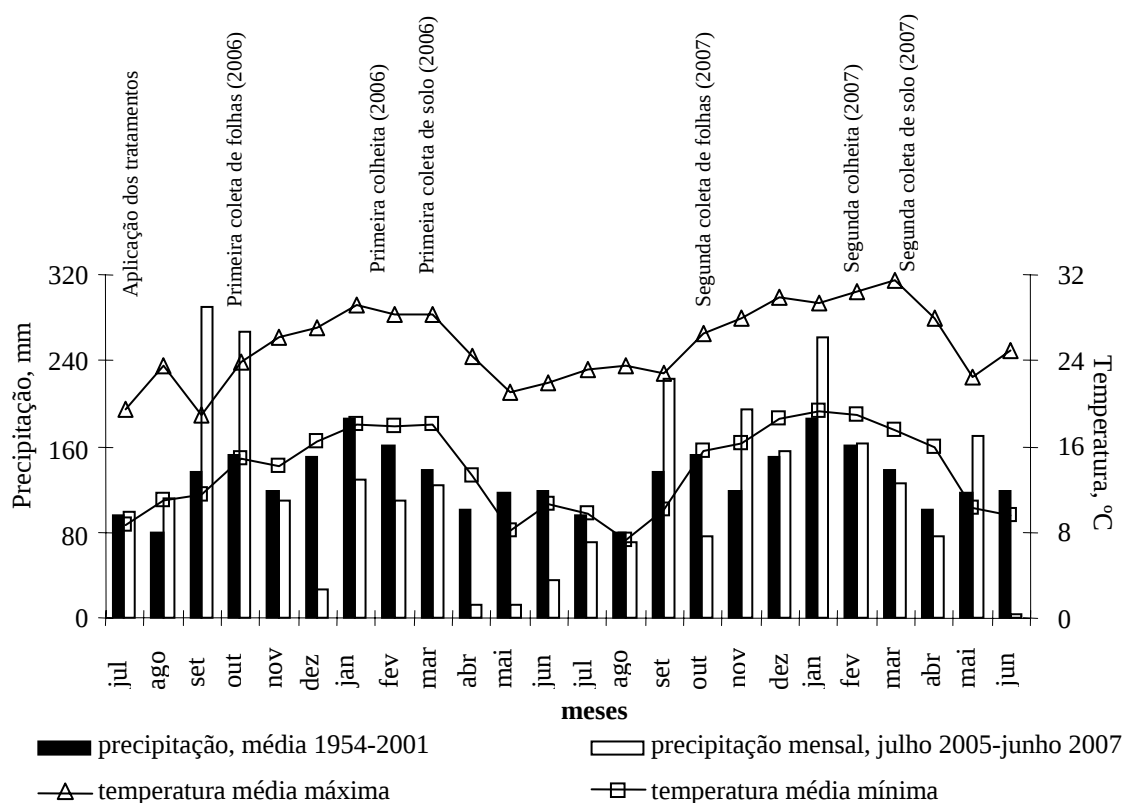


Figura 1 Precipitação pluvial média mensal da região de Ponta Grossa (PR) (1954 a 2001), precipitação pluvial mensal e temperaturas médias máximas e mínimas ocorridas durante a realização do experimento (IAPAR, 2007).

3.8 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

As amostragens do solo foram realizadas no mês de março dos anos de 2006 e 2007, respectivamente aos 8 e 20 meses após a aplicação de gesso. Foram retiradas amostras até a profundidade de 80 cm, estratificada em quatro camadas (0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm). Na camada de 0-20 cm, o solo foi amostrado por meio de trado calador, coletando-se 12 pontos por parcela para a formação de uma amostra composta. Nas demais camadas, a amostragem foi realizada por meio de trado holandês, tomando-se quatro pontos para a formação de uma amostra composta. A amostra composta foi constituída por pontos retirados da linha e entrelinha da cultura. A terra foi seca em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 40 °C, moída e peneirada em peneira com malha de 2 mm. Foram determinados: pH (em CaCl_2 0,01

mol L⁻¹); H+Al pelo método tampão SMP, Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ (extração por KCl), K e P (extração por Mehlich-1), C-orgânico pelo método de Walkley-Black, e S-SO₄²⁻ pela extração por acetato de amônio em ácido acético (Vitti & Suzuki, 1978).

3.9 DIAGNOSE FOLIAR

A coleta das folhas foi realizada em dois períodos vegetativos subseqüentes à aplicação de gesso, na época do florescimento da cultura. As coletas foram feitas na primeira quinzena do mês de outubro de 2005 e 2006, três e quinze meses após as doses de gesso terem sido aplicadas, respectivamente. A coleta, o preparo das amostras e as determinações dos nutrientes nas folhas foram realizados de acordo com os métodos descrito em Malavolta *et al.* (1997). Foram coletadas folhas mais pecíolos, opostos ao último cacho do ramo, em um total de vinte folhas por parcela. As folhas foram lavadas em água deionizada, secas em estufa à temperatura de 60 °C até atingirem massa constante. Posteriormente foram trituradas em moinho com peneira de 0,45 mm para a determinação dos teores de nutrientes. As análises de Ca, Mg, K, P e S foram realizadas por meio de digestão nítrico-perclórica e a determinação por espectrofotometria de absorção atômica para Ca e Mg, por turbidimetria do sulfato de bário para S, colorimetria do metavanadato para P e fotometria de emissão de chama para K. A análise de N foi realizada por meio de digestão sulfúrica com posterior destilação em aparelho Kjeldahl e titulação com ácido sulfúrico (Malavolta *et al.*, 1997).

3.10 PRODUÇÃO E QUALIDADE DOS FRUTOS

A produção de uvas foi avaliada nas duas safras subseqüentes à aplicação de gesso, coletando-se todos os cachos da área útil de cada parcela, de acordo com o amadurecimento durante os meses de janeiro e fevereiro dos anos de 2006 e 2007. Foi determinado o número total de cachos por planta e produção de uvas por parcela (kg).

O peso fresco e seco de bagas (g) e o teor de sólidos solúveis (°Brix) foram determinados a partir de uma amostra de 50 bagas por parcela. Calcularam-se a produtividade (kg ha^{-1}), o peso de cachos e a porcentagem de massa seca nas bagas.

3.11 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi de blocos completos ao acaso com 5 tratamentos e 4 repetições. Os resultados de cada ano foram submetidos a análise de regressão polinomial em função das doses de gesso. Para as variáveis que apresentaram influência da aplicação do gesso agrícola, foram realizadas análises de correlações (Pearson) entre os resultados de atributos químicos do solo, teores de nutrientes nas folhas da videira e os componentes da produção e da qualidade dos frutos. Foram consideradas significativas as regressões e correlações com probabilidade de erro menor ou igual a 5 %. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa de computador SAEG, descrito em Ribeiro Júnior (2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

4.1.1 Acidez ativa (pH)

Os valores de pH aumentaram linearmente nas profundidades de 20-40 e 40-60 cm após 8 meses da aplicação do gesso agrícola (Figura 2). Embora de pequena magnitude (cerca de 0,02 unidades por tonelada de gesso agrícola aplicada) este efeito foi significativo a 1% de probabilidade e consistente, tendo em vista que após 20 meses da aplicação o aumento de pH foi intensificado e ocorreu alteração também na profundidade de 60-80 cm. O aumento do pH em subsuperfície pela aplicação do gesso tem sido relatado freqüentemente na literatura (Quaggio et al, 1993; Caires *et al.* 2003), sendo atribuído a uma reação de troca de ligantes, onde o ferro ou o alumínio dos óxidos hidratados são complexados pelo SO_4^{2-} e ocorre a liberação de OH^- e neutralização parcial da acidez ativa.

Embora o solo deste estudo apresente teores tóxicos de Al^{3+} em subsuperfície, o qual poderia ser deslocado da fase sólida e hidrolizado, liberando H^+ para solução e causando diminuição do pH (Alva *et al.*, 1990), esse efeito não deve ter ocorrido porque o pH foi determinado em CaCl_2 , mantendo o efeito do sal constante na hidrólise do alumínio (Carvalho & Raij, 1997).

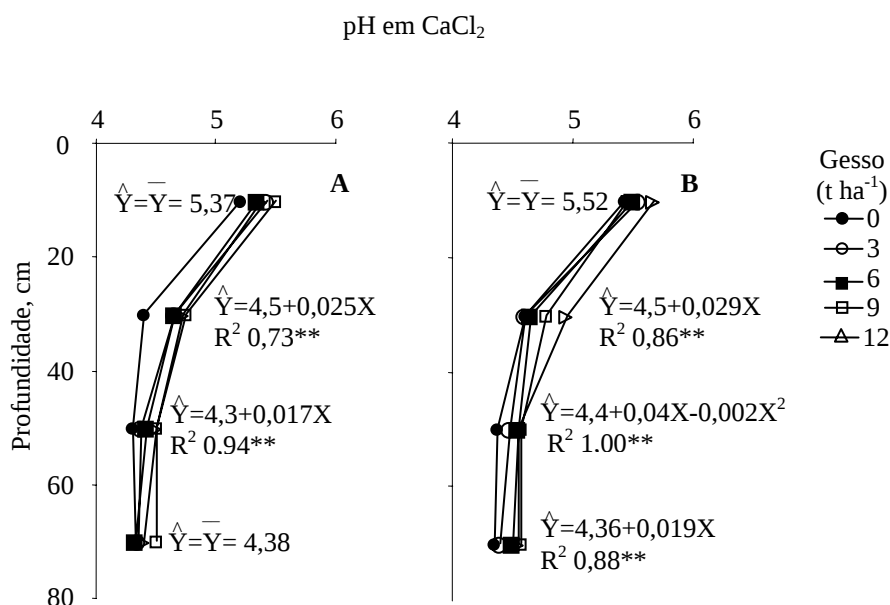


Figura 2 Valores de pH, para diferentes profundidades do solo, após 8 (A) e 20 (B) meses da aplicação de gesso. ** significativos a $P \leq 0,01$.

4.1.2 Alumínio trocável

A camada superficial do solo (0-20 cm) permaneceu com as condições de acidez semelhantes às do início do experimento, com ausência de Al^{3+} trocável após 8 e 20 meses da aplicação do gesso agrícola (Figura 3). Na profundidade de 20-40 cm ocorreu diminuição do teor de Al^{3+} trocável de $0,76 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ por tonelada de gesso agrícola após 8 meses da aplicação e com efeito semelhante após 20 meses, alcançando o objetivo de amenizar a toxidez de alumínio na subsuperfície. Não houve alteração na concentração de Al^{3+} trocável nas profundidades de 40-60 e 60-80 cm após 8 meses da aplicação de gesso agrícola, mas houve diminuição da ordem de $0,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Al^{3+} trocável por tonelada do gesso aplicado em ambas as camadas do solo, 20 meses após a aplicação.

Rápida diminuição da concentração de Al^{3+} trocável por meio da aplicação de gesso agrícola também foi constatada por Pavan & Bingham (1988) e por Caires *et al.* (1998). Esse efeito deve-se à precipitação do alumínio livre com o sulfato que se apresenta em altas concentrações na solução do solo devido à sua baixa adsorção em

função da predominância de cargas elétricas negativas e matéria orgânica, inclusive, em profundidade. A concentração do alumínio livre na solução ocorre em função do deslocamento do alumínio para a solução do solo devido à saturação com cálcio no meio (Wadt, 2000). A formação do par iônico AlSO_4^+ é comprovada na literatura, visto que este complexo pode ser encontrado no extrato de saturação do solo após a aplicação de gesso agrícola (Pavan *et al.* 1982; Pavan & Bingham, 1988). No entanto, a diminuição do alumínio trocável pode ainda ser atribuída à lixiviação de pares formados entre o alumínio livre na solução e o íon F^- proveniente do gesso agrícola (Carvalho & Raij, 1997).

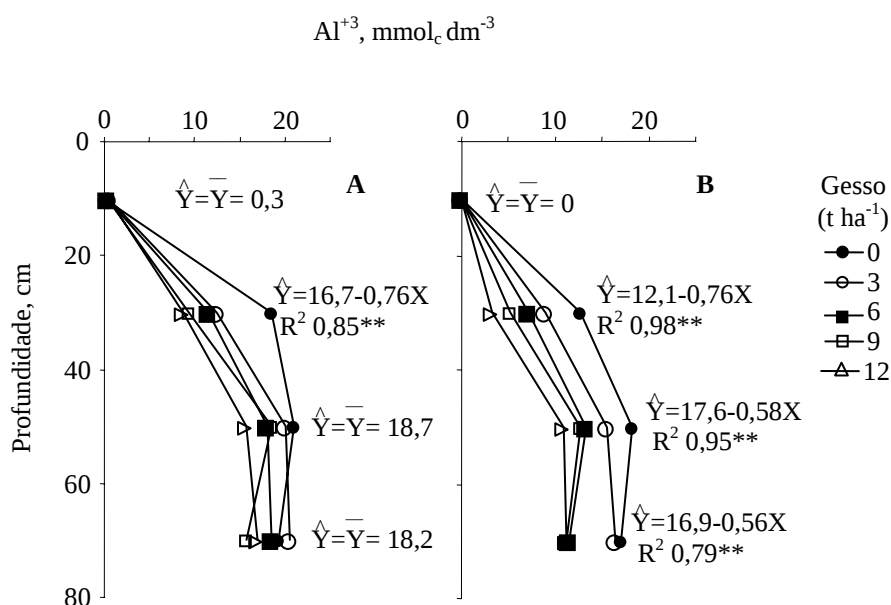


Figura 3 Teores de Al trocável, para diferentes profundidades do solo, após 8 (A) e 20 (B) meses da aplicação de gesso. ** significativos a $P \leq 0,01$.

