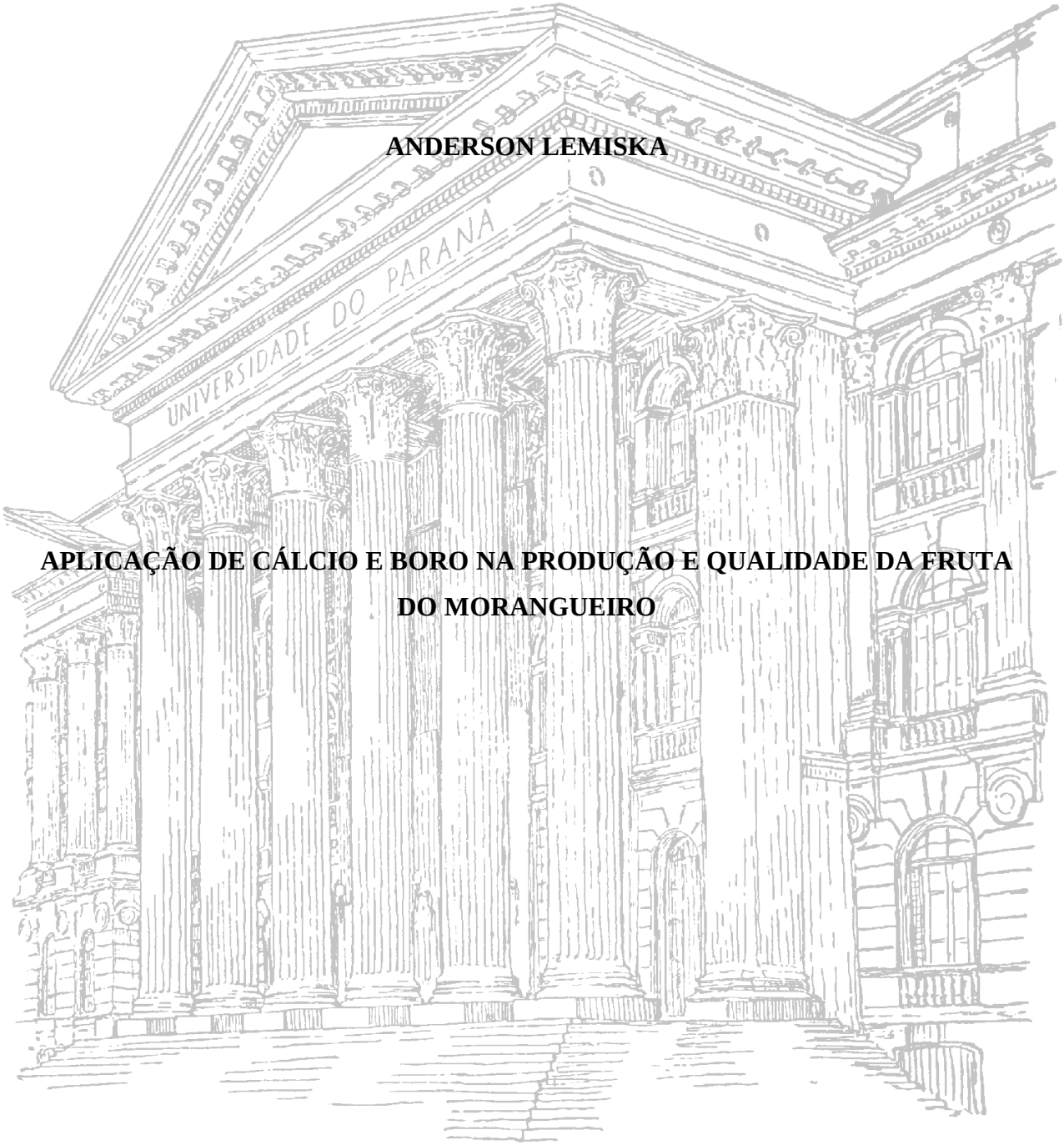
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO



ANDERSON LEMISKA

APLICAÇÃO DE CÁLCIO E BORO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FRUTA DO MORANGUEIRO

CURITIBA

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

ANDERSON LEMISKA

APLICAÇÃO DE CÁLCIO E BORO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FRUTA DO MORANGUEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Solo e Ambiente, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

Coorientadora: Profa. Dra. Francine Lorena Cuquel.

CURITIBA

2013

PARECER

A Banca Examinadora designada para avaliar a defesa da Dissertação de Mestrado de **ANDERSON LEMISKA,** intitulada **"Aplicação de cálcio e boro na produção e qualidade da fruta do morangueiro",** do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após análise do texto e arguição do candidato, emitem parecer pela **"APROVAÇÃO"** da referida Dissertação. O candidato atende assim um dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração Solo e Ambiente.**

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 26 de abril de 2013.

Prof. Dr. Volnei Paulett, Presidente.

Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende, I°. Examinador.

Profª. Drª. Maria Aparecida Cassilha Zawadneak, IIª. Examinadora

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Programa de Pós - Graduação em Ciências do Solo

Aos meus pais Vitório Lemiska e Júlia Lemiska, meus irmãos Daniele e Rafael, a grande amiga e companheira Liege Araujo Cordeiro, a todos familiares, em especial Gabriel Ternoski, e a todos os amigos maiores incentivadores da minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por mais este motivo de felicidade.

Ao meu orientador Professor Volnei Pauletti, bem como a minha co-orientadora Professora Francine Lorena Cuquel, pela amizade, orientação, ensinamentos, confiança, paciência e fundamental colaboração para o término desta dissertação.

Aos professores do Programa com os quais tive o privilegio de aprender e poder desenvolver todo o andamento deste trabalho.

A todos os meus colegas e amigos que direta ou indiretamente muito colaboraram para a realização deste trabalho.

Aos colegas da turma 2011, cujas sugestões e críticas construtivas durante as aulas de Seminário foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Gerson, Elda, Roberto, Reginaldo e Aldair.

A Bioagro pela doação das mudas e a Nutrical e Boutim pela doação dos fertilizantes.

Aos estagiários: Gabriel, Cesar e Glória que ajudaram muito na condução dos experimentos.

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realizar este trabalho e à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

E a todas as pessoas que de alguma forma direta e indiretamente contribuíram para a realização do curso de mestrado. Muito Obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL vii

ABSTRACT ix

INTRODUÇÃO GERAL 1

1. CAPÍTULO I. EFEITO DO BORO NA PLANTA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FRUTA DO MORANGUEIRO 4

1.1. Introdução 6

1.2. Material e Métodos 7

1.3. Resultados e Discussão 9

1.4. Conclusões 17

1.5. Literatura Citada 17

2. CAPÍTULO II. FERTILIDADE DO SOLO, TEOR DE NUTRIENTES NA PLANTA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTAS DO MORANGUEIRO EM FUNÇÃO DA CALAGEM E APLICAÇÃO FOLIAR DE CÁLCIO.... 22

2.1. Introdução 24

2.2. Material e Métodos 26

2.3. Resultados e Discussão 28

2.4. Conclusões 40

2.5. Literatura Citada 40

CONCLUSÃO GERAL 48

APLICAÇÃO DE CÁLCIO E BORO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FRUTA DO MORANGUEIRO[1]

Autor: Anderson Lemiska
Orientador: Volnei Pauletti
Co-Orientadora: Profa. Dra. Francine Lorena Cuquel

RESUMO GERAL

A área cultivada com o morangueiro vem aumentando a cada ano, isso devido sua grande importância econômica e social para o meio rural. Objetivando aumentar cada vez mais a produção os produtores de morango realizam adubação com vários nutrientes, entre eles o cálcio e boro são os mais utilizados, porém pouco se sabe sobre os efeitos destes nutrientes no morangueiro. Em virtude de tal situação, objetivou-se realizar adubações com cálcio e boro na cultura do morangueiro. Para avaliar o efeito do boro no morangueiro, foi aplicado 0 e 4 kg B ha^{-1} incorporados no solo na data de plantio, combinado com cinco doses de boro foliar (0, 240, 480, 720 e 960 g B ha^{-1}) que foram pulverizadas sobre as plantas. Para avaliar o efeito do cálcio no morangueiro foram aplicadas quatro doses de calcário no solo (0, 3600, 7560 e 11500 kg ha^{-1}, buscando atingir a saturação por bases de 30, 50, 70 e 90 %, respectivamente) combinado com cinco doses de cálcio (0, 3, 6, 9 e 12 kg Ca ha^{-1}) pulverizadas sobre as plantas. Os resultados deste trabalho foram apresentados em dois capítulos distintos, sendo que no primeiro, avaliaram-se os efeitos do boro na planta, produção e pós-colheita das frutas do morangueiro, enquanto no segundo capitulo avaliou-se os efeitos do cálcio na fertilidade do solo, teor de nutrientes na planta, produção e qualidade pós-colheita das frutas do morangueiro. Do capítulo um, conclui-se que tanto a aplicação de boro na parte aérea quanto no solo aumentaram o teor foliar deste nutriente, sendo o nível adequado para a segunda florada do morangueiro valores entre 69 a 88 mg kg^{-1}. A máxima produção total de frutas do morangueiro foi obtida com a aplicação foliar de 568 g B ha^{-1} durante o florescimento, devido ao aumento do número e da produção de frutas de maior diâmetro. Esta aplicação foliar

[1] Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (59 p.) Maio, 2013.

também resultou em aumento da firmeza das frutas. A aplicação de boro tanto no solo quanto foliar reduziu a massa seca radicular e aérea do morangueiro e o teor de sólidos solúveis na fruta, sendo este efeito não desejável para o consumo da fruta in natura. Do capítulo dois, conclui-se que a aplicação de calcário promoveu aumento nos teores de cálcio, magnésio e na saturação por bases, bem como reduziu a acidez do solo. A calagem não influenciou o teor de Ca, Mg ou K na folha ou fruta, mas aumentou o teor de P e Cu na folha e de Cu, Fe e Zn nas frutas, além de reduzir o teor de Mn tanto na folha quanto na fruta. O maior crescimento radicular e a máxima produção de frutas do morangueiro foram alcançados com a aplicação de calcário até 5410 kg ha^{-1} ou saturação por bases do solo próximo a 60%, inferior à recomendada atualmente pelos manuais de adubação no Brasil. A aplicação de calcário reduziu a firmeza das frutas, mas não alterou a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis, enquanto a aplicação foliar de cálcio não apresentou qualquer efeito sobre a fertilidade do solo, planta, produção e qualidade das frutas do morangueiro.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*. Calagem. Adubação boratada. Pós-colheita.