Apesar do efeito do gesso agrícola permanecer constante na camada de 20-40 cm entre a primeira e segunda amostragem, ocorreu diminuição da ordem de 4,6 mmolc dm⁻³ de Al^{3+} trocável, independentemente das doses de gesso (Figura 3). É provável que essa diminuição do alumínio deva-se à calagem realizada na superfície do solo aproximadamente um ano antes da aplicação do gesso agrícola. Em algumas situações é relatada eficiência da calagem no aumento do cálcio e diminuição do

alumínio em pomares com manejo de cobertura vegetal (Chaves *et al.* 1984; Pavan, 1994). Essa reação do calcário nas camadas subsuperficiais pode ser atribuída à movimentação física das partículas do corretivo por canais de raízes mantidos intactos devido ao não revolvimento do solo (Pavan, 1994), ou à formação de complexos organometálicos sugerida por Franchini *et al.* (1999).

4.1.3 Acidez Potencial

Na camada de 0-20 cm de profundidade não ocorreram variações na concentração de H+Al em função da aplicação de gesso agrícola em nenhuma época de amostragem (Figura 4). Após 8 meses da aplicação, a concentração de H+Al foi diminuída nas camadas de 20-40 e 60-80 cm. Após 20 meses, a diminuição de H+Al nestas camadas foi intensificada e ocorreu ainda redução de H+Al na camada de 60-80 cm de profundidade.

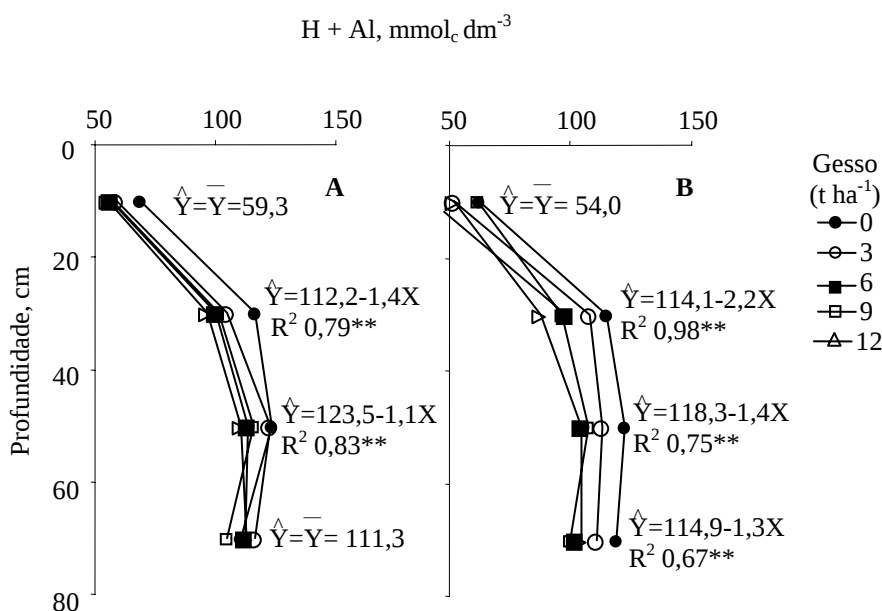


Figura 4 Teores de H+Al, para diferentes profundidades do solo, após 8 (A) e 20 (B) meses da aplicação do gesso. ** significativos a $P \leq 0,01$.

A diminuição da concentração de H+Al no solo é a soma do efeito do gesso sobre a concentração de alumínio e hidrogênio, devendo-se, em parte, à complexação

do alumínio pelo sulfato e, em parte, à reação de troca de ligantes com o sulfato liberando OH^- da superfície de óxidos hidratados de ferro e alumínio, que pode neutralizar os íons H^+ em solução.

4.1.4 Cálcio

Após 8 meses da aplicação do gesso agrícola ocorreu aumento nos teores de Ca^{2+} trocável até 60 cm de profundidade, com alterações mais pronunciadas nas camadas de 0-20 e 20-40 cm (Figura 5). Após 20 meses, o efeito do gesso agrícola no aumento de Ca^{2+} trocável da camada superficial do solo foi menor que na avaliação anterior e as alterações na concentração do nutriente no solo estenderam-se até a profundidade de 80 cm, evidenciando a movimentação do Ca^{2+} trocável para as camadas mais profundas do solo. Resultados semelhantes também foram obtidos por Caires *et al.* (2003) em um solo com textura similar. Rápida movimentação de cálcio para as camadas mais profundas de um Latossolo Vermelho Escuro também foi observada por Quaggio *et al.* (1993), mas, após 18 meses da aplicação, este efeito havia praticamente desaparecido. O aumento na concentração de cálcio e de sulfato em solução por meio da aplicação de gesso (Ernani *et al.*, 2002) favorecem a formação do par iônico CaSO_4^0 de carga neutra que apresenta mobilidade facilitada no perfil, ocasionando lixiviação (Pavan *et al.*, 1984).

Em uma tonelada de gesso agrícola tem-se, teoricamente, 11,6 Kmol_c de Ca considerando-se 100% de pureza. Para cada tonelada de gesso agrícola aplicada foram recuperados 10,6 Kmol_c de Ca na camada de 0 a 80 cm no segundo ano de avaliação. Isto mostra que após 20 meses da aplicação do gesso praticamente não houve movimentação de cálcio para profundidades maiores que 80 cm e que a retenção do cálcio neste tipo de solo é bem maior que no Latossolo Vermelho Escuro distrófico textura média, estudado por Caires *et al.* (1998). Nesse estudo

aproximadamente 40% do cálcio aplicado havia lixiviado para camadas maiores que 80 cm após 24 meses da aplicação do gesso agrícola.

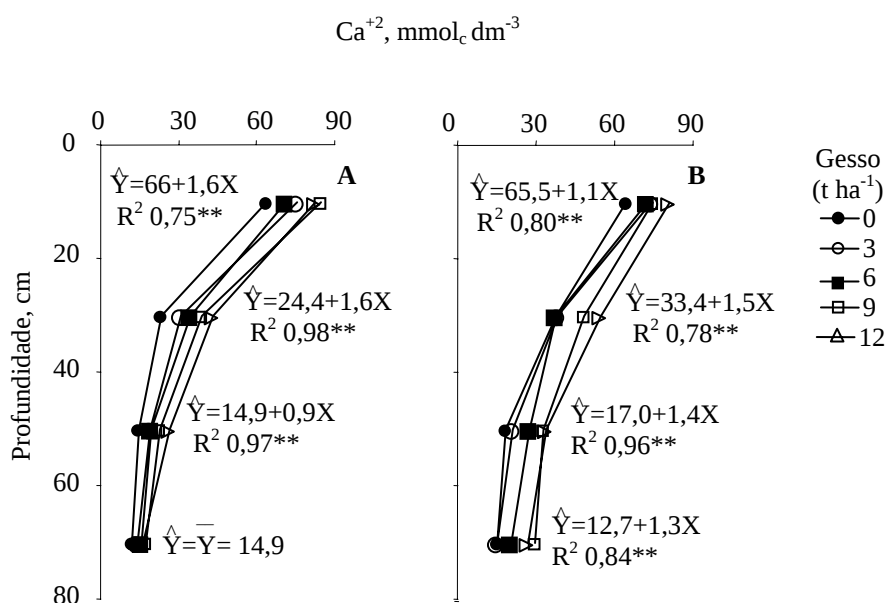


Figura 5 Teores de Ca trocável, para diferentes profundidades do solo, após 8 (A) e 20 (B) meses da aplicação de gesso. ** significativos a $P \leq 0,01$.

Em um estudo realizado com o cultivar Niagara Rosada, a extração total de cálcio foi de 41 kg ha^{-1} (Dechen, 1979) e com o cultivar Cabernet Sauvignon foi de $63,5 \text{ kg ha}^{-1}$, equivalente a $3,2 \text{ Kmol}_c$ do nutriente, dos quais aproximadamente $2,9 \text{ Kmol}_c$ retornam para o solo (Giovannini *et al.*, 2001). Como a quantidade retirada pelos frutos e cachos é pequena ($0,04 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$ até 80 cm de profundidade), a exportação de cálcio deve ter pequena influência na quantidade trocável do elemento no solo, visto que em ambas as épocas de coleta a planta estava no mesmo estágio fenológico.

No tratamento testemunha ocorreu aumento nos teores de Ca^{2+} entre a primeira e segunda época de avaliação, da ordem de $9 \text{ mmol}_c \text{dm}^{-3}$ para a camada de 20-40. Essa alteração provavelmente ocorreu pela ação da calagem realizada anteriormente à aplicação de gesso.

4.1.5 Magnésio

Na amostragem realizada aos 8 meses após a aplicação de gesso constatou-se que, a concentração de Mg^{2+} trocável diminuiu linearmente em $0,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ por tonelada de gesso na camada superficial do solo (0-20 cm), e que todo o Mg^{2+} retirado desta camada foi recuperado na camada de 40-60 cm (Figura 6). A lixiviação de magnésio ocorre proporcionalmente à dose aplicada de gesso agrícola e é um resultado frequentemente observado na literatura em solos com diferentes granulometrias (Oates & Caldwell, 1985; Quaggio *et al.* 1993; Raji *et al.* 1994; Oliveira & Pavan, 1996), porém em menor intensidade em solos argilosos (Caires *et al.*, 2003). A mobilidade do par iônico formado entre o Mg^{2+} e o ânion sulfato liberado da dissolução do gesso agrícola pode ser citada como a principal causa da lixiviação (Zambrozi *et al.*, 2007). A formação do par iônico é favorecida pelo aumento da concentração do magnésio na solução devido ao seu deslocamento da fase sólida, ocasionada pela saturação do meio com cálcio, visto que a energia de ligação do magnésio com a fase sólida é relativamente menor que a do cálcio (Ernani *et al.*, 2002).

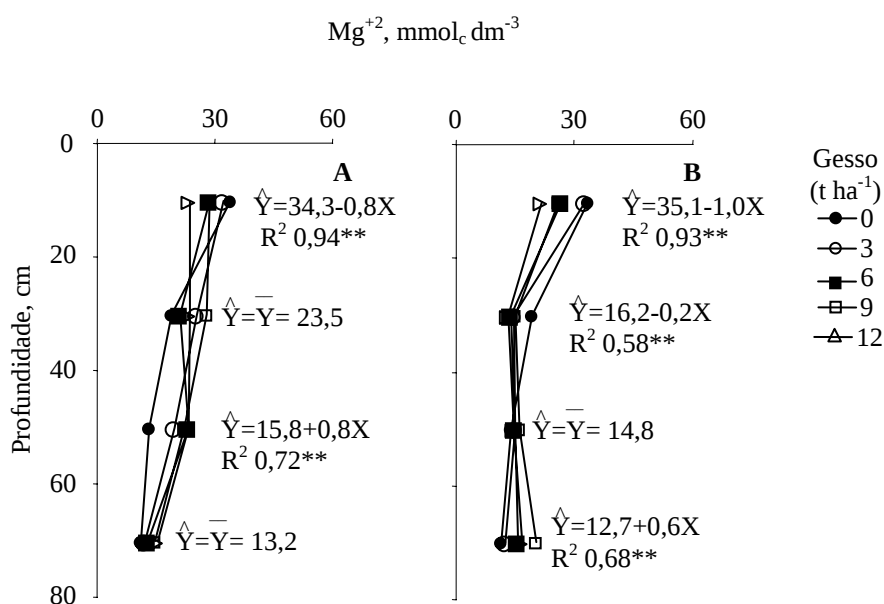


Figura 6 Teores de Mg trocável, para diferentes profundidades do solo, após 8 (A) e 20 (B) meses da aplicação de gesso. ** significativo a $P \leq 0,01$.

Aos 20 meses da aplicação do gesso agrícola, as perdas de Mg^{2+} da camada superficial foram intensificadas e houve lixiviação do nutriente também na camada de 20-40 cm (figura 6), concordando com os resultados obtidos por Caires *et al.* (1998; 2003). O total de Mg^{2+} removido das camadas superiores do solo nesse período foi de 2,4 $Kmol_c$ por tonelada de gesso. No entanto, na camada de 60-80 cm, foi possível recuperar apenas 1,2 $Kmol_c$ por tonelada de gesso, demonstrando lixiviação do nutriente para profundidades maiores que 80 cm.

A extração de Mg pela videira é baixa. Valores de extração calculados para o cultivar Cabernet Sauvignon (Giovannini *et al.*, 2001) e Niágara Rosada (Dechen, 1979) revelaram que apenas 17 e 8 $kg\ ha^{-1}$ de magnésio são extraídos, dos quais apenas 2,5 kg são exportados (Giovannini *et al.*, 2001). Portanto, a exportação do nutriente de aproximadamente 153 mol_c (0,02 $mol_c\ dm^{-3}$ para a camada de 0-80 cm) pouco deve ter contribuído para a diminuição da quantidade do magnésio trocável no solo, tanto que não houve alteração no teor de magnésio trocável do solo entre as épocas de amostragem.

Apesar de ter ocorrido intensa lixiviação de Mg do solo com as doses de gesso aplicadas, o teor do nutriente na camada superficial permaneceu em torno de 23 $mmol_c\ dm^{-3}$, mesmo na dose mais elevada de gesso agrícola (12 $t\ ha^{-1}$). Esse valor é considerado adequado para o desenvolvimento das plantas de videira de acordo com as faixas de concentração contidas em Terra (2003).

4.1.6 Potássio

Oito meses após a aplicação do gesso agrícola, houve pequena redução de K^+ trocável da camada superficial do solo (0-20 cm), sem ocasionar aumentos na concentração do nutriente nas demais camadas (Figura 7). A lixiviação do potássio ocorre pelo deslocamento do metal do complexo de troca do solo pelo cálcio

proveniente do sulfato e posterior formação de K_2SO_4^0 e KSO_4^- na solução do solo. Movimentação do potássio para camadas mais profundas do solo após curto período da aplicação do gesso agrícola foi observada também por Caires *et al.* (1998).

Na segunda época de avaliação do solo, não foi mais observada a lixiviação de potássio da camada superficial do solo, mas ocorreu aumento de K^+ na camada de 60-80 cm de profundidade, na mesma proporção das perdas da camada superficial obtidas na primeira avaliação do solo.

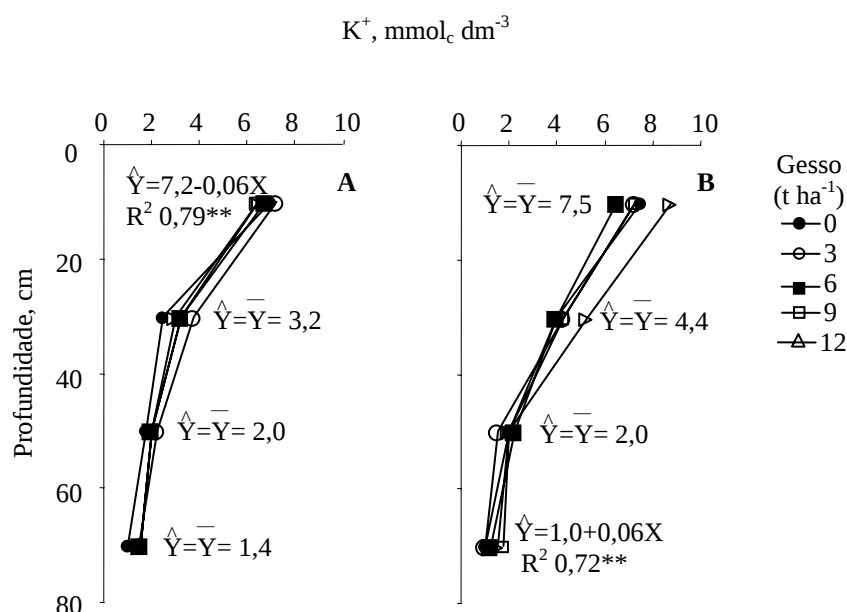


Figura 7 Teores de K trocável, para diferentes profundidades do solo, após 8 (A) e 20 (B) meses da aplicação de gesso. ****** significativos a $P \leq 0,01$.

4.1.7 Saturação por Alumínio

A aplicação de gesso agrícola ocasionou diminuição da saturação por alumínio nas profundidades de 20 a 60 cm, após 8 meses da aplicação, e também na profundidade de 60-80 cm após 20 meses da aplicação (Figura 8). A diminuição da saturação por alumínio por meio da aplicação de gesso é ocasionada, de um lado, pela redução da concentração de alumínio trocável e, de outro, pelo aumento da concentração de bases trocáveis devido ao fornecimento de cálcio.

A saturação por alumínio do tratamento testemunha teve diminuição de 25% para 17% na camada de 20-40 e de 37% para 32% na camada de 40-60 cm entre a primeira e a segunda avaliação realizada. Essa diminuição provavelmente deve ter sido ocasionada pelo efeito residual do calcário aplicado antes da instalação do experimento.

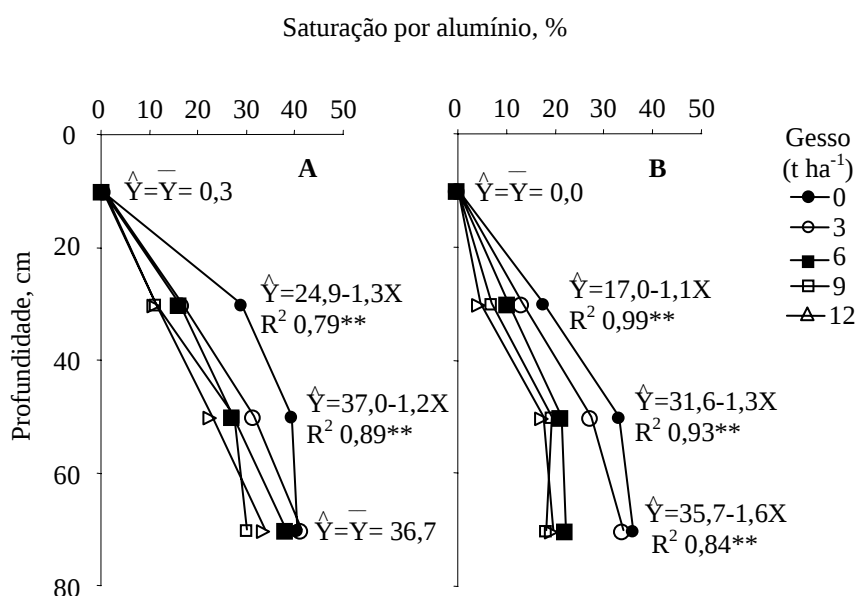


Figura 8 Saturação por alumínio, para diferentes profundidades do solo, após 8 (A) e 20 (B) meses da aplicação de gesso. ** significativos a $P \leq 0,01$.

4.1.8 Saturação por Bases

Houve aumento linear na saturação por bases do solo nas profundidades de 20-40 e 40-60 cm, após 8 meses da aplicação do gesso agrícola (Figura 9). Após 20 meses, ocorreram aumentos lineares na saturação por bases nas profundidades de 20-40 e 60-80 cm, e aumento quadrático na profundidade de 40-60 cm.

O aumento na saturação por bases ocorreu somente nas camadas subsuperficiais do solo (Figura 9), embora tenha ocorrido aumento no teor de cálcio trocável em todo o perfil do solo (Figura 5). Acontece que, na camada de 0-20 cm ocorre concomitantemente a lixiviação de outras bases como potássio e magnésio e,

desta maneira, o aumento na concentração de cálcio não é refletida na saturação por bases. Nas camadas mais profundas, além do fornecimento de cálcio ocorreu ainda o efeito aditivo da diminuição da concentração H+Al (Figura 4) e acúmulo em algumas camadas do magnésio proveniente da camada superficial (Figura 6), intensificando o efeito na saturação por bases.

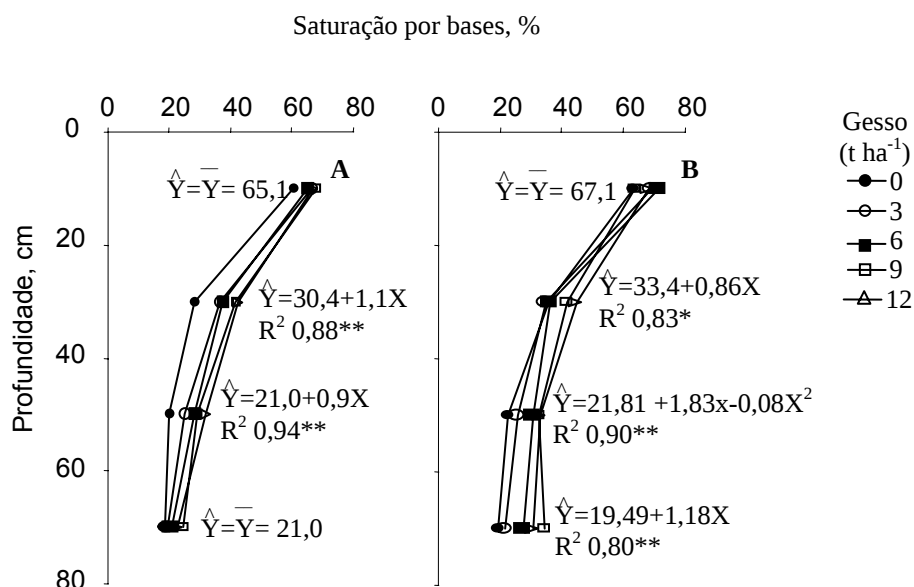


Figura 9 Saturação por bases, para diferentes profundidades do solo, após 8 (A) e 20 (B) meses da aplicação de gesso. * e ** significativos a $P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$, respectivamente.

4.1.9 Sulfato

A aplicação de gesso agrícola teve efeito rápido sobre os teores de $S-SO_4^{2-}$ no solo (Figura 10). Após 8 meses da aplicação de gesso, houve aumento na concentração de sulfato em todas as profundidades amostradas do solo, principalmente nas camadas intermediárias (20-60 cm). O rápido movimento do sulfato no solo se deve ao fato de o solo possuir carga elétrica líquida negativa em todo o perfil, favorecendo sua movimentação (Camargo & Raij, 1989). Na camada superficial (0-20 cm), onde a acidez do solo estava corrigida e teor de C-orgânico era elevado, o movimento do sulfato foi acelerado. Após 20 meses, os aumentos nos teores de sulfato ocasionados pela adição do gesso agrícola foram aproximadamente 70% menores nas

camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade em comparação com a avaliação anterior. Em camadas de solo mais profundas, onde o pH era menor e, provavelmente, a concentração de óxidos de ferro e alumínio era maior, ocorreu maior retenção de sulfato.

Uma tonelada de gesso agrícola possui 186 kg de S considerando-se 100% de pureza. Após apenas 8 meses da aplicação, foi possível recuperar, na camada de 0-80 cm de profundidade, somente 85 kg t⁻¹ na dose de 3 t ha⁻¹ e 64 kg t⁻¹ na dose de 12 t ha⁻¹. Após 20 meses, foram recuperados (0-80 cm) 58 kg t⁻¹ na dose de 3 t ha⁻¹ e 42 kg t⁻¹ na dose de 12 t ha⁻¹. Esses valores de lixiviação são um pouco maiores que os encontrados por Caires *et al.* (1998), os quais verificaram que aproximadamente 60% do enxofre adicionado pelo gesso havia sido lixiviado para profundidades maiores que 80 cm, após 24 meses da aplicação. No entanto, em estudo realizado com incorporação de gesso e calcário em um Latossolo Vermelho Escuro endoeutrófico Podzólico ácido (Quaggio *et al.*, 1993), a movimentação do sulfato foi bem mais rápida, pois após 6 meses praticamente todo o sulfato aplicado se encontrava na camada de 0-60 cm de profundidade, e após 18 meses praticamente todo o sulfato havia sido lixiviado para profundidades maiores que 60 cm. Esse movimento foi intensificado no solo corrigido sob a ação de calagem devido ao aumento das cargas negativas do solo. Os valores de lixiviação encontrados no presente estudo ainda revelam que quanto maior a concentração do ânion sulfato em solução maior será a quantidade de S-SO₄²⁻ lixiviada (68 e 77% para 3 e 12 t ha⁻¹, respectivamente, após 20 meses da aplicação). Esse aumento na velocidade de lixiviação nas maiores doses, pode ser devido à saturação da adsorção de sulfato no solo e conseqüente aumento da concentração do anion em solução, facilitando a sua lixiviação.

Segundo Dechen (1979), a extração de enxofre pela videira Niagara Rosada é de 9 kg ha⁻¹, próximo ao valor médio encontrado por Giovannini *et al.* (2001) para o

cultivar Cabernet Sauvignon de $8,1 \text{ kg ha}^{-1}$, dos quais $2,1 \text{ kg}$ são exportados. Desta forma, a quantidade de $2,1 \text{ kg}$ ($0,26 \text{ mg dm}^{-3}$ na camada de 0-80 cm) pouco deve ter influenciado para a depleção dos teores do nutriente no solo.