APPLICATION OF CALCIUM AND BORON ON YIELD AND QUALITY OF FRUIT STRAWBERRY[2]

Author: Anderson Lemiska
Advisor: Prof. Dr. Volnei Pauletti
Co- Advisor: Profa. Dra. Francine Lorena Cuquel

GENERAL ABSTRACT

The area cultivated with strawberry is increasing every year, it due to its great economic and social importance for the rural areas. Aiming to increase production increasingly Strawberry growers perform fertilization with various nutrients, including calcium and boron are the most used, but little is known about the effects of these nutrients in strawberry. In view of this situation, it was aimed to accomplish fertilization with calcium and boron in strawberry culture. To evaluate the effect of boron on strawberry was applied 0 and 4 kg B ha^{-1} incorporated into the soil at the time of planting, combined with five doses of boron leaf (0, 240, 480, 720 and 960 g B ha^{-1}) were sprayed on the plants. To evaluate the effect of calcium in strawberries were applied four limestone soil (0, 3600, 7560 and 11500 kg ha^{-1}, seeking to reach a base saturation of 30, 50, 70 and 90%, respectively) combined with five Calcium dosages (0, 3, 6, 9 and 12 kg Ca ha^{-1}) sprayed on plants. The results of this work were presented in two separate chapters, and the first, evaluated the effects of boron on plant production and post-harvest strawberry fruit, while in the second chapter we evaluated the effects of calcium on fertility soil nutrient content in plant production and postharvest quality of strawberry fruit. Chapter one, it is concluded that both the application of boron in the air and on the ground increased foliar nutrient this being the appropriate level for the second strawberry bloom values between 69 to 88 mg kg^{-1}. The maximum total production of strawberry fruit was obtained with foliar application of 568 g B ha^{-1} during flowering due to the increased number of fruit and of greater diameter. This foliar application also resulted in increased firmness of the fruit. The application of boron in the soil as leaf reduced root biomass and aerial strawberry and soluble solids content in fruit, this effect was not desirable

[2] Soil Science Master Dissertation. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (59 p.) March, 2013.

for the consumption of fresh fruit. Of chapter two, it is concluded that the application of lime promoted increased levels of calcium, magnesium and base saturation, as well as reducing soil acidity. Liming did not affect the content of Ca, Mg and K in leaf or fruit, but increased P content and the Cu foil and Cu, Fe and Zn in fruits, besides reducing the Mn content both in leaf and in fruit. The maximum root growth and fruit production in strawberry were achieved with the application of lime to 5410 kg ha^{-1} or soil base saturation close to 60%, lower than the currently recommended by the manual fertilization in Brazil. Liming reduced the firmness of the fruit, but did not affect titratable acidity and soluble solids, while the foliar application of calcium had no effect on the fertility of the soil, plant, production and fruit quality of strawberry

Key-Words: *Fragaria x ananassa*. Liming. Boron fertilization. Postharvest.

INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, a fruticultura ocupa uma área de 2,3 milhões de hectares, com produção anual de 41 milhões de toneladas de frutas e faturamento próximo de US$ 10 bilhões, colocando o país entre os maiores produtores mundiais (Natale et al., 2012). Os principais Estados produtores de morango são Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo e Paraná. O Estado do Paraná como quarto maior produtor nacional de morango, apresenta uma produção de 16,22 mil toneladas de morango, sendo considerada a quinta fruta mais produzida (SEAB, 2013).

Para realizar a maioria das operações desde o plantio até a colheita das frutas, o morangueiro demanda grande aporte de mão de obra, sendo uma atividade ideal para o pequeno estabelecimento familiar rural. Estas famílias têm grande interesse pela produção de morango devido a sua alta rentabilidade econômica, o amplo conhecimento pelos consumidores e a grande diversidade na comercialização e processamento da fruta, tais como polpa, sorvetes, geleias, compotas e sucos. (Fachinello et al., 2011), além disto, esta fruta é um alimento nutricionalmente importante, pois é rico em vitaminas, frutose e sacarose e minerais (Giampieri et al., 2012).

As plantas retiram do solo os nutrientes minerais necessários ao seu desenvolvimento. Visando evitar o esgotamento desses nutrientes no solo e nutrir a planta, é necessário que sejam realizadas adubações que podem ser feitas tanto no solo como foliar. Está prática cultural é muito utilizada pelos produtores de morango principalmente visando elevar a produção (Castellane, 1990), mas também é um dos fatores pré-colheita que condicionam os atributos de qualidade pós-colheita das frutas como a cor, textura, aroma, açúcar e acidez (Cantillano et al., 2003). Cada um destes atributos tem importância variada de acordo com os interesses da cadeia de comercialização (Chitarra, 1990). Os produtores almejam altas produtividades, os comerciantes, frutas com maior período para comercialização, enquanto os consumidores preferem frutas adocicadas. Em áreas de produção de hortaliças é comum encontrarmos teores de nutrientes no solo muitas vezes acima do adequado para a cultura, e isto ocorre, em muitos casos, porque o produtor aplica muito fertilizante em relação às quantidades retiradas pela cultura. (Motta & Serrat, 2006), logo, o conhecimento sobre a dinâmica dos nutrientes no solo é importante para sincronizar a disponibilidade dos fertilizantes ou dos corretivos com as necessidades das plantas para evitar excessos que possam ocasionar desequilíbrio nutricional (Tagliavini et al., 2005) e afetar a qualidade das frutas.

O morangueiro possui um longo período reprodutivo que pode se estender de 4 a 6 meses (Cantillano et al., 2003), o que implica em disponibilidade constante de nutrientes, principalmente de cálcio e boro, para atender a demanda da planta. Estes nutrientes têm importante função na fisiologia das plantas e devem ser considerados nos programas de adubação. O calcário é a fonte de cálcio mais empregada nos campos de produção de morango, isto porque tem um custo relativo mais baixo em relação aos outros nutrientes, além de trazer muitos benefícios tanto para o solo como para as plantas, mas seu uso indiscriminado pode resultar em alterações na química, física e biologia do solo e afetar a produtividade do morangueiro. O micronutriente boro é aplicado pelos produtores de morango principalmente via foliar, mas também é recomendada sua incorporação ao solo no momento da formação dos canteiros. Vários são os efeitos benéficos do boro para as plantas, mas também são frequentes os relatos de toxidez causada pelo micronutriente quando aplicado de forma incorreta.

O morangueiro, apesar da grande área cultivada, alta rentabilidade e seu benefício social para o meio rural, ainda perece de estudos na parte nutricional. É necessário definir aspectos como a diagnose e nível crítico nutricional, doses de fertilizantes, épocas e parcelamento de aplicações, tudo isso para dar suporte técnico aos agricultores na hora de decidir e realizar as adubações da cultura buscando aumento na produtividade de frutas com qualidade.

Literatura Citada

CANTILLANO, F.F.; MARTINS, C.R.; MADAIL, J.C.M.; FORTES, J.F.; REICHERT, L.J.; LAGOS, L.L. & BENDER, R.J. Morango Pós-Colheita. 1.ed. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2003. 28p

CASTELLANE, P.D. Nutrição e adubação do morangueiro. In: Simpósio Sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças. Jaboticabal, 1990. Anais. Piracicaba, POTAFÓS, 1993. p.261-279.

CHITARRA, M.I.F. Pós colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras, 1990. 293 p.

FACHINELLO, J.C.; PASA, M. S.; SCHMTIZ, J.D. & BETEMPS, D.L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura, v. especial:109-120, 2011.

GIAMPIERI, F.; TULIPANI, S.; SUAREZ, J.M.A.; QUILES, J.L.; MENEZZETTI, B. & BATTINO, M. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impacto in human health. Journal Nutrition, 28:9-19, 2012.

MOTTA, A.C.V. & SERRAT, B.M. Princípios de adubação. In: LIMA, M.R. Diagnostico e Recomendação de Manejo do Solo. 1.ed. Curitiba, UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006. 143-190p.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PARENT, L.E. & PARENT, S.E. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. Revista Brasileira de Fruticultura, 34:1294-1306, 2012.

SEAB 2013. VALOR BRUTO DA PRODUÇÃO RURAL PARANAENSE 2011. Disponível em: < http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/vbp_2011.pdf > Acesso em 12 mai. 2013.

TAGLIAVINI, M.; BALDI, E.; LUCCHI, E.; ANTONELLI, M.; SORRENTI, G.; BARUZZI, G. & FAEDI, W. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (Fragaria×ananassa Dutch.) grown in soil and soilless culture. European Journal of Agronomy, 23:15-25, 2005.

CAPÍTULO I. EFEITO DA APLICAÇÃO DE BORO NA PLANTA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FRUTA DO MORANGUEIRO

RESUMO

Nos sistemas de produção do morangueiro, a adubação com boro é uma das práticas culturais mais empregadas pelos produtores devido à essencialidade deste micronutriente para às plantas, contudo o seu uso de forma incorreta pode comprometer a produção e a qualidade das frutas. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar os efeitos da aplicação de boro no solo (0 e 4 kg ha^{-1}) combinadas com pulverizações na parte aérea das plantas (0, 240, 480, 720 e 960 g B ha^{-1}) sobre a planta, número, produção, acidez titulável, teor de sólidos solúveis, pH da polpa e firmeza das frutas do morangueiro. Tanto a aplicação de boro na parte aérea quanto no solo aumentaram o teor foliar deste nutriente, sendo o nível adequado para a segunda florada do morangueiro valores entre 69 a 88 mg kg^{-1}. A máxima produção total de frutas do morangueiro foi obtida com a aplicação foliar de 568 g B ha^{-1} durante o florescimento, devido ao aumento do número e da produção de frutas de maior diâmetro. Esta aplicação foliar também resultou em aumento da firmeza das frutas. A aplicação de boro tanto no solo quanto foliar reduziu a massa seca radicular e aérea do morangueiro e o teor de sólidos solúveis na fruta, sendo este efeito não desejável para o consumo da fruta in natura.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*. Micronutriente. Adubação. Pós-colheita.

CHAPTER 1. EFFECT OF BORON APPLICATION IN PLANT, PRODUCTION AND QUALITY OF FRUIT STRAWBERRY

ABSTRACT

In strawberry production systems, fertilization with boron is one of the most cultural practices employed by producers due to essentiality this micronutrient for plants, however its use incorrectly can compromise the production and quality of fruit. The aim of this study was to evaluate the effects of applying boron in the soil (0 and 4 kg ha^{-1}) combined with spraying in the shoots (0, 240, 480, 720 B and 960 g ha^{-1}) on plant, number, production, titratable acidity, soluble solids, pH and pulp firmness of strawberry fruit. Both the application of boron in shoots and in soil increased the leaf content of this nutrient, with the appropriate level for the second flowering of strawberry values between 69-88 mg kg^{-1}. The maximum total production of strawberry fruit was obtained with foliar application of 568 g B ha^{-1} during flowering due to the increased number of fruit and of greater diameter. This foliar application also resulted in increased firmness of the fruit. The application of boron in the soil as leaf reduced root biomass and aerial strawberry and soluble solids content in fruit, this effect was not desirable for the consumption of fresh fruit.

Key-words: Fragaria x ananassa. Micronutrient. Fertilization. Postharvest.

1.1. INTRODUÇÃO

O morango pertence ao grupo das pequenas frutas e a grande área cultivada é justificada pela alta rentabilidade econômica, o amplo conhecimento pelos consumidores e grande diversidade na comercialização (Fachinello et al., 2011), bem como representa um importante fator social, pois é produzido em pequenas propriedades e com grande utilização de mão de obra familiar. A adubação com boro está entre as práticas culturais mais empregadas pelos produtores de morango devido à essencialidade deste nutriente para as plantas, e seu principal objetivo é aumentar a produção (Albregts & Howard, 1984), além de ser um dos fatores pré-colheita que podem condicionar os atributos de qualidade pós-colheita das frutas do morangueiro como a cor, textura, aroma, açúcar e acidez (Cantillano et al., 2003). Cada um destes atributos tem importância variada de acordo com os interesses da cadeia de comercialização (Chitarra, 1990) e a adubação com boro pode afeta-los se realizadas de forma incorreta.

Na solução do solo, o boro é absorvido pela planta em sua fração solúvel como ácido bórico (H_3BO_3) o qual chega até as raízes via fluxo de massa (Mattiello et al., 2009), porém esta fração, que representa menos que 4,5 % do boro total do solo (Ferreyra & Silva, 1999), tem sua disponibilidade grandemente influenciada pelo teor de matéria orgânica, pH e teor de argila do solo (Valladares et al., 1999). Além disto, grande parte do boro aplicado ao solo via adubação pode ser perdido por lixiviação (Rosolem & Bíscaro, 2007), e tendo em visto que 95% do sistema radicular do morangueiro encontra-se nos primeiros 22 cm de profundidade (Ronque, 1998), essas são as principais causas de deficiência do elemento para as plantas.

O morangueiro é considerado muito exigente em boro, especialmente no período reprodutivo, pois é o terceiro micronutriente mais extraído pela planta, alocando-se preferencialmente nas folhas, em seguida nas frutas e caules (Souza et al., 1977). Do florescimento até a o ponto de colheita o morango necessita em média 38 dias (Antunes et al., 2006), enquanto o período reprodutivo pode se estender de 4 a 6 meses (Cantillano et al., 2003), demonstrando o longo ciclo reprodutivo da cultura, implicando em disponibilidade constante do boro para atender esta demanda.