O aumento que ocorreu nos teores de sulfato entre a primeira e a segunda época de amostragem no tratamento testemunha deve ter sido ocasionado pelas adubações com sulfato de amônio nesse período.

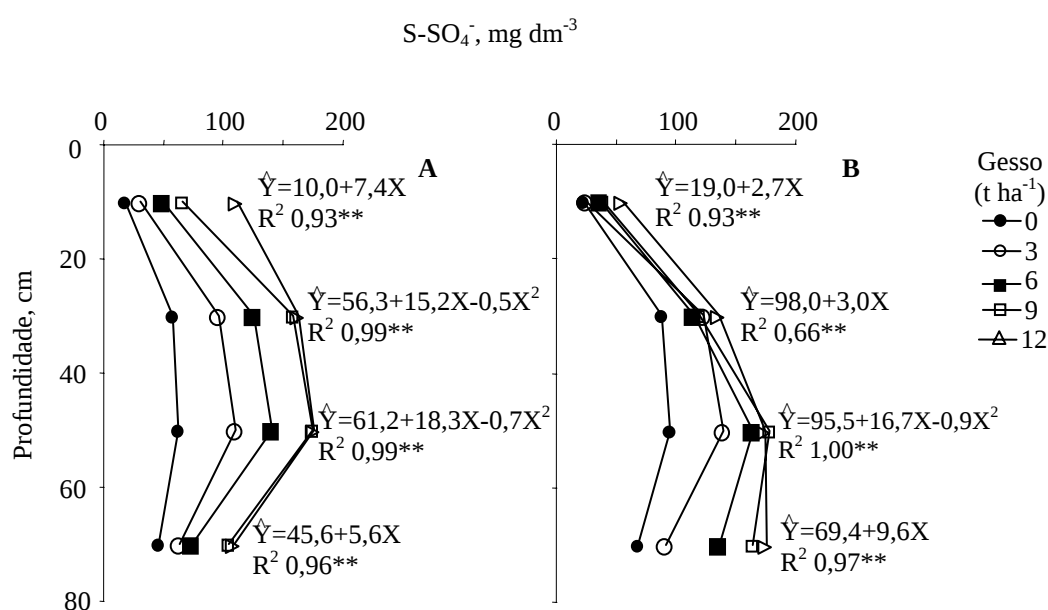


Figura 10 Teores de S-SO_4^{2-} , para diferentes profundidades do solo, após 8 (A) e 20 (B) meses da aplicação do gesso. * e ** significativos a $P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$, respectivamente.

4.1.10 Fósforo

Embora sejam relatados aumentos na concentração de P pela aplicação de gesso agrícola (Caires *et al.*, 2003), no presente estudo não ocorreram variações no teor de fósforo extraído por Mehlich-1 (Figura 11). No entanto, ocorreram aumentos acentuados na concentração do nutriente entre a primeira e segunda avaliação, decorrentes de adubações fosfatadas realizadas no pomar.

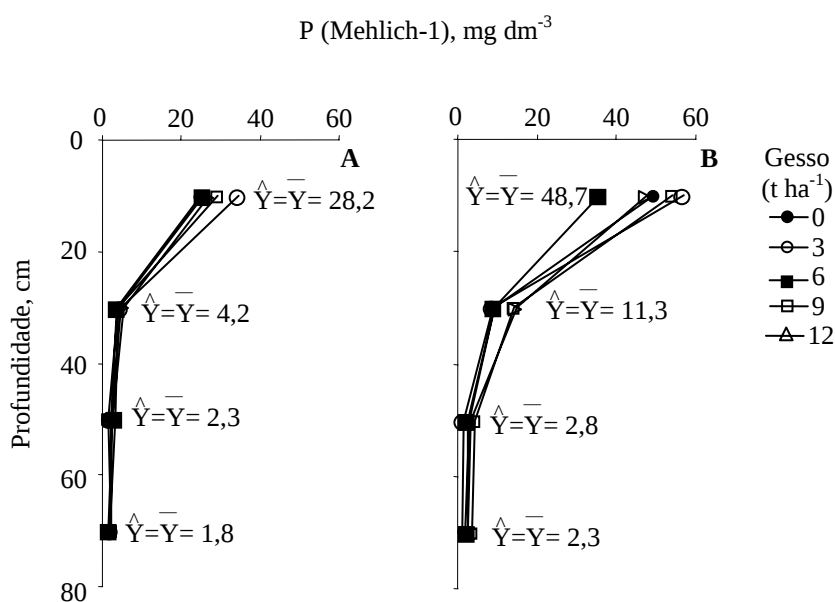


Figura 11 Teores de P extraídos com solução de Mehlich-1, para diferentes profundidades do solo, após 8 (A) e 20 (B) meses da aplicação de gesso.

4.1.11 Carbono

A aplicação de gesso não ocasionou alterações na concentração de C-orgânico do solo durante a condução do experimento. As concentrações médias de C-orgânico foram de 27, 23, 18 e 15 g dm⁻³ para as profundidades de 0-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm respectivamente, revelando altas concentrações de carbono orgânico mesmo nas camadas mais profundas do solo.

4.2 NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE FRUTOS

Na coleta realizada três meses após a aplicação do gesso agrícola não ocorreram alterações significativas nas concentrações foliares de macronutrientes (Tabela 3), os quais se mantiveram em níveis considerados adequados para o desenvolvimento das plantas, de acordo com as faixas de concentração descritas por Terra (2003). Correlações entre a concentração de um nutriente no solo ou solução nutritiva com sua concentração nas folhas são frequentemente relatadas na literatura para a cultura da videira (Tecchio *et al.*, 2006; Wolf *et al.*, 1983). No entanto, no presente estudo, embora tenham ocorrido aumentos nos teores de cálcio e enxofre no

solo, estes aumentos não foram observados nas folhas. É provável que o curto espaço de tempo entre a aplicação do gesso agrícola e a primeira amostragem de folhas tenha sido uma das causas da ausência de resposta, pois a maior parte dos nutrientes acumulados nas folhas e ramos novos entre a brotação e o florescimento provêm de reservas acumuladas no ano anterior (Bates *et al.*, 2002), período no qual os tratamentos ainda não haviam sido aplicados. Exceção deve ser feita ao cálcio que, devido à sua baixa mobilidade no floema, é pouco acumulado nas reservas da planta (Scheiner *et al.*, 2006).

Tabela 3 Concentração de nutrientes nas folhas da videira, na época do florescimento, em função dos tratamentos com gesso agrícola nas duas safras amostradas.

Gesso agrícola	Nutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S
t ha ⁻¹	-----g kg ⁻¹ -----					
Safr 2006						
0	36,9	4,8	12,6	14,8	6,3	2,0
3	35,6	5,2	16,1	17,0	5,8	2,2
6	35,9	4,5	14,6	15,2	6,1	2,1
9	33,1	4,4	13,2	15,4	5,2	2,1
12	34,2	4,3	14,5	14,4	5,5	2,2
Efeito	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Safr 2007						
0	34,0	4,2	9,0	14,4	4,0	2,4
3	33,7	4,3	9,3	14,6	3,6	2,3
6	33,0	4,2	9,8	12,7	3,3	2,4
9	33,4	5,1	8,1	15,8	3,1	2,4
12	33,7	4,6	9,2	15,1	3,2	2,2
Efeito	ns	ns	ns	ns	L (R ² 0,78**)	ns

L = efeito linear por regressão polinomial. ** e ns = significativos a P≤0,05 e não significativo, respectivamente.

Na avaliação de folhas realizada na segunda safra de uvas, após 15 meses da aplicação de gesso, os teores de N, P, K, Ca e S permaneceram inalterados devido aos

tratamentos e apresentaram concentrações suficientes ao desenvolvimento das plantas (Terra, 2003). No entanto, o teor de Mg nas folhas diminuiu linearmente com as doses de gesso agrícola aplicada (Tabela 3), para concentrações abaixo da faixa de concentração suficiente (Terra, 2003), mesmo com teores do nutriente considerados adequados no solo (Figura 6). Isso mostra que a exigência da videira em Mg^{2+} trocável no solo é alta, concordando com Májer (2004) e Amiri & Fallahi (2007), e que as faixas de suficiência deste nutriente estabelecidas para o solo podem não ser isoladamente adequadas para a avaliação da fertilidade do solo na cultura da videira.

Similarmente ao presente estudo, Májer (2004) verificou que embora o magnésio do solo fosse encontrado em concentrações consideradas adequadas, ocorriam sintomas de deficiência nas folhas confirmada pela diagnose foliar. A diminuição da concentração foliar de Mg pela aplicação de gesso agrícola foi também relatada por Oliveira & Pavan (1996) e Caires *et al.* (1998; 2003) em culturas anuais, sendo atribuída à lixiviação de magnésio trocável da camada superficial do solo. A influência da concentração de magnésio da camada superficial do solo (0-20 cm) na absorção de magnésio pelas plantas, no presente estudo, foi confirmada pela correlação positiva entre a concentração foliar de magnésio e seu teor nesta camada de solo (Tabela 4). Além do teor de magnésio no solo, outros fatores podem influenciar sua absorção, como por exemplo, a concentração de outros íons no solo como o potássio (Bergman *et al.*, 1960) e o cálcio (Garcia *et al.*, 1999). A redução na concentração foliar de magnésio ocasionada pelo aumento da concentração de cálcio e potássio tem sido observada em vários estudos (Garcia *et al.*, 1999; Bergman *et al.*, 1960; Wolf *et al.*, 1983; Ruhl, 1991; Bogoni *et al.*, 1995). A relação entre esses cátions e o magnésio, em alguns casos, tem sido melhor correlacionada com a nutrição das plantas do que a concentração isolada de magnésio (Dal Bó *et al.*, 1989; Amiri & Fallahi, 2007).

Tabela 4 Coeficientes de correlação (r) entre a concentração de Mg nas folhas da uva no ano de 2007 e alguns atributos da fertilidade do solo, considerando a profundidade amostrada.

Profundidade	Atributos da fertilidade do solo			
	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	m(%)
0-20	0,00	-0,42*	0,47*	-0,15
20-40	0,15	-0,08	0,35	0,20
40-60	-0,04	-0,60**	-0,17	0,11
60-80	0,07	-0,46*	-0,63**	-0,11
	Ca ²⁺ /Mg ²⁺	Mg ²⁺ /K ⁺	% de Mg na CTC	% de Ca na CTC
0-20	-0,60**	0,56**	0,54**	-0,43*
20-40	-0,28	0,31	0,27	-0,32
40-60	-0,40*	-0,16	-0,04	-0,46*
60-80	-0,06	-0,00	-0,55	-0,37

* e ** = correlação significativa pelo teste T a P≤0,05, P≤0,01 respectivamente.

Como a aplicação de gesso agrícola alterou a concentração e a relação entre os cátions no solo, esses atributos foram correlacionados com a concentração de Mg nas folhas a fim de identificar quais alterações no solo levaram à deficiência. Além da correlação entre a concentração foliar com o teor de magnésio no solo, ocorreram correlações positivas do teor de magnésio nas folhas com a relação Mg²⁺/K⁺ e percentual de Mg²⁺ na CTC a pH 7,0 na profundidade de 0-20 cm, e negativa com a relação Ca²⁺/Mg²⁺, concentração e percentual de Ca²⁺ na CTC a pH 7 nas profundidades de 0-20 e 40-60 cm do solo (Tabela 4). A relação Mg²⁺/K⁺, Ca²⁺/Mg²⁺ e a percentagem de magnésio na CTC foram melhor correlacionadas com teor foliar de magnésio do que a própria concentração do nutriente no solo, corroborando com Dal Bó *et al.* (1989) e comprovando a influência de outros cátions na absorção de magnésio.

No primeiro período avaliado, a produção de frutos não foi alterada pela aplicação de gesso agrícola, com uma produtividade média de aproximadamente 20 t ha⁻¹ (Figura 12). A produtividade da videira no segundo ano de avaliação teve um

aumento de aproximadamente 50% em relação ao primeiro, alcançando produtividades superiores a 30 t ha⁻¹. O aumento na produtividade deve-se principalmente às condições climáticas, pois, no primeiro ano ocorreram chuvas em excesso no período de florescimento (Figura 1), ocasionando aborto de flores e favorecendo o aparecimento de doenças. Além disso, no período anterior à colheita ocorreu déficit hídrico acentuado prejudicando a formação das bagas. Na segunda safra avaliada, o regime hídrico foi considerado ideal para o desenvolvimento das plantas de videira (Figura 1).