Assim como na maioria das espécies cultivadas, o boro é considerado imóvel na cultura do morangueiro (Marschner, 2012), e isto pode prejudicar o seu fornecimento para as flores e comprometer a fecundação dos óvulos pelo pólen, resultando em frutas mal formadas e de baixo valor comercial (Palha, 2005). Desta forma, é muito importante suprir a planta e principalmente as flores, pois o micronutriente possui a função de estimular a germinação do

grão de pólen e do crescimento do tubo polínico (Lee et al., 2009; Danner et al., 2011), fato fundamental para a adequada formação das frutas. O boro também está relacionado ao metabolismo e transporte dos carboidratos (Dechen & Nachtigall, 2006), além de ser um importante nutriente constituinte da estrutura dos polissacarídeos que fornecem resistência à parede celular (Taiz & Zeiger, 2009), resultando em frutas mais resistentes ao transporte e com maior período para a comercialização.

A adubação é uma das formas de atender a demanda da planta e corrigir possíveis deficiências nutricionais de elementos pouco móveis como o boro, sendo o ácido bórico a fonte de B mais utilizada. De acordo com Wójcik et al. (2008), esta fonte quando aplicada diretamente ao solo é eficiente em suprir a demanda das frutas, por outro lado, quando utilizada no preparo para aplicação foliar elevou os teores de boro nas flores, e ambas as formas de aplicação melhoraram a produtividade das plantas. No entanto, altas doses de boro na adubação, tanto via solo como foliar, podem causar toxidez foliar devido ao estreito intervalo entre nível adequado e tóxico, podendo prejudicar o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Considerando o exposto, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar os efeitos da aplicação de boro no solo e na parte aérea sobre a planta, produção e qualidade das frutas do morangueiro.

1.2. MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR em Curitiba, PR durante o ano de 2011. Foram coletados os primeiros 20 cm superficiais de um Cambissolo, o qual foi seco ao ar, destorroado, passado em peneira de malha de 2 mm e homogeneizado. A caracterização química e granulométrica deste solo antes da instalação do experimento apresentou os seguintes valores: $pH_{(CaCl2)}$: 4,8; Al^{+3}: 0,2 $cmol_c\ dm^{-3}$; Ca^{+2}: 4,9 $cmol_c\ dm^{-3}$; Mg: 3,0 $cmol_c\ dm^{-3}$; K: 0,13 $cmol_c\ dm^{-3}$; P: 3,6 mg dm^{-3}; $B_{(água\ quente)}$: 0,41 mg dm^{-3}; V%: 56, matéria orgânica: 4,55% e teor de areia, silte e argila igual a 148, 252 e 600 g kg^{-1}, respectivamente. Foi realizada a interpretação e a adubação de plantio conforme a CQFS-RS SC (2004), aplicando 80 kg ha^{-1} de N, 220 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 120 kg ha^{-1} de K_2O, na forma de ureia, superfosfato simples e sulfato de potássio, respectivamente. Após a adubação, o solo foi acondicionado em vasos com capacidade de cinco quilogramas e realizado o plantio no dia 03 de maio. Utilizou-se mudas da cultivar

Camarosa provenientes do Chile, as quais foram selecionadas com mesmo diâmetros da coroa e alocando uma muda por vaso que constituiu a unidade experimental. Durante a condução do experimento buscou-se manter a umidade do solo a 70 % da capacidade de campo.

1.2.2. TRATAMENTOS E DELINEMENTO EXPERIMENTAL

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com três repetições, distribuindo os tratamentos em esquema fatorial 2x5, combinando duas doses de boro (0 e 4 kg ha^{-1}) incorporadas no solo na data de plantio, com cinco doses de boro foliar (0, 240, 480, 720 e 960 g B ha^{-1}) que foram pulverizadas sobre as plantas. Cada dose foliar de boro foi dividida em quatro partes iguais sendo realizada a primeira aplicação quando 50 % das flores da primeira florada encontravam-se abertas (escala fenológica 3 proposta por Antunes et al., 2006) e as demais com intervalos de 30 dias. A fonte de boro utilizada foi o ácido bórico com 17% de B e um volume de calda de 1000 L ha^{-1}.

1.2.3. AVALIAÇÕES

As colheitas das frutas foram realizadas de julho a novembro, adotando como ponto de colheita a escala fenológica 9 proposta por Antunes et al. (2006), ou seja, quando a fruta se apresentava com mais de 75% da coloração externa avermelhada. Em cada planta foram avaliados o número e a produção de frutas, as quais foram pesadas e classificadas em categorias de acordo com a presença de defeitos externos graves (DG), leves (DL) e sem defeitos (SD). Esta última categoria foi separada em classes <15 mm, 15-35 mm e >35 mm, conforme o diâmetro equatorial das frutas, segundo PBMH & PIMo (2009). Na avaliação das frutas comerciais foram excluídas as frutas com DG e <15 mm.

Na avaliação da qualidade físico-química foram utilizadas as frutas colhidas do período de julho a setembro. A firmeza das frutas foi avaliada em quatro morangos da categoria SD por planta. Para isso foi utilizado o texturômetro digital Brookfield CT3 2500, determinando a resistência à compressão em um ponto no terço médio inferior das frutas evitando-se a semente. Foi utilizada uma ponta de prova cilíndrica de 2 mm de diâmetro, velocidade de perfuração de 1 mm s^{-1}, distância padrão de 5 mm e o resultado expresso em Newton. Em seguida todas as frutas de cada planta foram congeladas juntas formando uma amostra a qual no final do período da colheita foi descongelada, homogeneizada por meio de uma centrifuga doméstica e realizada as determinações da acidez titulável por volumetria

potenciométrica, teor de sólidos solúveis totais por refratometria e pH da polpa por potenciometria, de acordo com Instituto Adolf Lutz (2008).

Após 189 dias do plantio foi amostrada a terceira folha recém desenvolvida sem pecíolo e realizada a análise do teor foliar de boro por espectrofotometria com azometina-H segundo Silva (2009). Com o restante da planta foi determinada a massa seca da parte aérea considerando as folhas, pecíolos e coroa, bem como massa seca das raízes, por meio de secagem em estufa a 65° C por 48 horas.

1.2.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Realizou-se o teste de Bartlett para verificar a homogeneidade entre os dados, em seguida foram avaliados os efeitos da aplicação de boro no solo pelo teste F e os efeitos das doses foliares de boro por regressão, ao nível de 5% de significância.

1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1. TEOR FOLIAR DE BORO

O teor de boro na folha do morangueiro aumentou significativamente com a aplicação de boro no solo (103 mg kg^{-1}) em relação à ausência da aplicação (63 mg kg^{-1}) e esse teor aumentou linearmente com os tratamentos foliares de boro (Figura 1).

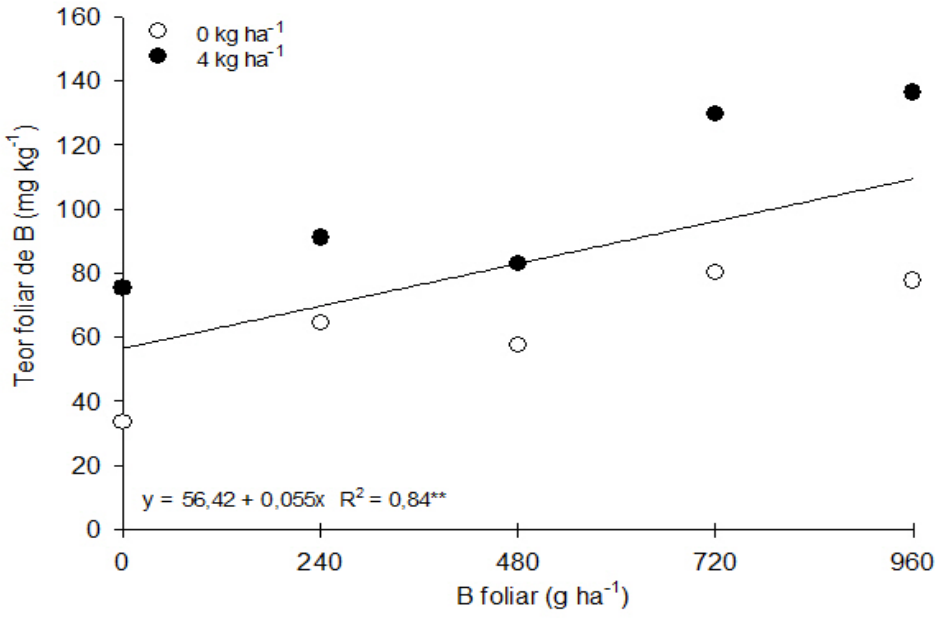


Figura 1. Teor foliar de boro do morangueiro ao término da colheita em função da aplicação de doses foliares deste nutriente.

De acordo com Silva (2009), o teor foliar de boro adequado para a primeira florada do morangueiro, encontra-se entre 35 - 100 mg kg^{-1}. Apesar da análise foliar ter sido realizada no final da segunda florada, observa-se que na ausência total da aplicação deste micronutriente o teor foliar estaria abaixo do adequado, mesmo com teor inicial de boro no solo indicando nível alto para a cultura (0,41 mg kg^{-1}).

Quando foi realizada aplicação de boro no solo combinado com a dosagem foliar de 720 ou 960 g B ha^{-1} foram observados sintomas visuais de toxidez foliar deste nutriente caracterizada pela necrose das bordas das folhas velhas, coincidindo com a região onde há maior transpiração e acumulação do nutriente. Sintomas semelhantes de toxidez foliar de boro no morangueiro também foram observados e descritos por Haydon (1981).

1.3.2. NÚMERO E PRODUÇÃO DE FRUTAS

Os tratamentos não afetaram o número total (12,5 frutas $planta^{-1}$), comercial (8,3 frutas $planta^{-1}$), das categorias DL (1,8 frutas $planta^{-1}$) e DG (2,8 frutas $planta^{-1}$), das classes <15 mm (1,4 frutas $planta^{-1}$) e 15-35 mm (5,3 frutas $planta^{-1}$). A aplicação de boro no solo aumentou significativamente o número de frutas da classe > 35 mm (1,6 frutas $planta^{-1}$), quase o dobro em relação à ausência da aplicação no solo (0,86 fruta $planta^{-1}$), e os tratamentos foliares de boro propiciaram aumento linear do número de frutas desta classe (Figura 2).

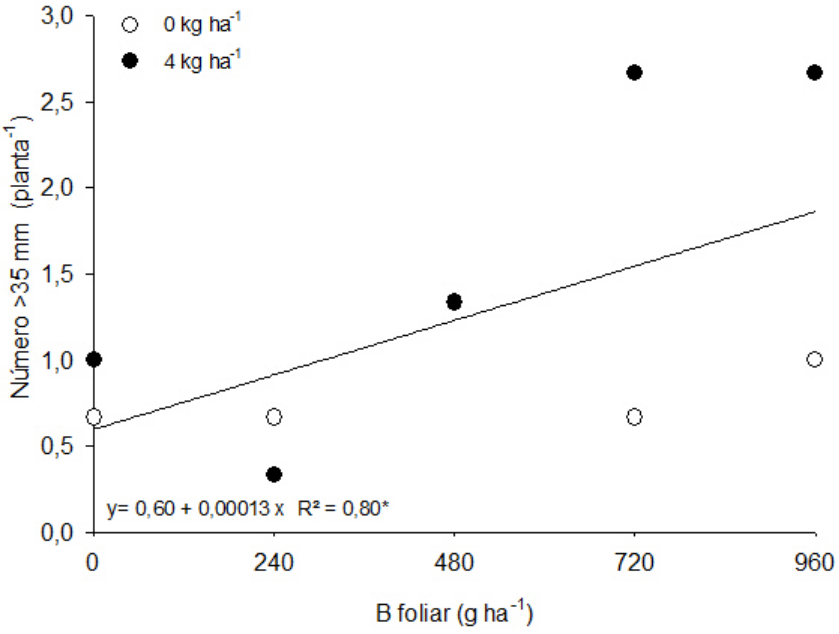


Figura 2. Número de frutas do morangueiro com diâmetro >35 mm em função da aplicação de doses foliares de doses.

Tendo em vista que o principal mecanismo de transporte de boro até as raízes ocorre via fluxo de massa (Mattiello et al., 2009) e observando que a aplicação de boro no solo elevou o teor do nutriente na folha (Figura 1) e na fruta como constatado por Ensringu et al. (2011), o mesmo pode ter ocorrido nas flores influenciando positivamente a germinação do grão de pólen e o crescimento do tubo polínico (Lee et al., 2009), resultando em frutas com maiores diâmetros. No entanto, verifica-se que somente o fornecimento de boro via solo não foi suficiente para suprir as flores e frutas, uma vez que houve incremento linear no número de frutas da classe >35 mm com a aplicação foliar (Figura 2). Na maioria das plantas, o boro é imóvel acumulando-se nas folhas mais velhas (Marschner, 2012), isto ocorre porque elas transpiram mais que as flores e os frutos, logo as aplicações foliares supriram de forma complementar esses órgãos, inclusive o grão de pólen, resultando em aumento do diâmetro das frutas. Este resultado confirma a essencialidade do micronutriente para a frutificação da planta e principalmente objetivando o aumento no diâmetro das frutas, visto que este é um importante atributo na aceitação do produto pelos consumidores (Trevisan et al., 2006).

Os tratamentos não afetaram a produção de frutas comerciais (117,7 g planta^{-1}), das categorias DL (27,1 g planta^{-1}) e DG (33,0 g planta^{-1}), das classes <15 mm (6,0 g planta^{-1}), 15-35 mm (63,4 g planta^{-1}). A aplicação foliar de boro aumentou linearmente à produção de frutas da classe > 35 mm (Figura 3), o que já era esperado devido o maior número de frutas desta classe.

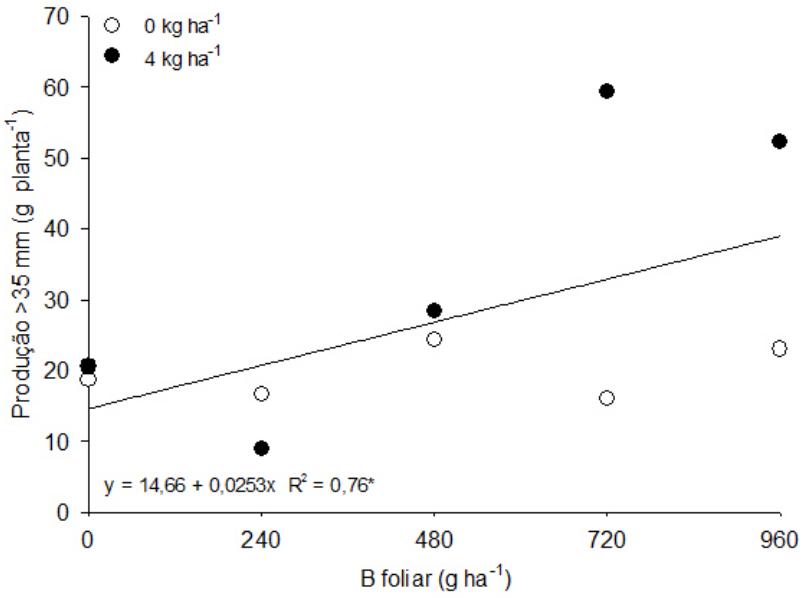


Figura 3. Produção de frutas do morangueiro com diâmetro >35 mm em função da aplicação de doses foliares de doses.

Apesar da aplicação de boro no solo ter aumentado o número de frutas da classe >35 mm, o mesmo não ocorreu em relação à produção desta classe que resultou em produção média de 26,8 g planta^{-1}, sendo 42% a mais em relação à ausência da aplicação de boro no solo.

Independente da aplicação de boro no solo, a máxima produção total foi obtida com a aplicação foliar de até 568 g B ha^{-1} (Figura 4), concordando com resultados obtidos por Albregts & Howard (1984), sendo que esta dosagem resultou na produção de 175 gramas de frutas por planta e teor foliar de boro equivalente a 88 mg kg^{-1}. Em condições de casa de vegetação e em período de avaliação semelhante ao da presente pesquisa, Radin et al. (2011) observaram que a cultivar Camarosa produziu de 15 a 19 frutas resultando em produção total de 200 a 220 gramas por planta. Considerando o número total de frutas (12,5 planta^{-1}) produzido na presente pesquisa em relação a estes autores, nota-se que a aplicação foliar de boro foi eficiente em elevar a produção do morangueiro.

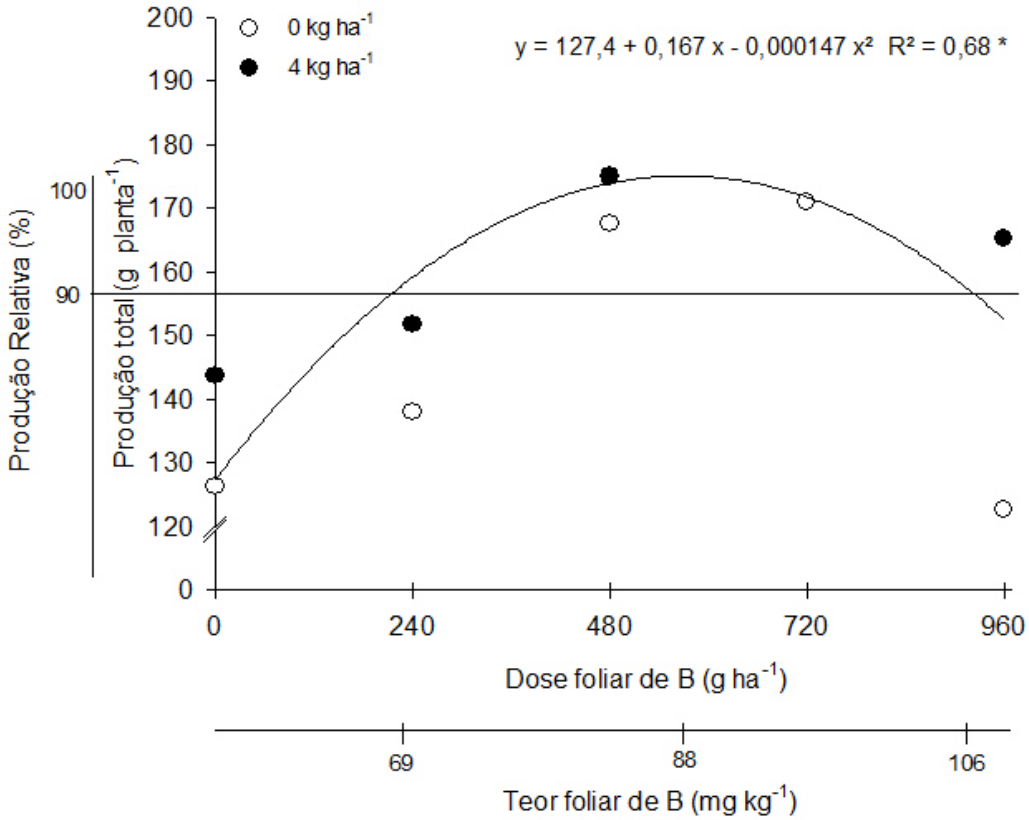


Figura 4. Produção total de frutas do morangueiro em função da aplicação de doses foliares de doses e nível crítico de boro foliar relacionado a 90% da produção.

Para avaliar o estado nutricional do morangueiro e realizar a adubação com boro de forma adequada, é muito importante definir níveis de teor foliar de boro que apresentem uma

boa produção e que não cause toxidez foliar. Desta forma, o nível crítico foliar de boro relativo a 90% da máxima produção de frutas foram de 69 e 106 mg kg^{-1} (Figura 4), valores muito semelhantes ao recomendado por Silva (2009) para a primeira florada da cultura (35 - 100 mg kg^{-1}). No entanto, observando que houve queda na produção de frutas com teor foliar de boro acima de 88 mg kg^{-1} (Figura 4), conclui-se que o nível de boro foliar mais adequado para a segunda florada do morangueiro oscila entre 69 a 88 mg kg^{-1}, pois nesta faixa, além de apresentar uma boa produção de frutas, não foram observados sintomas visuais de toxidez foliar de boro que pudessem afetar os próximos ciclos reprodutivos da planta.

1.3.3. PÓS-COLHEITA DAS FRUTAS

Com relação às variáveis que definem a qualidade das frutas do morangueiro, não houve efeito dos tratamentos no pH da polpa (3,44), mas houve interação significativa entre os tratamentos quanto ao teor de sólidos solúveis das frutas (Figura 5). A aplicação de boro reduziu o teor de sólidos solúveis (°Brix) nas frutas do morangueiro. O maior teor foi obtido no tratamento sem a aplicação de boro no solo e foliar, mas este teor declinou na medida em que as dosagens foliares foram aumentadas até 333 g B ha^{-1}. Quando realizada somente aplicação de boro no solo, sem aplicação foliar com o elemento, também houve redução significativa no teor de sólidos solúveis.

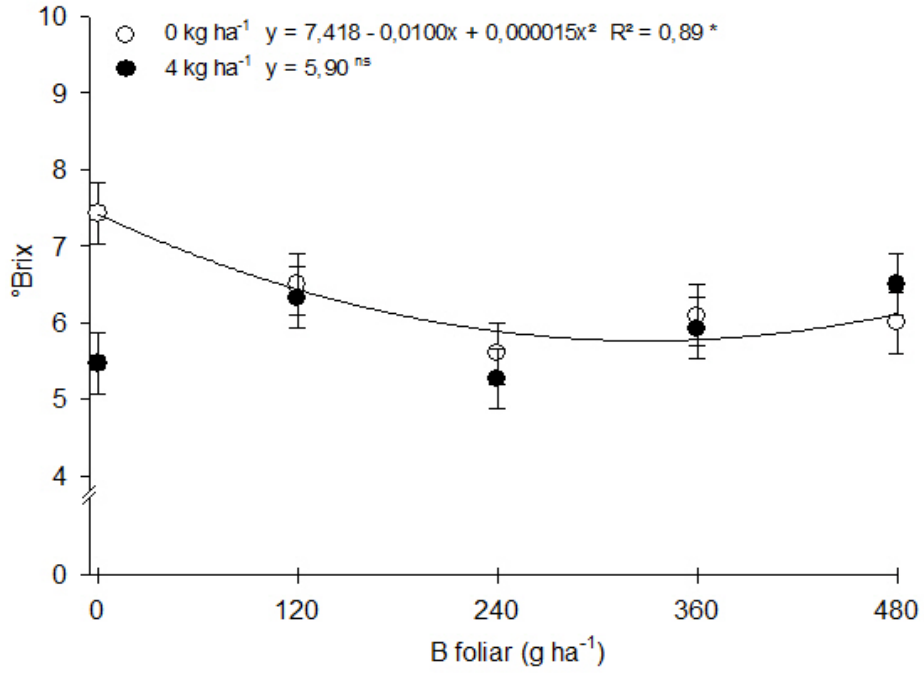


Figura 5. Teor de sólidos solúveis (°Brix) nas frutas do morangueiro em função da aplicação de boro no solo (0 e 4 kg ha^{-1}) e na parte aérea (B foliar).