A aplicação de gesso agrícola ocasionou decréscimo linear na produtividade na segunda safra avaliada (Figura 12). A correlação positiva ($r = 0,45$, $p \leq 0,05$) entre a concentração foliar de magnésio e produtividade de uva revelou que foi a diminuição da concentração do magnésio nas folhas que ocasionou a queda na produtividade da videira. Dos atributos da fertilidade do solo que foram correlacionados com a concentração foliar de magnésio, apenas a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$, a concentração e a porcentagem de Mg^{2+} na CTC a pH 7 das camadas de 0-20 e 40-60 cm, e a relação $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+}$ das camadas de 0-20 e 20-40 cm do solo tiveram correlação também com a produtividade (Tabela 5), evidenciando o envolvimento destes fatores na queda de produção de frutos. Deste modo, foram estabelecidos níveis críticos destes para 90% da produção relativa de uvas. As equações para a relação $\text{Mg}^{2+}/\text{K}^{+}$ não foram demonstradas, pois o teste t para o valor de r não foi significativo em nenhuma das profundidades.

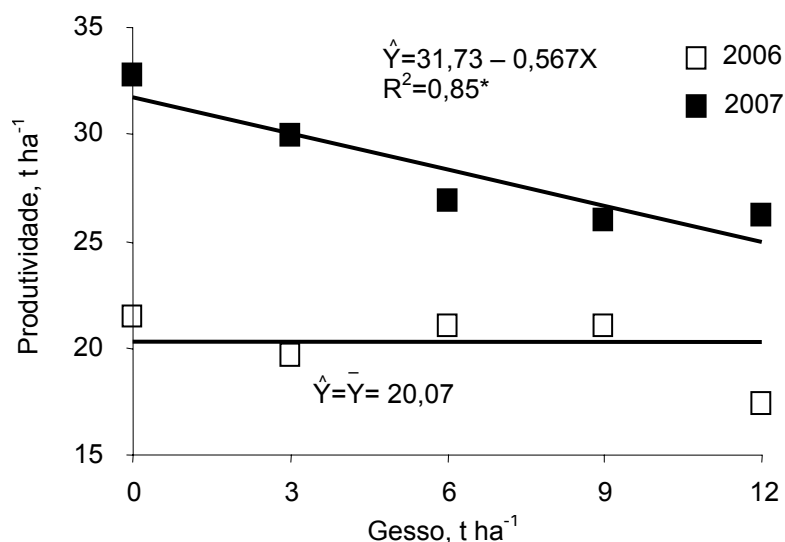


Figura 12 Produção de uvas de acordo com as doses de gesso agrícola aplicadas, considerando as duas safras avaliadas. *: Significativo a $p \leq 0,05$.

Tabela 5 Coeficientes de correlação (r) entre a produtividade da videira e alguns atributos da fertilidade do solo no ano de 2007, considerando a profundidade amostrada.

Profundidade	Atributos da fertilidade do solo			
	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	m%
0-20	0,00	0,09	0,61**	0,24
20-40	0,36	0,12	0,36	0,24
40-60	0,44*	0,65**	0,41*	0,31
60-80	0,30	0,37	-0,23	0,23
	Ca^{2+}/Mg^{2+}	Mg^{2+}/K^+	% de Mg na CTC	% de Ca na CTC
0-20	-0,49*	0,67**	0,60**	-0,08
20-40	-0,09	0,53**	0,19	-0,04
40-60	-0,65**	0,34	0,48*	-0,61**
60-80	-0,37	0,41**	-0,31	-0,41*

* e ** significativos a $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, respectivamente.

Para a concentração de magnésio no solo, o teste t para o valor de r foi significativo a 1% de probabilidade para a camada superficial e a 5% para a camada de 40-60 cm (Figura 13). O nível crítico estabelecido foi de 42 e 29 $mmol_c dm^{-3}$ de Mg^{2+} para as profundidades de 0-20 e 40-60 cm. No entanto os valores obtidos são muito altos, e desqualificaria a maioria dos solos para produção de uvas. Como existem

outros estudos mostrando que a deficiência de magnésio não ocorre em concentrações menores (Dal Bó *et al.*, 1986; Tecchio *et al.*, 2006), é provável que não seja este fator isolado responsável pela queda na produtividade.

Para a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$, os valores de r foram significativos pelo teste t a 5% e 1% para as profundidades de 0-20 e 40-60 cm respectivamente, com nível crítico de 1,9 e 1,0 para as duas profundidades (Figura 14). Para a percentagem de magnésio na CTC a pH 7 os valores de r foram significativos a 5% de probabilidade com níveis críticos de 25 e 13% para as profundidades de 0-20 e 40-60 cm, respectivamente (Figura 15). A relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ e a % de magnésio na CTC a pH 7 são fatores que têm correlação com a absorção de magnésio e se mostram mais adequados para a avaliação da fertilidade do solo do que o teor isolado de magnésio trocável. A avaliação tanto da camada de 0-20 cm como da de 40-60 cm foram correlacionadas com a produção. No entanto o baixo valor de r ($r = -0,40^*$, $p \leq 0,05$) para a correlação da relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ do solo com magnésio foliar da camada de 40-60 cm e ausência de correlação significativa da porcentagem de magnésio na CTC a pH 7 com a concentração foliar de magnésio para essa mesma camada (Tabela 4) revelam inconsistência dos dados para a camada de 40-60 cm de profundidade, indicando que a camada de 0-20 cm seria mais indicada para a avaliação da fertilidade do solo e com maior importância na nutrição da videira.

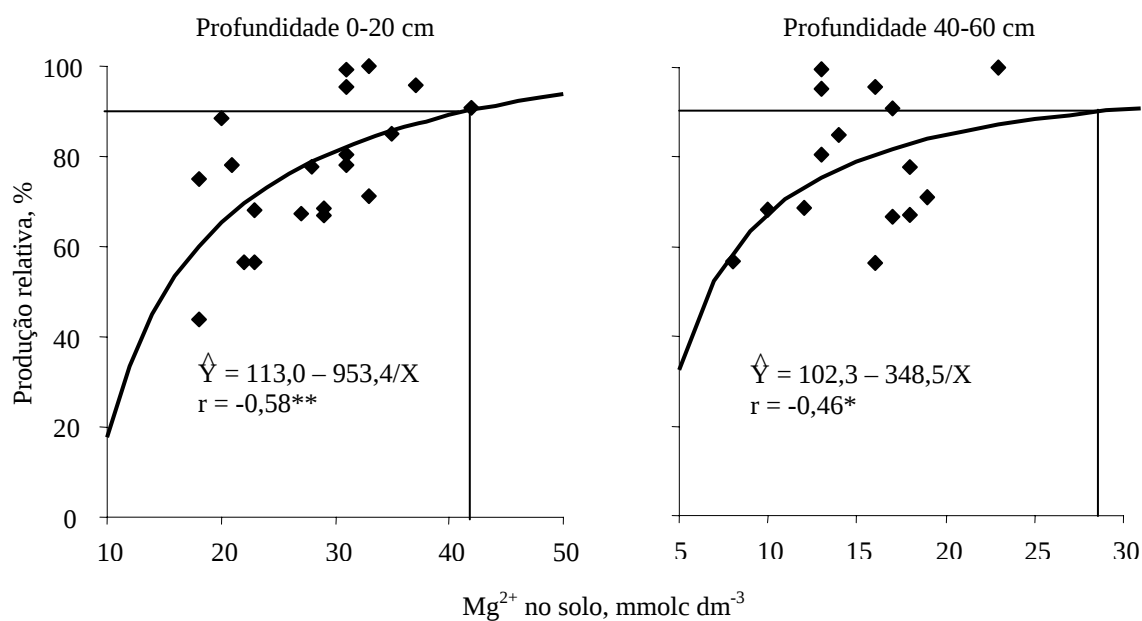


Figura 13 Relação entre a produção relativa de uvas na safra de 2007, e teor de Mg^{2+} trocável no solo, considerando as profundidades de 0-20 e 40-60 cm. * e ** significativos a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente.

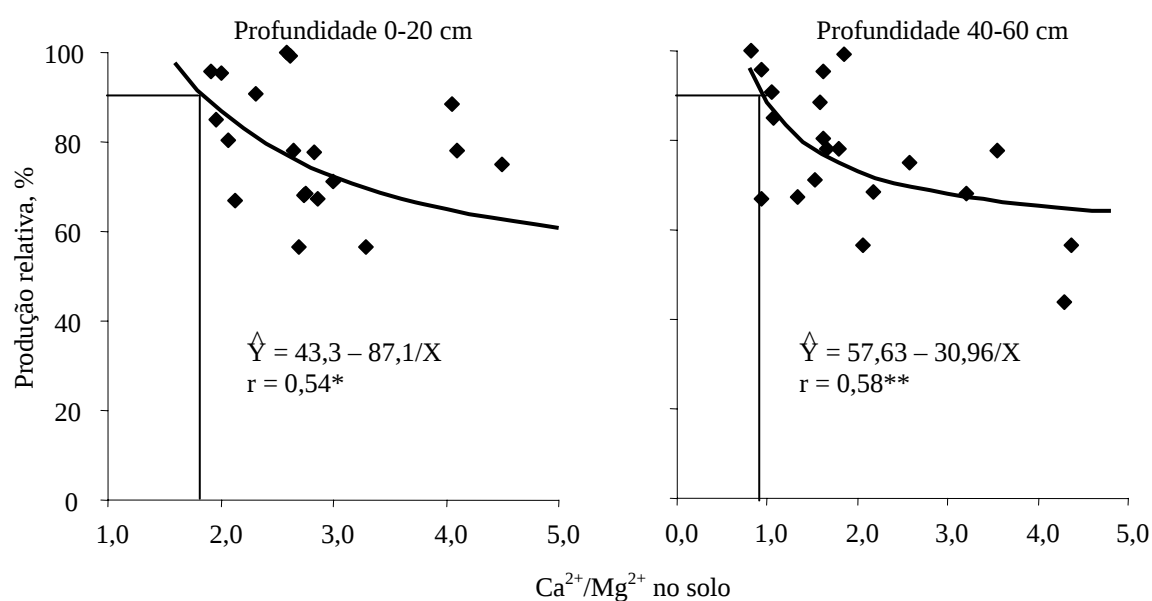


Figura 14 Relação entre a produção relativa de uvas na safra de 2007, e a relação entre os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis no solo, considerando as profundidades de 0-20 e 40-60 cm. * e ** significativos a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente.

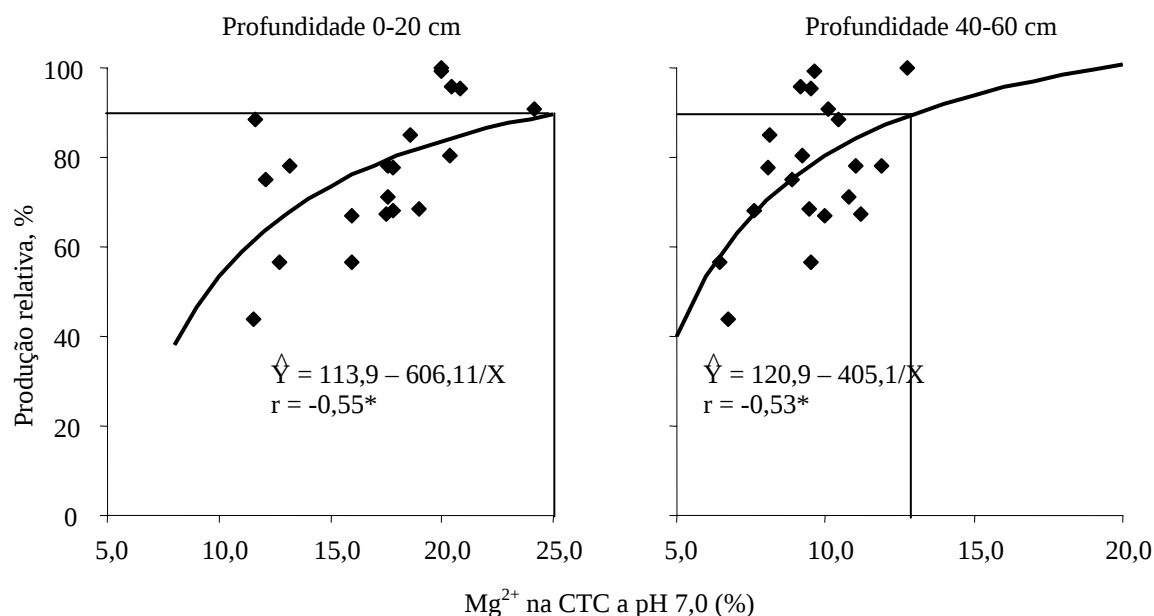


Figura 15 Relação entre produção relativa de uvas na safra de 2007, e porcentagem de Mg²⁺ trocável na CTC a pH 7,0, considerando as profundidades de 0-20 e 40-60 cm. * significativo a $p \leq 0,05$.