Duas hipóteses podem explicar a redução nos teores de açúcares nas frutas devido à aplicação de boro. Os açúcares são sintetizados nas folhas e translocados para as frutas numa relação fonte-dreno, respectivamente (Taiz & Zeiger, 2009). O aumento nos teores foliares de boro reduz a assimilação de CO_2 e consequentemente o teor de açúcar nas folhas como constatado por Han et al. (2009) e Simón et al. (2013). Para estes autores, o excesso de boro reduz a atividade das enzimas fotossintéticas, além de afetar os cloroplastos e a capacidade de transporte de elétrons. Na segunda hipótese, considerando que a aplicação de boro não alterou o número total de frutas por planta, mas aumentou o número e a produção de frutas com maiores diâmetros (>35 mm), isto pode ter ocasionado diluição dos açúcares reduzindo o teor de sólidos solúveis das frutas também constatado por Quaggio et al. (2003). De qualquer maneira, a diminuição do teor de sólidos solúveis proporcionada pela aplicação de boro prejudica a aceitação do produto, visto que os consumidores preferem frutas mais adocicadas (Cuquel et al., 2012).

Houve interação significativa dos efeitos dos tratamentos sobre a acidez titulável das frutas do morangueiro (Figura 6). A aplicação foliar de boro não alterou a acidez titulável quando da ausência de aplicação de boro no solo, resultando em teor médio de 0,99 % valores próximos ao encontrado por Wójcik & Lewandowski (2003) e Singh et al. (2007). No tratamento em que somente se aplicou boro no solo houve redução no teor da acidez titulável, mas este teor elevou-se linearmente com as aplicações das dosagens foliares (Figura 6).

O morango contém uma grande quantidade de ácidos orgânicos, sendo o ácido ascórbico o mais comum (Giampieri et al., 2012), mas sua produção é afetada pela interação entre genótipo e nutrição da planta com boro. Segundo Singh et al. (2012), a baixa concentração foliar de boro causou aumento significativo nos teores de ácido ascórbico. Como a acidez titulável tem relação direta com a concentração dos ácidos orgânicos (Chitarra, 1990), nota-se o mesmo comportamento observado por estes autores quando da ausência total da aplicação de boro (Figura 6). Porém, a aplicação deste elemento no solo combinado com a maior dosagem foliar alterou significativamente a acidez titulável, portanto, além do genótipo, a dose de boro utilizada também afeta a produção dos ácidos orgânicos pela planta do morangueiro.

Segundo Palha (2005), quanto maior for a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis das frutas do morangueiro maior é o sabor e o aroma delas. Desse modo, o tratamento sem aplicação de boro no solo e foliar reuniu as duas qualidades referidas, resultando em frutas mais saborosas e com melhor aroma, fatores determinantes para uma boa aceitação da fruta.

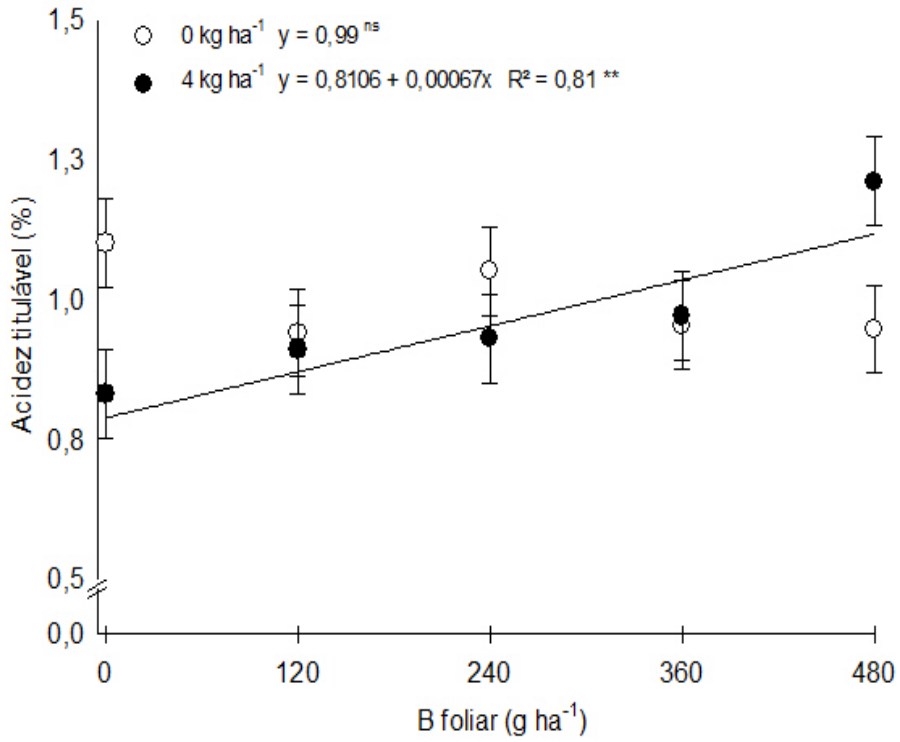


Figura 6. Acidez titulável nas frutas do morangueiro em função da aplicação de boro no solo (0 e 4 kg ha^{-1}) e na parte aérea (B foliar).

Independente da aplicação de boro no solo houve aumento linear na firmeza das frutas do morangueiro com a aplicação dos tratamentos foliares de boro (Figura 7). Segundo Taiz & Zeiger (2009), uma parte do carbono assimilado na fotossíntese é transformado em polissacarídeo para formação da parede celular, enquanto outra irá formar os monos e dissacarídeos para a síntese dos açúcares. A pectina é um dos principais polissacarídeos com função de promover resistência à parede celular das plantas e várias enzimas são responsáveis pela sua biosíntese, dentre elas, a enzima Rhamnogalacturonan II é a mais conhecida cujo nutriente boro está presente em sua constituição (O`Neill et al., 2004). Desta forma, a aplicação foliar de boro pode ter atingido a fruta e suprido a demanda desta enzima resultando em frutas mais firmes. No entanto, a deficiência de boro pode reduzir a biosíntese dos polissacarídeos e comprometer a estrutura da parede celular (Gupta, 1993) e isto pode ser constatado no tratamento com ausência total de aplicação de boro, que apesar de não diferir estatisticamente, produziu frutas com firmeza 27% inferior aos demais tratamentos que receberam aplicação de boro.

Observa-se que a aplicação de boro estimulou o morangueiro a produzir mais polissacarídeo resultando em aumento na firmeza das frutas (Figura 7), porém com baixos

teores de açúcares das frutas (Figura 5), possivelmente pela redução na produção dos monos e dissacarídeos. Como a firmeza das frutas durante a maturação é um dos fatores que determinam a qualidade do morango e sua vida pós-colheita (Cantillano et al., 2003), o parcelamento da aplicação foliar, no início do florescimento e trinta dias após, é uma boa estratégia visando atingir de forma localizada os órgãos reprodutivos e elevar a firmeza das frutas, as quais se tornam mais resistentes ao transporte, além de serem menos suscetível a incidência do fungo *Botrytis cinerea* na pré e pós-colheita (Wójcik & Lewandowski, 2003), reduzindo as perdas no campo e aumentam o período de comercialização das frutas nos supermercados.

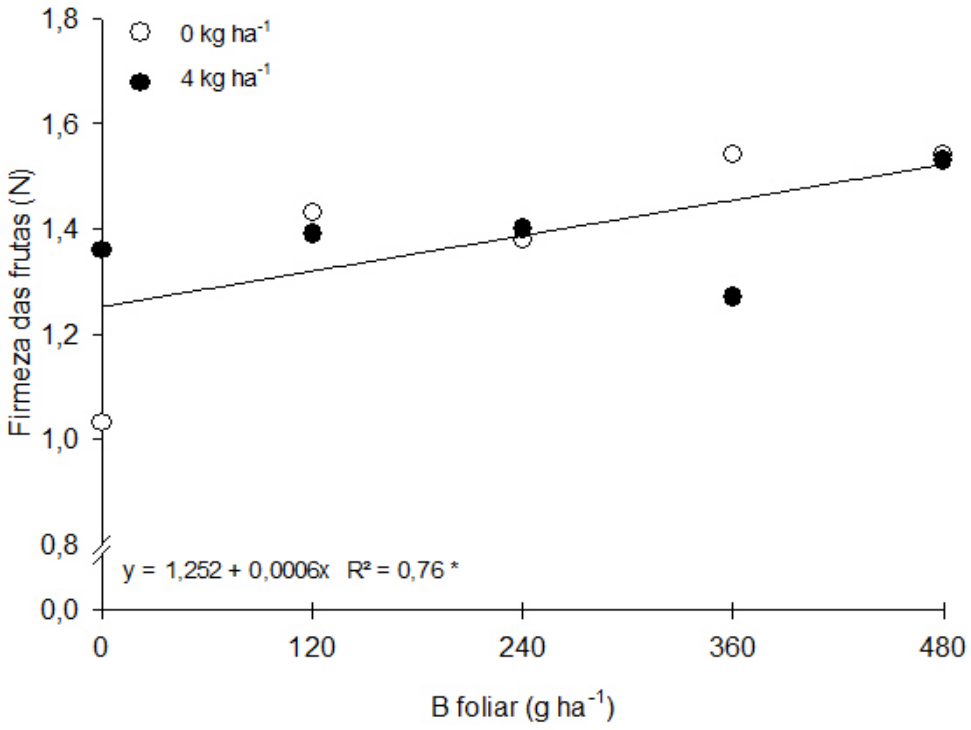


Figura 7. Firmeza das frutas do morangueiro em função da aplicação foliar de doses de boro.

1.3.4. PRODUÇÃO DE MASSA SECA

A produção da massa seca radicular e aérea do morangueiro não foi afetada pela aplicação foliar de boro, mas foi significativamente reduzida com a aplicação deste nutriente no solo, concordando com Rigss et al. (1987). Houve redução de aproximadamente 32 % na massa seca radicular com a aplicação de boro (15,70 g planta^{-1}) em comparação ao tratamento sem aplicação (7,48 g planta^{-1}). Esta redução pode ter ocorrido porque o experimento foi conduzido em vasos, onde não ocorre a lixiviação do elemento para além da região de

crescimento das raízes, favorecendo a ocorrência de concentração elevada na solução do solo tornando-se tóxico e prejudicial ao crescimento das raízes. A aplicação de boro no solo reduziu em aproximadamente 34 % a massa seca aérea (10,3 g planta^{-1}) em relação ao tratamento com ausência total da aplicação de boro (15,7 g planta^{-1}), isto pode ter afetado a fotossíntese, sendo umas das possíveis causas da diminuição da produção dos sólidos solúveis como observado na Figura 5.

1.4. CONCLUSÕES

Tanto a aplicação de boro na parte aérea quanto no solo aumentaram o teor foliar deste nutriente, sendo o nível adequado para a segunda florada do morangueiro valores entre 69 a 88 mg kg^{-1}.

A máxima produção total de frutas do morangueiro foi obtida com a aplicação foliar de 568 g B ha^{-1} durante o florescimento, devido ao aumento do número e da produção de frutas de maior diâmetro. Esta aplicação foliar também resultou em aumento da firmeza das frutas.

A aplicação de boro tanto no solo quanto foliar reduziu a massa seca radicular e aérea do morangueiro e o teor de sólidos solúveis na fruta, sendo este efeito não desejável para o consumo da fruta in natura.

1.5. LITERATURA CITADA

ALBREGTS, E.E. & HOWARD, C.M. Boron application to strawberries. Soil and Crop Science Society of Florida, 43:11-14, 1984.

ANTUNES, O,T.; CALVETE, E.O.; ROCHA, H.C.; NIENOW, A.A.; MARIANI, F. & WESP, C.L. Floração, frutificação e maturação de frutos de morangueiro cultivados em ambiente protegido. Horticultura Brasileira, 24:426-430, 2006.

CANTILLANO, F.F.; MARTINS, C.R.; MADAIL, J.C.M.; FORTES, J.F.; REICHERT, L.J.; LAGOS, L.L. & BENDER, R.J. Morango Pós-Colheita. 1.ed. Pelotas, Embrapa Clima Temperado, 2003. 28p

CHITARRA, M.I.F. Pós colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras, 1990. 320 p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400 p.

CUQUEL, F.L.; OLIVEIRA, C.F.S. & LAVORANTI, O.J. Sensory profile of eleven peach cultivars. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 32:70-75, 2012.

DANNER, M.A.; CITADIN, I.; SASSO, S.A.Z.; SACHET. M.R. & MALAGI, G. Modo de reprodução e viabilidade de pólen de três espécie de jabuticabeira. Revista Brasileira de fruticultura, 33:345-352, 2011.

DECHEN, A.R. & NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. IN: FERNANDES, M.S. Nutrição Mineral de Plantas, Viçosa-MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.328-352.

ESRINGU, A.; TURAN, M.; GUNES, A.; ESITKEN, A. & SAMBO, P. Boron application improves on yield and chemical composition of strawberry. Soil and Plant Science, 61:245-252, 2011.

FACHINELLO, J.C.; PASA, M. S.; SCHMTIZ, J.D. & BETEMPS, D.L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura, v. especial:109-120, 2011.

FERREYRA, H.F.F. & SILVA, F.R. Fração de boro e índices de disponibilidade em solos do Ceará. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 23:227-236, 1999.

GIAMPIERI, F.; TULIPANI, S.; SUAREZ, J.M.A.; QUILES, J.L.; MENEZZETTI, B. & BATTINO, M. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impacto in human health. Journal Nutrition, 28:9-19, 2012.

GUPTA, U.C. Boron and its role in crop production, Canadá, 1993. p.237.

HAN, S.; TANG, N.; JIANG, H.; YANG, L.; LI, Y. & CHEN, L. CO_2 assimilation, photosystem II photochemistry, carbohydrate metabolism and antioxidant system of citrus leaves in response to boron stress. Plant Science, 176:143-153, 2009.

HAYDON, G.F. Boron toxicity of strawberry. Communications in Soil Scince and Plant Analysis, 12:1085-1091, 1981.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. Métodos físico-químico para análise de alimentos. 2008. 1020p.

LEE, S.H.; KIM, W. & HAN, T. Effects of post-harvest foliar boron and calcium applications on subsequent season`s pollen germination and pollen tube growth of pear (*Pyrus pyrifolia*). Scientia Horticulturae, 122:77-82, 2009.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 3.ed. London, Elsevier, 2012. 651.p.

MATTIELLO, E.M.; RUIZ, H.A.; SILVA, I.R.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. & BEHLING, M. Transporte de boro no solo e sua absorção por eucalipto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:1281-1290, 2009.

O'NEILL, M. A.; ISHII, T.; ALBERSHEIM, P. & DARVILL, A. G. Rhamnogalacturonan II: Structure and function of a borate cross-linked cell wall pectic polysaccharide. Annual Review of Plant Biology, 55:109–39, 2004.

PALHA, M.G. Manual do morangueiro. 1.ed. Barradois, Atelier Gráfica, 2005.125p.

PBMH & PIMo. Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura & Produção Integrada de Morango: Normas de Classificação de Morango. CEAGESP, 2009. (Documento, 33).

QUAGGIO, J.A.; JUNIO, D.M. CANTARELLA, H. & JUNIOR, A.T. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à aplicação foliar em laranjeira Pêra. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 38:627-634, 2003.

RADIN, B.; LISBOA, B.B.; WITTER, S.; BARNI, V.; REISSER, J. C.; MATZENAUER, R. & FERMINO, M.H. Desempenho de quatro cultivares de morangueiro em duas regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. Horticultura Brasileira 29:287-291, 2011.

RIGGS, D.I.M.; RIGHETTI, T.L. & MARTIN, L.W. The effect of boron application on boron partitioning in Tristar and Benton strawberries. Communications in Soil Scince and Plant Analysis, 18:1453-1467, 1987.

RONQUE, E.R.V. Cultura do morangueiro - Revisão e prática. 1.ed. Curitiba, EMATER-PR, 1998. 206p.

ROSOLEM, C.A & BÍSCARO, T. Adsorção e lixiação de boro em latossolo vermelho-amarelo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42:1473-1478, 2007.

SIMÓN, I.; LÓPEZ, L.D.; GIMENO, V.; NIEVES, M.; PEREIRA, W.E.; MARTÍNEZ, V.; LIDON, V. & SÁNCHEZ, F.G. Effects of boron excess in nutrient solution on growth, mineral nutrition, and physiological parameters of *Jatropha curcas* seedlings. Journal Plant and Soil Science. 176:165-174, 2013.

SHING, D.P.; BELOY, J.; MCLNERNEY, J.K. & DAY, L. Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant apacity of carrots (*Daucus carota*). Food Chemistry, 132:1161-1170, 2012.

SINGH, R.; SHARMA, R.R & TYAGI, S.K, Pre-harvest foliar application os calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality os strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). Scientia Horticulturae, 112:215-220, 2007.

SILVA, F.C. Manual de análises química de solo, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SOUZA, A. F.; HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; OLIVEIRA, G.D & MINAMI, K. Absorção de micronutrientes por quatro cultivares de morangueiro (Fragaria spp.). IN: Nutrição mineral

de hortaliças: XXIX, Piracicaba 1976. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz 1977. p.79-109.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 4.ed. Porto Alegre, 2009, 848p.

TREVISAN, R.; TREPTOW, R.O.; GONSALVES, E.D.; ANTUNES, L.E.C. & HERTER, F.G. Atributos de qualidade considerados pelo consumidor de Pelotas/RS, na compra de pêssego in natura. Revista Brasileira Agrociência, 12:371-374, 2006.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; SOUZA, J.M.P.F.; PÉREZ, D.V. & ANJOS, L.H.C. Disponibilidade de boro e correlação com propriedades dos solos do estado do Rio de Janeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34:493-498, 1999.

WÓJCIK, P.; WOJCIK, M. & KLAMKOSWSKI, K. Response of Apple trees to boron fertilization under conditions of low soil boron availability. Scientia Horticulturae, 116:58-64, 2008.

WÓJCIK, P. & LEWANDOWSKI, M. Effect of calcium and boron sprays on yield and quality of ‘’Elsanta’’ strawberry. Journal of Plant Nutrition, 26:671-682, 2003.

CAPÍTULO II. FERTILIDADE DO SOLO, TEOR DE NUTRIENTES NA PLANTA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTAS DO MORANGUEIRO EM FUNÇÃO DA CALAGEM E APLICAÇÃO FOLIAR DE CÁLCIO.

RESUMO

Nos sistemas de produção do morangueiro é comum a recomendação e realização da calagem e de pulverizações foliares com produtos contendo cálcio, porém poucos são os trabalhos realizados com a espécie, especialmente no Brasil. O objetivo da presente pesquisa foi avaliar os efeitos da aplicação de calcário no solo (0, 3600, 7560 e 11500 kg ha^{-1}) combinados com doses foliares de cálcio (0, 3, 6, 9 e 12 kg Ca ha^{-1}) na fertilidade do solo, teor de nutrientes na folha e fruta, número, produção, pH da polpa, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e firmeza das frutas do morangueiro. A aplicação de calcário promoveu aumento nos teores de cálcio, magnésio e na saturação por bases, bem como reduziu a acidez do solo. A calagem não influenciou o teor de Ca, Mg ou K na folha ou fruta, mas aumentou o teor de P e Cu na folha e de Cu, Fe e Zn nas frutas, além de reduzir o teor de Mn tanto na folha quanto na fruta. O maior crescimento radicular e a máxima produção de frutas do morangueiro foram alcançados com a aplicação de calcário até 5410 kg ha^{-1} ou saturação por bases do solo próximo a 60%, inferior à recomendada atualmente pelos manuais de adubação no Brasil. A aplicação de calcário reduziu a firmeza das frutas, mas não alterou a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis, enquanto a aplicação foliar de cálcio não apresentou qualquer efeito sobre a fertilidade do solo, planta, produção e qualidade das frutas do morangueiro.

Palavras-Chave: *Fragaria x ananassa*. Acidez. Calcário. Pós-colheita.

CHAPTER 2. SOIL FERTILITY, PLANT NUTRIENTS, PRODUCTION AND QUALITY OF FRUITS STRAWBERRY FOR EACH OF LIMESTONE AND LEAF APPLICATIONS OF CALCIUM

ABSTRACT

In strawberry production systems is common prescribing and taking of lime and foliar sprays with calcium-containing products, but few studies conducted on the species, especially in Brazil. The aim of this study was to evaluate the effects of liming the soil (0, 3600, 7560 and 11500 kg ha^{-1}) combined with foliar calcium doses (0, 3, 6, 9 and 12 kg Ca ha^{-1}) soil fertility, nutrient content in leaf and fruit number, production, pulp pH, soluble solids and titratable acidity of fruit in strawberry. Liming promoted increased levels of calcium, magnesium and base saturation, as well as reducing soil acidity. Liming did not affect the content of Ca, Mg and K in leaf or fruit, but increased P content and the Cu foil and Cu, Fe and Zn in fruits, besides reducing the Mn content both in leaf and in fruit. The maximum root growth and fruit production in strawberry were achieved with the application of lime to 5410 kg ha^{-1} or soil base saturation close to 60%, lower than the currently recommended by the manual fertilization in Brazil. Liming reduced the firmness of the fruit, but did not affect titratable acidity and soluble solids, while the foliar application of calcium had no effect on the fertility of the soil, plant, production and fruit quality of strawberry.

Keywords: *Fragaria x ananassa*. Acidity. Limestone. Postharvest.

2.1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a fruticultura ocupa uma área de 2,3 milhões de hectares, com produção anual de 41 milhões de toneladas de frutas e faturamento próximo de US$ 10 bilhões, colocando o país entre os maiores produtores mundiais (Natale et al., 2012). Em 2011, o Paraná produziu 16,22 mil toneladas de morango, sendo considerada a quinta fruta mais produzida (SEAB, 2013). Além disto, o Estado é considerado o quarto maior produtor nacional de morango e o grande interesse pela cultura deve-se a sua alta rentabilidade econômica, o amplo conhecimento pelos consumidores e grande diversidade na comercialização (Fachinello et al., 2011).

No cultivo do morangueiro, a adubação está entre as práticas culturais mais utilizadas para o aumento da produção (Castellane, 1990), bem como é um dos fatores pré-colheita que condicionam os atributos de qualidade pós-colheita das frutas do morangueiro como a cor, textura, aroma, açúcar e acidez (Cantillano et al., 2003). O cálcio é um dos nutrientes mais recomendados e utilizados pelos produtores devido sua essencialidade às plantas, pois é importante para a divisão celular, promovendo o crescimento radicular das plantas (Prado & Natale, 2004), além de estimular a germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (Lee et al., 2009) e consequentemente para a formação das frutas. O nutriente tem importante função no fornecimento de resistência mecânica da parede celular (Taiz & Zeiger, 2009), fator fundamental para a firmeza das frutas, além de aumentar o seu período de conservação (Botelho et al., 2002). No entanto, os atributos de qualidade das frutas têm importância variada de acordo com os interesses de cada segmento da cadeia de comercialização (Chitarra, 1990). Os consumidores preferem frutas grandes (Trevisan et al., 2006) e adocicadas (Cuquel et al., 2012). Por outro lado, os comerciantes buscam frutas com coloração atraente e com elevada firmeza para suportar maior período de venda, enquanto os produtores visam maiores produtividades.