Como foi verificado que a diminuição da concentração foliar de magnésio provocou decréscimo na produtividade, foi possível estabelecer também o nível crítico do magnésio nas folhas para a produção relativa de 90%. O nível crítico estabelecido foi de 4,1 g kg⁻¹ (figura 16). Este valor está abaixo do limite mínimo da faixa de concentração considerada ótima descrita em Terra (2003) que é de 4,7 a 5,3 g kg⁻¹ e acima do limite máximo da faixa de concentração ótima determinada por Tecchio *et al.* (2007) para o cultivar Niagara Rosada, que foi de em torno de 1,1 a 2,8 g kg⁻¹, com variações de acordo com o porta enxerto utilizado. Essas variações podem ser devidas a diferentes cultivares, porta enxertos ou variações edafoclimáticas. Deve-se ainda considerar que o trabalho de Tecchio *et al.* (2007) foi apenas um levantamento nutricional em vinhedos estabelecidos, com produtividades médias de 16 t ha⁻¹, inferior às obtidas no presente estudo, podendo a exigência de magnésio ter sido menor do que seria em pomares com alta produtividade.

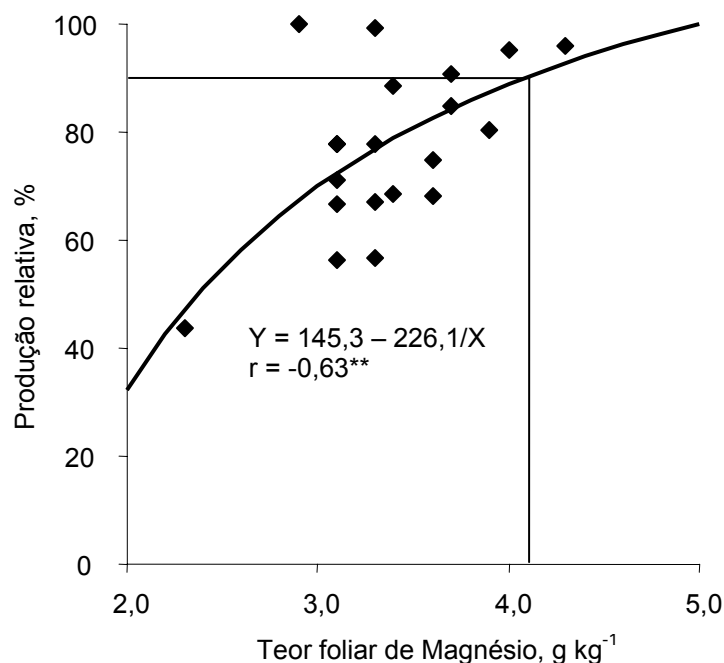


Figura 16 Relação entre a produção relativa de uvas na safra de 2007 e a concentração foliar de magnésio. ** significativo a $p \leq 0,01$.

Além da concentração de magnésio nas folhas, outra variável referente à nutrição da planta que foi correlacionada com a produtividade foi a relação Ca/Mg nas folhas ($r = 0,59$, $p \leq 0,01$). A relação Ca/Mg nas folhas é com frequência indicada como um fator que é melhor correlacionado com a produtividade do que a concentração isolada de magnésio (Dal Bó *et al.* 1986; Tecchio *et al.* 2006). Isto foi confirmado no presente estudo visto o maior coeficiente de correlação (r) obtido para a relação Ca/Mg ($r = 0,59$, $p \leq 0,01$) que para a concentração de magnésio nas folhas ($r = 0,45$, $p \leq 0,05$).

Os resultados obtidos com a relação Ca/Mg são bastante consistentes, pois tanto a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ no solo quanto nas folhas foram influenciadas linearmente pela aplicação de gesso agrícola, e a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ no solo teve correlação positiva com a relação Ca/Mg nas folhas (Figura 17). Sendo assim, uma relação Ca/Mg ≤ 2 no tecido foliar seria necessária para garantir produções relativas $\geq 90\%$ (Figura 18). Esse valor é bastante próximo do valor da relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ crítica no solo da camada de 0-20 cm (Figura 14), mostrando consistência dos dados e indicando que a

relação entre estes cátions tem grande importância no diagnóstico de solo e folha para a cultura da videira.

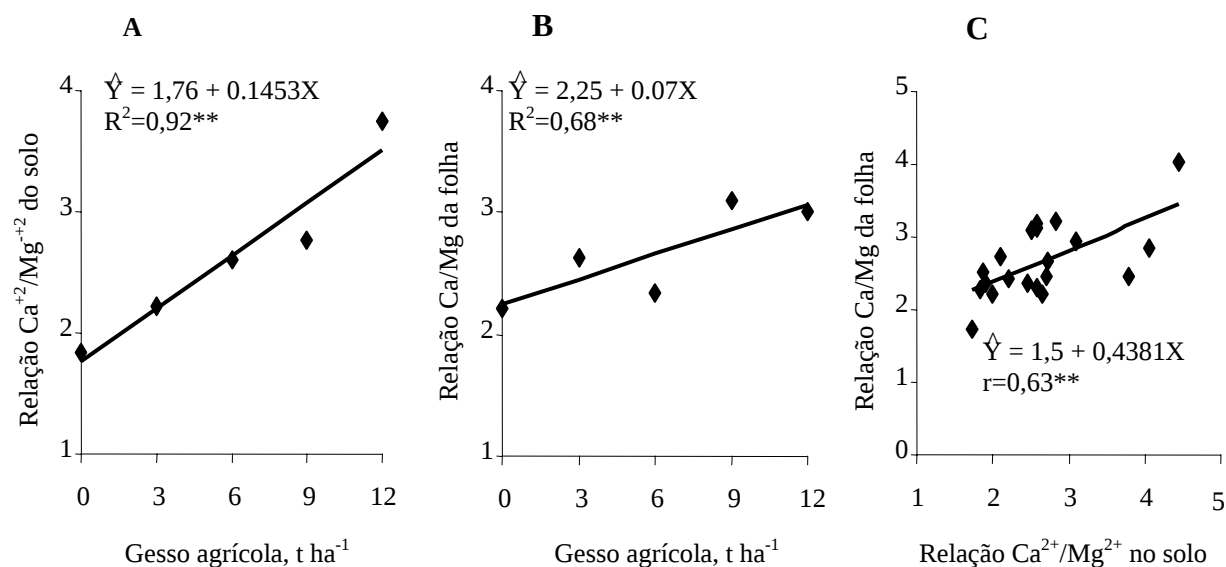


Figura 17 Efeito da aplicação de gesso agrícola na relação Ca²⁺/Mg²⁺ no solo (A) e nas folhas (B), e correlação entre a relação Ca²⁺/Mg²⁺ no solo e a relação Ca/Mg das folhas da videira (C), no segundo ano de avaliação (2007). ** significativo a $p \leq 0,01$.

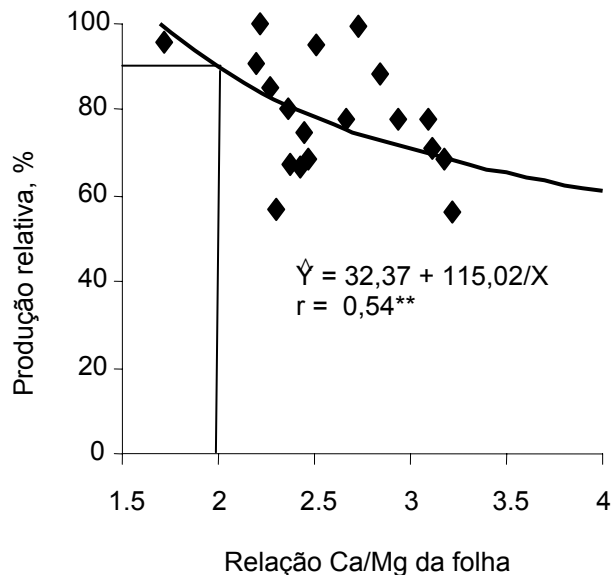


Figura 18 Relação entre produção relativa de uvas na safra de 2007, e relação Ca/Mg nas folhas.

Um dos objetivos deste estudo foi verificar os efeitos benéficos da diminuição do Al³⁺ trocável do solo na nutrição e produção de uvas. No entanto, as correlações entre a concentração de alumínio e sua saturação no solo, e a concentração foliar de nutrientes e a produção de frutos foram baixas e inconsistentes, revelando que a

concentração de alumínio trocável no subsolo, nas condições do presente trabalho, pouco influenciou a nutrição das plantas. Em sistemas de produção onde os restos culturais são mantidos na superfície, semelhante às condições deste estudo, o efeito tóxico do alumínio é menos pronunciado devido à diminuição de atividade na solução (Salet *et al.*, 1999). É possível que ligações específicas entre o alumínio e ligantes orgânicos resultem em uma maior adsorção, diminuindo a atividade do alumínio em solução (Pavan, 1983). No entanto, o crescimento de raízes da videira deve ser avaliado nestas condições para a comprovação desta hipótese. Deve-se considerar também que, apesar de ter ocorrido diminuição da concentração de alumínio trocável no solo, sua concentração permaneceu em teores considerados tóxicos, sem beneficiar o crescimento das raízes das plantas.

4.3 COMPONENTES DE PRODUÇÃO E QUALIDADE DO FRUTO

Os componentes da produção de frutos não foram alterados pelas doses de gesso aplicadas (Tabela 6). A maior produtividade (Figura 12) no tratamento testemunha no segundo ano de avaliação deve-se ao melhor desenvolvimento das plantas.

Os sólidos solúveis no segundo ano avaliado foram aumentados linearmente com as doses de gesso aplicadas (Tabela 6). O aumento dos sólidos solúveis da baga pela aplicação do gesso pode estar associado à porcentagem de cálcio em relação ao total de cátions nas folhas, visto que foi o único atributo da nutrição da videira que foi afetado pela aplicação de gesso e teve correlação com os sólidos solúveis (Figura 19). Foram verificadas correlações significativas entre a porcentagem de cálcio em relação ao total de cátions nas folhas e a concentração de cálcio trocável nas camadas abaixo de 40 cm de profundidade, o pH em todas as profundidades e a concentração de Al e a saturação por alumínio das camadas do subsolo (Tabela 7). Dos fatores citados,

apenas a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ da camada de 0-20 cm, a concentração de cálcio trocável da camada de 40-60 cm e a saturação por alumínio da camada de 20-40 cm foram correlacionados também com a concentração de sólidos solúveis (Figura 20). Portanto o aumento da relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ e da concentração de cálcio trocável e, ou a diminuição da saturação por alumínio no solo pode estar envolvida no aumento da concentração de sólidos solúveis na baga.

Tabela 6 Componentes da produção e qualidade dos frutos da uva de acordo com as doses de gesso agrícola nas duas safras avaliadas.

gesso t ha^{-1}	Número de cachos Cachos planta $^{-1}$	Peso de cachos Kg	Sólidos solúveis °Brix	Massa seca de bagas %
Safr 2006				
0	65,3	0,146	16,0	21,3
3	68,7	0,126	15,6	21,0
6	69,1	0,137	15,5	20,7
9	64,9	0,144	15,6	21,2
12	58,4	0,139	15,8	20,8
Efeito	ns	ns	ns	ns
Safr 2007				
0	60,8	0,242	14,3	17,3
3	59,7	0,227	14,4	16,7
6	59,2	0,204	14,7	17,5
9	49,5	0,240	15,0	17,8
12	61,1	0,193	14,9	17,5
Efeito	ns	ns	L ($R^2 = 0,87^*$)	ns

L = efeito linear por regressão polinomial. * : significativos a $P \leq 0,05$ e ns: não significativo.

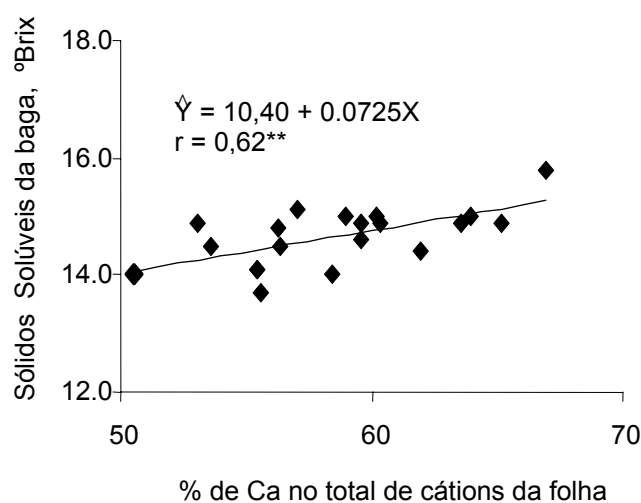


Figura 19 Correlações entre sólidos solúveis da baga e concentração de cálcio no total de cátions nas folhas. **: significativo a $P \leq 0,01$.

Tabela 7 Correlação da % de Ca no total de cátions nas folhas da videira com alguns atributos da fertilidade do solo, considerando a profundidade amostrada.

Profundidade	Atributos da fertilidade do solo				
	Ca ²⁺ /Mg ²⁺	Ca	pH	Al	m(%)
0-20	0,41*	0,25	0,42*	0,00	0,00
20-40	0,20	0,33	0,51*	-0,52**	-0,52**
40-60	0,38*	0,60**	0,43*	-0,40*	-0,49*
60-80	0,44*	0,52**	0,43*	-0,41*	-0,51*

* e ** significativos a $P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$, respectivamente.

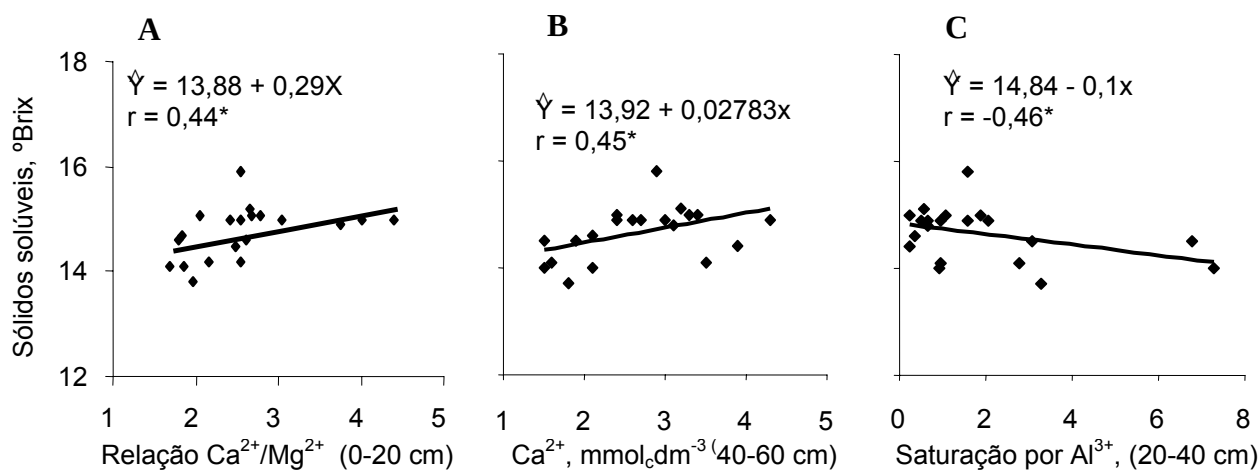


Figura 20 Correlações entre os sólidos solúveis da baga e a relação Ca²⁺/Mg²⁺ do solo da profundidade de 0-20 cm (A), teor de cálcio trocável na profundidade de 40-60 cm (B) e a saturação por alumínio na profundidade de 20-40 cm (C).

Apesar da consistência dos resultados obtidos, não existem registros na literatura que ampare a hipótese do aumento dos sólidos solúveis em função da melhor nutrição com cálcio. Pelo contrário, Lima *et al.* (2000) observaram que a concentração de sólidos solúveis foi diminuída pela aplicação de cálcio no cacho de uva em desenvolvimento. Em um estudo com a cultura do abacaxi, houve diminuição dos sólidos solúveis em função do fornecimento de cálcio pelo calcário e conseqüente aumento de cálcio nas folhas (Veloso *et al.*, 2001). Pode-se considerar que o aumento do fornecimento de cálcio ocorreu concomitantemente com a diminuição da produção de frutos, ocasionando maior concentração de açúcares nos frutos em função de seu

menor desenvolvimento. Deste modo, é provável que as correlações entre a nutrição com cálcio e sólidos solúveis sejam em função do efeito paralelo da diminuição de produção e conseqüente concentração de açúcares. O efeito de diluição dos sólidos solúveis devido ao melhor desenvolvimento dos cachos em função do manejo da cultura também foi observado por Faria *et al.* (2004).

Apesar de ser indicado na literatura que a temperatura tem correlação positiva com a concentração de sólidos solúveis (Jackson & Lombard, 1993), no presente estudo, durante o desenvolvimento e amadurecimento das bagas, as temperaturas foram maiores e a concentração de sólidos solúveis foi visivelmente menor no segundo ano de avaliação. Provavelmente, esse efeito se deveu-se ao déficit hídrico no período anterior à colheita do primeiro ano avaliado (Figura 1), conforme também relatado por Domingos *et al.* (2004) e Wutke *et al.* (2004). Ocorreu também maior concentração de massa seca na baga no primeiro ano de avaliação em relação ao segundo, que deve ser atribuída ao período seco que antecedeu a colheita, prejudicando o acúmulo de água nas plantas.

5 CONCLUSÕES

1. A aplicação de gesso agrícola aumentou o pH e diminuiu o teor de Al^{3+} trocável do solo abaixo de 20 cm de profundidade, aumentou a concentração de Ca^{2+} e S-SO_4^{2-} em todo o perfil de solo (0-80 cm) e causou movimentação de Mg^{2+} trocável das camadas superficiais para o subsolo.

2. A diminuição da concentração de Mg^{2+} trocável do solo proporcionada pela aplicação de gesso diminuiu a concentração de magnésio nas folhas no segundo ano de avaliação, diminuindo a produtividade da videira.

3. As alterações químicas do solo na camada 0-20 cm de profundidade, decorrentes da aplicação de gesso, foram melhor correlacionadas com a nutrição das plantas.

4. O nível crítico de Mg^{2+} trocável no solo, considerando a produção relativa de 90%, foi de $42 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. A relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ e a porcentagem de magnésio na CTC a pH 7 revelaram-se mais adequados que a concentração isolada do magnésio trocável para o diagnóstico do Mg no solo. A produção relativa de 90% foi alcançada com a relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ no solo de 1,9 e 25% de Mg^{2+} na CTC a pH 7.

5. A relação Ca/Mg nas folhas revelou-se mais adequada para a avaliação do estado nutricional do Mg da videira do que a concentração isolada Mg no tecido foliar. O nível crítico estabelecido para a relação Ca/Mg nas folhas, considerando a produção relativa de 90%, foi 2.

6. O gesso agrícola promoveu aumento dos sólidos solúveis da baga, melhorando a qualidade da uva.

7. Numa análise global, a aplicação de gesso agrícola não beneficiou a cultura da videira “Niagara Rosada”, nas condições estudadas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALABAMA, J.; ALBANO, T.; ALICANTE, G. noir. Variedades e cultivares mais importantes para o Brasil. In: SOUSA, J. S. I. **Uvas para o Brasil**, Piracicaba: FEALQ, 1996, 791p.

ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.923-934, 2005.

ALVA, A. K.; SUMNER, M. E.; MILLER, W. P. Reactions of gypsum or phosphogypsum in highly weathered acid subsoils. **Soil Science Society of American Journal**, v.54, p.993-998, 1990.

ALVARENGA, A. A.; REGINA, M. A.; FRÁGUAS, J. C.; CHALFUN, N. N. J.; SILVA, A. L. Influência do porta-enxerto sobre o crescimento e produção da cultura de videira Niagara Rosada (*Vitis labrusca* L. x *Vitis vinifera* L.), em condições de solo ácido. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, edição especial, p.1459-1464, 2002.

AMIRI, M. E.; FALLAHI, E. Influence of mineral nutrients on growth, yield, berry quality, and petiole mineral nutrient concentrations of table grape. **Journal of Plant Nutrition**, v.30, p.463-470, 2007.

BASSOI, L. H.; GRANGEIRO, L. C.; SILVA, J. A. M.; SILVA, E. E. G. Root distribution of irrigated grapevine rootstocks in a coarse texture soil of the São Francisco Valley, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.35-38, 2002.

BATAGLIA, O. C.; SANTOS, W. R. Estado nutricional de plantas perenes: avaliação e monitoramento. **Informações Agronômicas**, n.96, 2001.

BATES, T. R.; DUNST, R. M.; JOY, P. Seasonal dry matter, starch, and nutrient distribution in 'Concord' grapevine roots. **HortScience**, v.37, n.2, p.313-316, 2002.

BERGMAN, E. L.; KENWORTHY, A. L.; BASS, S. T.; BENNE, E. J. Growth of concord grapes in sand cultures as related to various levels of essential nutrient elements. **American Society for Horticultural Science Proceedings**, v.75, p.329-340, 1960.

BOGONI, M.; PANONT, A.; VALENTI, L.; SCIENZA, A. Effects of soil physical and chemical conditions on grapevine nutritional status. **Acta Horticulturae**, v.383, p.299-311, 1995.

BRAVARESCO, L.; BONINI, P.; GIACHINO, E. Resistance and susceptibility of some grapevine varieties to lime-induced chlorosis. **Acta Horticulturae**, v.528, p.535-541, 2000.

BRAVDO, B. A.; HEPNER, Y. Irrigation management and fertigation to optimize grape composition and vine performance. **Acta Horticulturae**, v.2006, p.49-67, 1987.

CAIRES, E. F.; CHUERI, W. A.; MADRUGA, E. F. & FIGUEREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.22, p.27-34, 1998.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; MENDES, J.; CHUERI, W. A.; MADRUGA, E. F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.315-327, 1999.

CAIRES, E. F.; BANZATO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24 p.161-169, 2000.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.1029-1040, 2001.

CAIRES E. F., BLUM J., BARTH G., GARBUIO F. J., KUSMAN M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.27, p.275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F. J.; FERRARI, R. A.; MORGANO, M. A. Soybean yield and quality as a function of lime and gypsum applications. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 4, p. 370-379, 2006.

CAMARGO, O. A.; RAIJ, B. VAN. Movimento do gesso em amostras de Latossolo com diferentes propriedades eletroquímicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.13, p.275-280, 1989.

CARVALHO M.C.S.; RAIJ, B. VAN. Calcium sulfate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant and Soil**. v.192, p.37-48, 1997.

CHAVES, J. C. D.; PAVAN, M. A.; IGUE, K. Respostas do cafeeiro à calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.5, p.573-582, 1984.

CHRISTENSEN, P. Seasonal changes and distribution of nutritional elements in Thompson Seedless grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.20, n.3, p.176-190, 1969.

CHRISTENSEN, P. Nutrient level comparisons of leaf petioles and blades in twenty-six grape cultivars over three years (1979 through 1981). **American Journal of Enology and Viticulture**, v.35, n.3, p. 124-133, 1984.

COCHRANE, B. H. W.; REICHERT, J. M.; ELTZ, F. L. F.; NORTON, L. D. Controlling soil erosion and runoff with polyacrylamide and phosphogypsum on subtropical soil. **Transactions of the ASAE**, v.48, n.1, p.149-154, 2005.

DAL BÓ, M. A.; BECKER, M.; BASSO, C.; STUKER, H. Levantamento do estado nutricional da videira em Santa Catarina por análise de solo e tecido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.335-340, 1989.

DECHEN, A. R. **Acúmulo de nutrientes pela videira (*Vitis labrusca* L. x *Vitis vinifera* L.) cv. 'Niagara Rosada', durante um ciclo vegetativo**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1979. 133p. Dissertação (Mestrado) – Agronomia.

DOMINGOS, I.; SILVA, T.; CORREIA, P. J.; PESTANA, M.; VARENNES, A. Effects of fertiliser practices on the growth and quality of two table grape cultivars: 'Cardinal' and 'D. Maria'. **Acta Horticulturae**, v.652, p.241-247, 2004.

DZAZIO, P. M.; BIASI, L. A.; ZANETTE, F. Micropropagação do porta enxerto de videiras '420-A'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.3, p.759-764, 2002.

ERNANI, P. R.; CASSOL, P. C.; PERUZZO G. Eficiência agrônômica do gesso no sul do Brasil. In: **II Seminário sobre uso de gesso na agricultura**. Uberaba: IBRAFÓS, Instituto Brasileiro do Fosfato, 1993.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agrícola**, v.58, n.4, p.825-831, 2001.

ERNANI, P. R.; AMARANTE, C. V. T.; OLIVEIRA, H.J. Alteração na composição química das fases sólida e líquida de um solo ácido pela aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.1, n.2, p.93-101, 2002.

FALCETTI, M.; STRINGARI, G.; BOGONI, M.; SCIENZA, A. Relationships among pedo-climatic conditions, plant available water and nutritional status of grapevines. **Acta horticulturae**, v.383, p.289-295, 1995.

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.641-648, 2004.

FRÁGUAS, J. C. Tolerância de porta-enxerto de videira (*Vitis* spp.) ao alumínio do solo. **Revista Ceres**, v.36, n.203, p.13-26, 1989.

FRÁGUAS, J. C. Diagnose nutricional da videira, através de balanços percentuais para N, P, K, Ca, e Mg. **Ciência e Agrotecnologia**, v.22, n.1, p.42-46, 1998.

FRÁGUAS, J. C. Tolerância de porta enxertos de videira ao alumínio do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p.1193-1200, 1999.

FRANCHINI, J. C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.12, p.2267-2276, 1999.

FURLANI P. R.; BERTON R. S. Atividade do Cálcio e Alumínio no desenvolvimento radicular. In: **II Seminário sobre uso de gesso na agricultura**. Uberaba: IBRAFÓS, Instituto Brasileiro do Fosfato, 1993.