Na solução do solo o cálcio pode ser encontrado complexado ao carbono orgânico ou na forma livre principalmente como Ca^{+2} (Zambrosi et al., 2008) o qual entra em contato com as raízes por fluxo de massa. No entanto, apenas 25% do cálcio absorvido pelo morangueiro deslocam-se para as frutas, enquanto mais de 50 % aloca-se nas folhas (Tagliavini et al., 2005), uma vez que estes órgão apresentam maior taxa de transpiração. Por este comportamento, o cálcio é considerado um nutriente pouco móvel na planta (Marschner, 2012), embora possa ocorrer acúmulo deste elemento nas flores como observado por Malavolta et al. (2006). O morangueiro é exigente em cálcio, pois é o terceiro macronutriente

mais absorvido pela planta, apresentando maior demanda a partir do início do período reprodutivo (Tagliavini et al., 2005). Do florescimento até o ponto de colheita, o morango necessita em média de 36 dias (Antunes et al., 2006), sendo que o período reprodutivo pode variar de 3 a 6 meses (Cantillano et al., 2003), logo deficiências de cálcio nesta fase podem comprometer a produção e qualidade das frutas. Uma das formas de atender esta demanda é através da adubação foliar com cálcio que pode atingir partes específicas da planta, corrigindo possíveis deficiências nutricionais, melhorando a produção e qualidade das frutas (Pereira et al., 2002). Dentre os fertilizantes cálcicos mais utilizados nas adubações foliares estão às fontes solúveis em água, como o nitrato, sulfato ou cloreto de cálcio.

A calagem é a prática mais utilizada para reduzir os efeitos negativos da acidez do solo e fornecer cálcio às plantas. A aplicação de calcário reduz a concentração de alumínio e manganês tóxicos do solo, além de fornecer cálcio, magnésio e aumentar a disponibilidade de outros nutrientes como o nitrogênio e fósforo (Pauletti et al., 2000; Caires, 2010). Apesar da calagem ser uma prática agronômica importante, poucos são os artigos publicados sobre seus efeitos na cultura do morangueiro. Entre eles podemos citar Anderson et al. (1963) que observaram redução na produção de matéria seca radicular das plantas com a aplicação de calcário, enquanto Blatt (1971) e Albregts & Howard, (1984) obtiveram aumento na produção de frutas da cultura com a calagem.

Atualmente vários métodos têm sido utilizados no Brasil para determinar a necessidade de calagem para a cultura do morangueiro. No Estado de Minas Gerais a aplicação de calcário visa à neutralização do alumínio e o fornecimento de cálcio e magnésio (Ribeiro et al., 1999). Nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a calagem baseia-se no índice SMP para elevar o pH $_{(H2O)}$ do solo a 6,0 que normalmente corresponde a saturação por bases do solo próximo de 80% (CQFS-RS SC, 2004). O método da saturação por bases é o mais utilizado pelos Estados de São Paulo e Paraná, sendo que a referência para o morangueiro é elevar a saturação por bases do solo a 80 % (Raij et al., 1996).

Apesar dos manuais de adubação serem unânimes quanto à necessidade da realização da calagem e fornecimento de cálcio para o morangueiro, poucos trabalhos foram feitos, especialmente no Brasil, para definir os critérios de recomendação e comprovar os efeitos da aplicação de cálcio na parte aérea. Desta forma, a presente pesquisa objetivou avaliar os efeitos da calagem e da aplicação foliar de cálcio sobre a fertilidade do solo, teor de nutrientes na planta, produção e qualidade físico-química das frutas do morangueiro.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR em Curitiba – PR durante o ano de 2011. Foram coletados os primeiros 20 cm superficiais de um Cambissolo, que foi seco ao ar, destorroado, passado em peneira de malha de 2 mm e homogeneizado. A caracterização química e granulométrica do solo antes da instalação do experimento apresentou os seguintes valores: $pH_{(CaCl2)}$: 4,4; Al^{+3}: 1,2 $cmol_c\ dm^{-3}$; Ca^{+2}: 3,0 $cmol_c\ dm^{-3}$; Mg: 1,4 $cmol_c\ dm^{-3}$; K: 0,07 $cmol_c\ dm^{-3}$; P: 0,4 mg dm^{-3}; $B_{\text{(água quente)}}$: 0,28 mg dm^{-3}; V%: 31, matéria orgânica: 5,67% e teor de areia, silte e argila igual a 145, 379 e 476 g kg^{-1}, respectivamente. Foi realizada a interpretação da análise química e a adubação de plantio conforme CQFS-RS SC (2004), aplicando-se 80 kg ha^{-1} de N, 260 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 160 kg ha^{-1} de K_2O na forma de ureia, superfosfato simples e sulfato de potássio, respectivamente.

2.2.2. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com três repetições, distribuindo os tratamentos em esquema fatorial 4x5, combinando quatro doses de calcário aplicadas no solo (0, 3600, 7560 e 11500 kg ha^{-1}, buscando atingir a saturação por bases de 30, 50, 70 e 90 %, respectivamente) com cinco doses de cálcio (0, 3, 6, 9 e 12 kg Ca ha^{-1}) pulverizadas sobre as plantas. Utilizou-se um calcário dolomítico com PRNT de 72% o qual foi incorporado ao solo peneirado trinta dias antes do plantio, realizando revolvimento semanal. Cada dose foliar de cálcio foi dividida em quatro partes iguais, sendo realizada a primeira aplicação quando 50 % das flores da primeira florada encontravam-se abertas (escala fenológica 3 proposta por Antunes et al., 2006) e as demais com intervalos de 30 dias. Utilizou-se como fonte de cálcio o cloreto de cálcio (24% Ca) e volume de calda de 1000 L ha^{-1}.

Após 30 dias de incubação do solo com o calcário nas doses relativas a cada tratamento, foi realizada a adubação e o plantio no dia três de maio. Foram selecionadas mudas da cultivar Camarosa com mesmo diâmetros da coroa e alocado uma muda por vaso com capacidade de cinco quilogramas que representou as unidades experimentais. Durante a condução do experimento buscou-se manter a umidade do solo a 70 % da capacidade de campo.

2.2.3. AVALIAÇÕES

As colheitas das frutas foram realizadas de agosto a novembro, adotando como ponto de colheita a escala fenológica 9 proposta por Antunes et al. (2006), ou seja, quando as frutas apresentavam-se com mais de 75% da coloração externa avermelhada. Em cada planta avaliou-se o número e a produção de frutas, as quais foram pesadas e classificadas em categorias de acordo com a presença de defeito externo grave (DG), leve (DL) e sem defeito (SD). Esta última categoria foi separada em classes <15 mm, 15-35 mm e >35 mm, conforme o diâmetro equatorial das frutas, segundo PBMH & PIMo (2009). Na avaliação das frutas comerciais foram excluídas a categoria DG e a classe <15 mm.

Na avaliação da qualidade físico-química foram utilizadas as frutas colhidas do período setembro a novembro. A firmeza das frutas foi avaliada em quatro morangos da categoria SD por planta. Para isso foi utilizado o texturômetro digital Brookfield CT3 2500, determinando a resistência à compressão em um ponto no terço médio inferior das frutas evitando-se a semente. Foi utilizada uma ponta de prova cilíndrica de 2 mm de diâmetro, velocidade de perfuração de 1 mm s^{-1}, distância padrão de 5 mm e o resultado expresso em Newton.. Em seguida todas as frutas de cada planta foram congeladas juntas formando uma amostra a qual no final do experimento foi descongelada, homogeneizada através de uma centrifuga doméstica e realizada as determinações da acidez titulável por volumetria potenciométrica, teor de sólidos solúveis totais por refratometria e pH da polpa por potenciometria, de acordo com Instituto Adolf Lutz (2008). Para avaliar o teor de minerais da fruta, foram pesadas em cadinho de porcelana 15 gramas da polpa do morango que em seguida foram secas em estufa a 105 °C até atingir peso constante e realizada a digestão com HCl 3N, determinando o teor de nutrientes conforme Silva (2009).

Ao término das colheitas, 189 dias após o plantio das mudas, foi amostrada a terceira folha recém desenvolvida sem pecíolo e determinado o teor de nutrientes segundo Silva (2009). Com o restante da planta foi determinada a massa seca da parte aérea considerando as folhas, pecíolos e coroa, bem como as raízes como massa seca da parte radicular, através de secagem em estufa a 65° C por 48 horas. O solo de cada vaso foi homogeneizado e determinado o pH $_{(CaCl2)}$, teores de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, alumínio e matéria orgânica de acordo com Silva (2009).

2.2.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Realizou-se o teste de Bartlett para verificar a homogeneidade entre os dados, em seguida foi realizada a análise de variância e avaliados os efeitos das doses de calcário e cálcio foliar por regressão, ao nível de 5% de significância.

2.3. RESULTADOS E DEISCUSSÃO

2.3.1. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

As aplicações foliares de cálcio não afetaram as variáveis avaliadas relativo ao solo, enquanto a aplicação de calcário elevou o pH (Figura 8), os teores de cálcio e magnésio, bem como reduziu os teores de alumínio trocável do solo (Figura 9). Resultados similares foram obtidos por Natale et al. (2008), Souza et al. (2011) e Cravo et al. (2012).

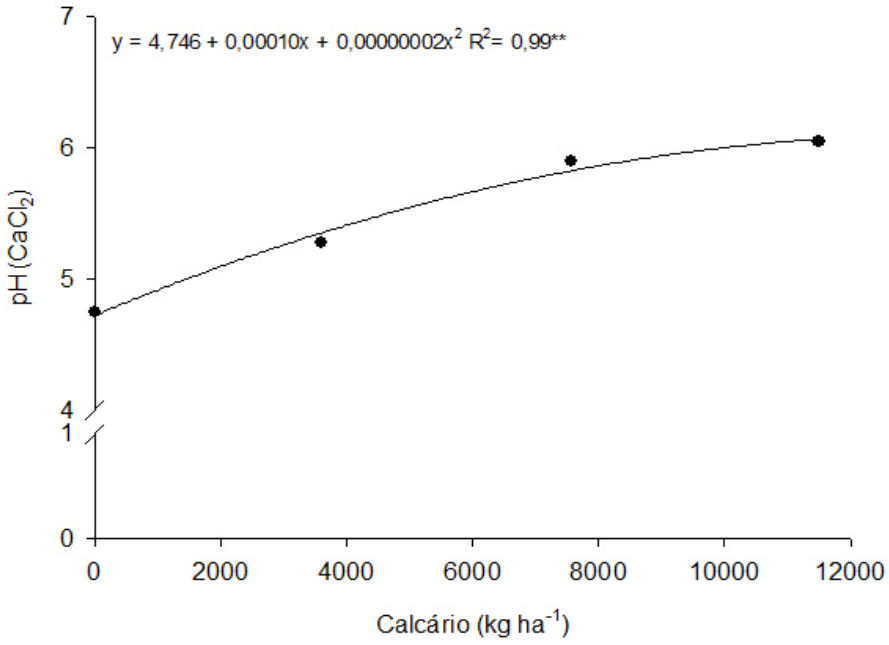


FIGURA 8. Variação do pH de um Cambissolo após sete meses da aplicação de diferentes doses de calcário.

Já era esperada a elevação nos teores de cálcio e principalmente de magnésio no solo com a aplicação do calcário, visto que a maioria dos corretivos possui estes nutrientes em sua constituição, além disto, na presente pesquisa foi utilizado o calcário dolomítico, cuja composição apresenta elevada concentração de carbonato de magnésio.