GALON, J. A.; BELLINGIERI, P. A.; ALCARDE, J. C. Efeito de modos e épocas de aplicação de gesso e clacário sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) cv. Carioca-80. **Scientia Agrícola**, v.53, n.1, p.119-125, 1996.

GARCIA, M.; DAVEREDE, C.; GALLEGÓ, P.; TOUMI, M. Effect of various potassium-calcium ratios on cation nutrition of grape grown hidroponically. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, n.3, p.417-425, 1999.

GIOVANNINI, D.; MIELE, A.; FRÁGUAS, J. C.; BARRADAS, C. I. N. Estudo comparativo de três metodologias de diagnose nutricional foliar para a videira. **Pesquisa agropecuária Gaúcha**, v.7, p.41-48, 2001a.

GIOVANNINI, D.; MIELE, A.; FRÁGUAS, J. C.; BARRADAS, C. I. N. Extração de nutrientes pela videira cv. Cabernet Sauvignon na Serra Gaúcha. **Pesquisa agropecuária Gaúcha**, v.7, p.27-40, 2001b.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Response of soil properties and grain yields to deep ripping and gypsum application in a compacted loamy sand soil contrasted with a sandy clay loam soil in Western Australia. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.54, p.273-282, 2003.

IAPAR. Médias históricas das estações do IAPAR. http://200.201.27.14/Site/Sma/Estações_IAPAR/Estações_Paraná.htm. Acesso em 20/05/2007.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**: culturas temporárias e permanentes, Rio de Janeiro, 2006. v.33, p.1-133.

JACKSON, D. I.; LOMBARD, P. B. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality – A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.44, n.4, p.409-430, 1993.

KOLLMEIER, M.; FELLE, H. H.; HORST, W. J. Genotypical Differences in aluminum Resistance of Maize Are Expressed in the Distal Part of the Transition Zone. Is Reduced Basipetal Auxin Flow Involved in Inhibition of Root Elongation by Aluminum? **Plant Physiology**, v.122, p.945-956, 2000.

LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; ASSIS, J. S.; FILGUEIRAS, H. A. C.; COSTA, J. T. A. Qualidade, fenóis e enzimas oxidativas de uva 'Itália' sob influência do cálcio, durante a maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2493-2499, 2000.

MÁJER, J. Magnesium supply of the vineyards in the Balaton-Highlands. **Acta Horticulturae**, v.652, p.175-182, 2004.

MALAVOLTA, E. Gesso agrícola no ambiente e nutrição da planta – Perguntas e respostas. In: **II Seminário sobre uso de gesso na agricultura**. Uberaba: IBRAFÓS, Instituto Brasileiro do Fosfato, 1993.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. Piracicaba, **Potafos**, 2 ed., 319p, 1997.

MARQUES, E. S; FAQUIN, V; GUIMARÃES, P. T. G. Teores foliares de nutrientes no cafeeiro (*Coffea arábica* L.) em resposta ao calcário e gesso. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.23, n.1, p.140-151, 1999a.

MARQUES, E. S; FAQUIN, V; GUIMARÃES, P. T. G. Relações entre teores foliares de nutrientes e produção do cafeeiro (*Coffea arábica* L.) submetido a doses de calcário e gesso. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.23, n.4, p.853-863, 1999b.

MORALES, M. C. M.; WONG, J. A. C.; TAMARGO, E. M. Diagnóstico nutricional de la vid, con dos valores óptimos de nutrientes, en la región Lagunera. **ITEA**, v.89, n.1, p.3-11, 1993.

MYHRE D.L.; MARTIN H.W.; NEMEC, S. Yield, ²²⁶Ra Concentration, and Juice Quality of Oranges in Groves Treated With Phosphogypsum and Mined Gypsum. In: **Proceedings of the Third International Symposium on Phosphogypsum**. FLORIDA INSTITUTE OF PHOSPHATE RESEARCH. Orlando, Florida December, 1990.

NOGUEIRA M. A.; MELO, W. J. Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsufatase em solo tratado com gesso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.655-663, 2003.

NOGUEIRA, A. R. A.; MOZETO, A. A. Interação química do sulfato e carbonato de cálcio em seis solos paulistas sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p.1-6, 1990.

OATES, K. M.; CALDWELL, A. G. Use of by-product gypsum to alleviate soil acidity. **Soil Science Society of American Journal**, v.49, p.915-918, 1985.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil & Tillage Research**, v.38, p.47-57, 1996.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T. Effects of phosphogypsum and lime on yield, root density, and fruit and foliar composition of apple in Brazilian acid soils. In: **Proceedings of the Second International Symposium on Phosphogypsum**. FLORIDA INSTITUTE OF PHOSPHATE RESEARCH. Bartow, Florida January, 1988.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T ; PRATT, P. F. Toxicity of aluminum to coffee in ultisols and oxisols amended with CaCO₃, MgCO₃, and CaSO₄.2H₂O. **Soil Science Society of American Journal**, v.46, p.201-1207, 1982.

PAVAN, M. A. Alumínio em solos ácidos do Paraná: relação entre o alumínio não-trocável, trocável e solúvel, com o pH, CTC, porcentagem de saturação de Al e matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.39-46, 1983.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T ; PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime or gypsum applications to a brazilian oxisol. **Science Society of American Journal**, v.48, p.33-38, 1984.

PAVAN, M. A. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.16, n.1, p.86-91, 1994.

POMMER, C. V.; TERRA, M. M.; PIRES, J. P. Cultivares, melhoramento e fisiologia. In: POMMER, C. V. **Uva: tecnologia de produção, pós colheita, mercado**. Porto alegre, Cinco continentes, 2003. 778p.

PORRO, D.; STEFANINI, M.; FAILLA, O.; STRINGARI, G. Optimal leaf sampling time in diagnosis of grapevine nutritional status. **Acta Horticulturae**, v.383, p.135-142, 1995.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. VAN.; GALLO, P. B.; MASCARENHAS, H. A. A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.3, p.375-383, 1993.

QUAGGIO, J. A.; ROSA, S. M.; MATOS JÚNIOR, D.; VAN RAIJ, B. Resposta da laranjeira 'Valência' à aplicação de calcário e gesso. **Laranja**, Cordeirópolis, v.19, n.2, p.383-398, 1998.

RAIJ, B. V. Gesso agrícola na melhoria do ambiente raicular no subsolo. São Paulo, **Associação Nacional para Difusão de adubos e Corretivos Agrícolas**. 1988.

RAIJ, B. VAN. Reação do gesso em solos ácidos. In: **II Seminário sobre uso de gesso na agricultura**. Uberaba: IBRAFÓS, Instituto Brasileiro do Fosfato, 1993.

RAIJ, B. VAN; MASCARENHAS, H. A. A.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; IGUE, T.; SORDI, G. Efeito de calcário e de gesso para soja cultivada em latossolo roxo ácido saturado com sulfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.305-312, 1994.

REETZ, E. R. **Anuário Brasileiro da Fruticultura**. Ed. Gazeta Santa Cruz, Santa Cruz do Sul, 2007, 136p.

REGINA, M. A.; ALVARENGA, A. A.; CHALFUN, N. J.; CHALFUN JÚNIOR, A. Levantamento nutricional e diagnóstico agrônomo dos vinhedos de Caldas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.20, n.1, p.15-20, 1998.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa, UFV, 2001. 301p.

RUHL, E. H. Effect of potassium supply on cation uptake and distribution in grafted *Vitis champinii* and *Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris* rootstocks. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.31, p.687-691, 1991.

SALET, R. L.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R. A. Atividade do alumínio na solução de solo do sistema plantio direto. **Revista Científica Unicruz**, v.1, p.9-13, 1999.

SCHREINER, R. P. Spatial and temporal variation of roots, arbuscular mycorrhizal fungi, and plant and soil nutrients in mature Pinot Noir (*Vitis vinifera* L.) vineyard in Oregon, USA. **Plant and Soil**, v.276, p.219-234, 2005.

SCHREINER, R. P.; SCAGEL, C. F.; BAHAM, J. Nutrient uptake and distribution in a mature 'Pinot noir' vineyard. **HortScience**, v.41, n. 2, p. 336-345, 2006.

SMITH, C. J.; PEOPLES, M. B.; KEERTHISINGHE, G.; JAMES, T. R.; GARDEN, D. L.; TUOMI, S. S. Effect of surface applications of lime, gypsum and phosphogypsum on the alleviating of surface and subsurface acidity in a soil under pasture. **Australian Journal of Soil Research**, v.32, p.995-1008, 1994.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.; Lobato, E.; RITCHEY, K. D. Sugestões para diagnose e recomendação de gesso em solos de cerrado. In: **II Seminário sobre uso de gesso na agricultura**. Uberaba: IBRAFÓS, Instituto Brasileiro do Fosfato, 1993.

STEVENS, R. M.; NICHOLAS, P. R. Root length and mass densities of *Vitis vinifera* L. cultivars 'Muscat Gordo Blanco' and 'Shiraz'. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v.22, p.381-385, 1994.

SUZUKI, A.; BASSO, C.; WILMS, F. W. W. O uso de gesso como fonte complementar de cálcio na macieira. In: **II Seminário sobre uso de gesso na agricultura**. Uberaba: IBRAFÓS, Instituto Brasileiro do Fosfato, 1993.

TAKASU, E.; YAMADA, F.; SHIMADA, N.; KUMAGAI, N.; HIRABAYASHI, T.; SAIGUSA, M. Effect of phosphogypsum application on the chemical properties of Andosols, and the growth and Ca uptake of melon seedlings. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.52, p.760-768, 2006.

TECCHIO, M. A.; PAIOLI-PIRES, E. J.; GRASSI FILHO, H.; BRIZOLA, R. M. O.; TERRA, M. M.; CORRÊA, J. C. Acúmulo de macronutrientes em porta-enxertos de videira cultivados em solução nutritiva com a adição de alumínio. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.27, n.1, p.47-54, 2005a.

TECCHIO, M. A.; PAIOLI-PIRES, E. J.; GRASSI FILHO, H.; BRIZOLA, R. M. O.; VIEIRA, C. R. Y.; TERRA, M. M. Avaliação de variáveis fisiológicas em porta-enxertos de videira cultivados em solução nutritiva com a adição de alumínio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.2, p.274-283, 2005b.

TECCHIO, M. A.; PAIOLI-PIRES, E. J.; TERRA, M. M.; GRASSI FILHO, H.; CORRÊA, J. C.; VIEIRA, C. R. Y. I. Correlação entre a produtividade e os resultados de análise foliar e de solo em vinhedos de Niagara Rosada. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.6, p.1056-1064, 2006.

TECCHIO, M. A.; PAIOLI-PIRES, E. J.; TERRA, M. M.; MOURA, M. F. Produtividade e teores de nutrientes da videira 'Niagara Rosada' em vinhedos nos municípios de Louveira e Jundiá. **Bioscience Journal**, v.23, n.1, p.48-58, 2007.

TERRA, M. M. Nutrição, calagem e adubação. In: POMMER, C. V. Uva: tecnologia de produção, pós colheita, mercado. Porto alegre, **Cinco continentes**, 2003. 778p.

VÁRNAI, M.; EIFERT, J.; SZÖKE, L. Effect of liming on EUF-nutrient fractions in the soil, on nutrient contents of grape leaves and grape yield. **Plant and Soil**, v. 83, p. 55-63, 1985.

VELOSO, C. A. C.; OEIRAS, A. H. L.; CARVALHO, D.J. M.; SOUZA, F. R. S. Resposta do abacaxizeiro à adição de nitrogênio, potássio e calcário em latossolo amarelo do nordeste paraense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 396-402, 2001.

VENCATO, A. **Anuário Brasileiro da Uva e do Vinho 2007**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2007. 128 p.

VITTI, G.C.; SUZUKI, J.A. **A determinação do enxofre: sulfato pelo método turbidimétrico**. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 1978. 13 p. (Apostila)4.

WADT, P. G. S. Alterações eletroquímicas de um latossolo vermelho-amarelo tratado com carbonato e sulfato de cálcio. **Scientia Agrícola**, v.57, n.3, p.519-524, 2000.

WOLF, T. K.; HAESELER, C. W.; BERGMAN, E. L. Growth and foliar elemental composition of Seyval Blanc grapevines as affected by four nutrient solution concentrations of nitrogen, potassium and magnesium. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.34, n.4, p.271-277, 1983.

WUTKE, E. B.; CARVALHO, C. R. L.; COSTA, F.; TERRA, M. M.; PIRES, E. J. P.; SECCO, I. L.; RIBEIRO, I. J. A. Qualidade de frutos de videira 'Niagara Rosada' em cultivo intercalar com gramínea e leguminosas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1, p.92-96, 2004.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Nutrient concentration in soil water extracts and soybean nutrition in response to lime and gypsum applications to an acid Oxisol under no-till system. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.79, p.169-179, 2007.