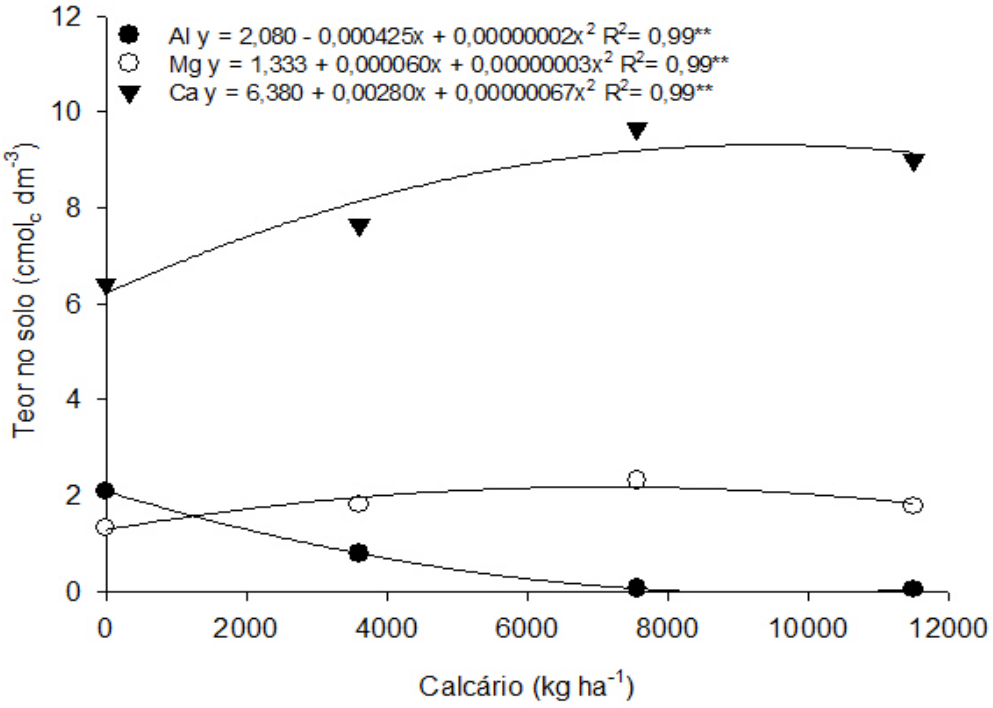


FIGURA 9. Teores de cálcio, magnésio e alumínio em um Cambissolo após sete meses da aplicação de diferentes doses de calcário.

Tendo em vista que a aplicação de calcário elevou o pH e os teores de cálcio e magnésio no solo devido à presença destes nutrientes em sua constituição, isso implicou em redução na saturação por alumínio e aumento na saturação por bases do solo (Figura 10). No entanto, somente a saturação por bases de 50% foi obtida com a dosagem teórica calculada de calcário (3600 kg ha^{-1}). As dosagens de calcário calculadas para atingir a saturação por bases de 70% (7560 kg ha^{-1}) e 90% (11500 kg ha^{-1}) proporcionaram V% de 63 e 66 %, respectivamente, valores inferiores ao esperado. Resultados semelhantes também foram obtidos por Neto et al. (2000) e Heinrichs et al. (2008). Esta diferença entre o V% esperado e o ocorrido é atribuída ao efeito de tamponamento do solo, ou seja, a capacidade que o solo tem de manter estável a concentração de nutrientes na solução, à medida que estes são adicionados ou retirados do sistema. O teor de matéria orgânica, teor e tipo da argila e o pH solo afetam este efeito tamponante (Novais & Mello, 2007). A elevação do pH do solo induz à complexação do cálcio e alumínio nos sítios de troca da matéria orgânica (Mendonça et al., 2006), enquanto solos com presença de minerais com elevada capacidade de troca catiônica, como as vermiculitas e esmectitas que são frequentes em Cambissolos, apresentam grande poder de tamponamento (Silva et al., 2008). O solo utilizado no presente experimento é um

Cambissolo com elevado teor de matéria orgânica, o que justifica as menores V% obtidas em relação à calculada.

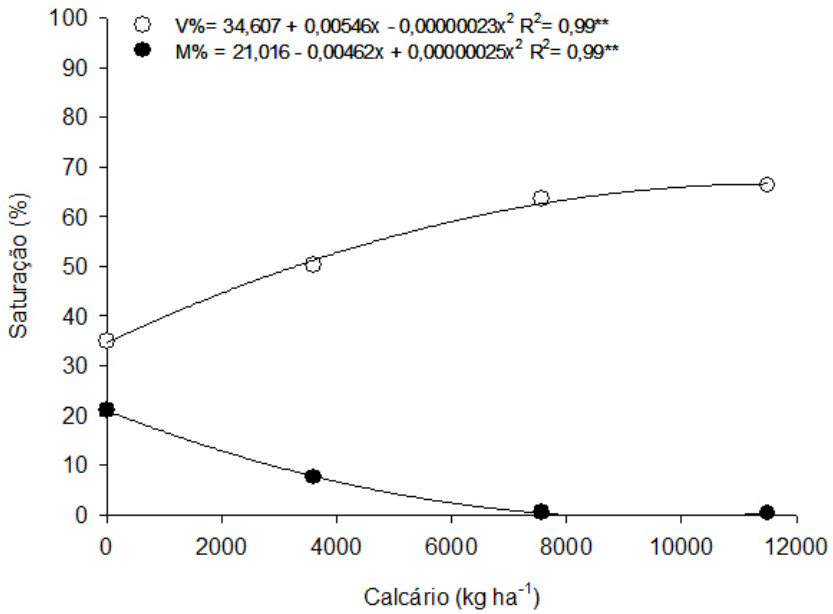


FIGURA 10. Saturação por bases (V%) e por alumínio (M%) de um Cambissolo após sete meses da aplicação de diferentes doses de calcário.

Do ponto de vista da nutrição vegetal, o alumínio constitui um importante componente da acidez do solo e um dos principais limitantes para o crescimento radicular das culturas. Observa-se que com o aumento do pH do solo (Figura 8) propiciado pela aplicação do calcário houve redução na saturação por alumínio ou M% (Figura 10), concordando com resultados obtidos por Heinrichs et al. (2008). A neutralização total do Alumínio (Figura 9) ocorreu com a aplicação de calcário próximo de 7500 kg ha^{-1} ou pH do solo 6,6. Este efeito ocorre porque a elevação do pH acima de 4,8 promove a insolubilização do alumínio trocável (Al^{+3}) levando a precipitar-se na forma de óxido reduzindo a sua concentração na solução do solo, favorecendo o desenvolvimento das plantas (Raij, 2010).

No início do experimento o solo apresentou teor de matéria orgânica igual a 5,67%. Após seis meses da aplicação do calcário este teor reduziu mesmo sem a aplicação do corretivo (Figura 11), no entanto a redução foi mais acentuada à medida que aumentou a quantidade de calcário aplicada, concordando com Yagi et al. (2003). No cultivo do morangueiro, é comum o revolvimento do solo juntamente com aplicação de fertilizantes e corretivos para formação dos canteiros. Este preparo do solo tende a proporcionar diminuição

do teor de matéria orgânica do solo (Vezzani & Mielniczuk, 2011), uma vez que aumenta a disponibilidade de nutrientes estimulando a atividade biológica (Marcelo et al., 2012), que elevam a decomposição da matéria orgânica do solo (Fuentes et al., 2006).

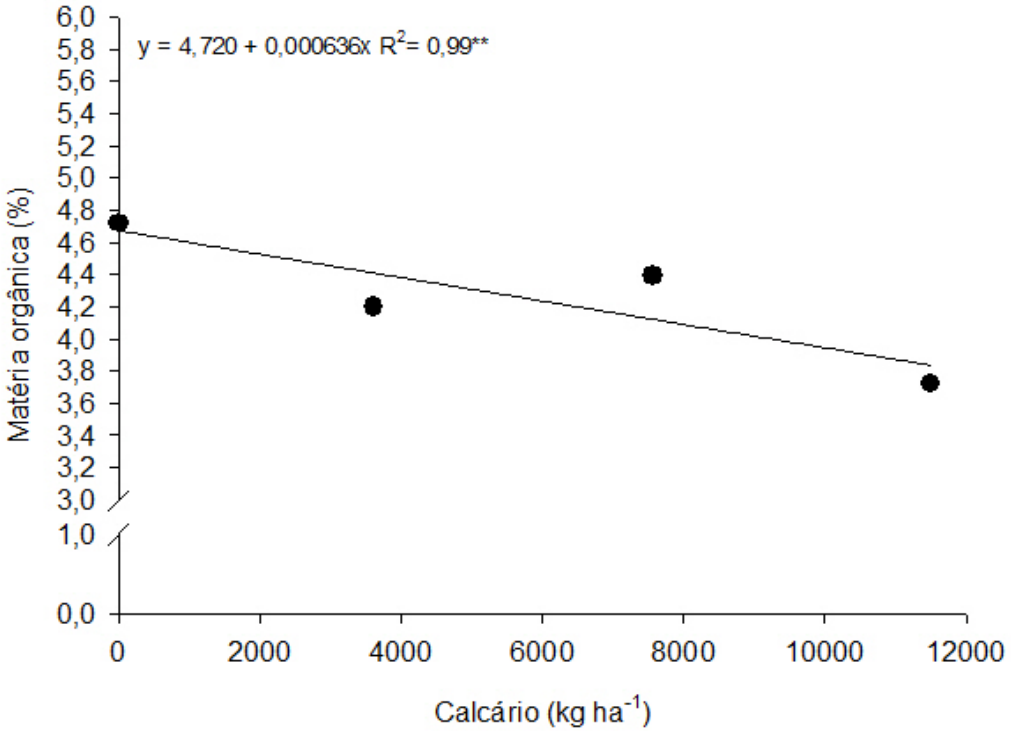


FIGURA 11. Teor de matéria orgânica de um Cambissolo após sete meses da aplicação de doses crescentes de calcário.

A produtividade das plantas é frequentemente limitada pela baixa disponibilidade de fósforo no solo, sendo a adsorção do elemento sobre a superfície dos minerais uma das principais causas. No entanto, esta adsorção é reduzida com a elevação do pH e com a adição de fertilizantes fosfatados, pois propicia a saturação dos sítios de sorção do fosfato reduzindo sua fixação (Rheinheimer et al., 2003). Como o teor inicial de fósforo no solo encontrava-se muito baixo (0,40 mg kg^{-1}), foi necessário aplicar uma dosagem elevada deste nutriente para atingir o nível de suficiência para a cultura do morangueiro. A adubação juntamente com a elevação do pH provocada pela aplicação de calcário promoveram a saturação dos sítios de sorção do elemento, não sendo observado diferença no teor de fósforo (24,30 mg kg^{-1}) no solo no final do experimento. O teor de potássio no solo também não foi alterado pela calagem, apresentando teor médio de 0,11 $cmol_c$ dm^3. Isto ocorre porque o calcário não contém este nutriente e sua disponibilidade é pouco influenciada pela ação do pH do solo.

2.3.2. EFEITOS DOS TRATAMENTOS NA PLANTA DO MORANGUEIRO

A aplicação foliar de cálcio não apresentou efeito sobre todas as variáveis avaliadas nas plantas de morangueiro. Andriolo et al. (2010), no entanto, constataram redução no número de frutas com a aplicação foliar de $CaCl_2$, atribuindo tal efeito a uma possível toxidez provocada pelo cloro presente neste fertilizante. A ausência de efeito tóxico das aplicações foliares pode ser atribuída ao maior espaçamento entre as aplicações quando comparado com estes autores, cujas aplicações foram semanais enquanto na presente pesquisa foram mensais, isso pode ter amenizado o efeito tóxico não afetando a planta.

Embora a aplicação de calcário tenha elevado os teores de cálcio e magnésio no solo, o mesmo não ocorreu no teor foliar destes nutrientes, apresentando média de 24,2 g kg^{-1} e 22,8 g kg^{-1}, respectivamente. Segundo Silva (2009), o teor foliar de cálcio adequado para a primeira florada do morangueiro varia de 10 a 25 g kg^{-1}, enquanto Palencia et al. (2010) observaram que ao final de sete meses de cultivo o teor foliar de cálcio da Camarosa variou entre 7,4 a 8,9 mg kg^{-1}. Por outro lado, Singh et al. (2007) observaram aumento no teor foliar de cálcio (16,3 mg kg^{-1}), com a aplicação foliar com este nutriente, porém o teor foliar no tratamento controle (12,4 mg kg^{-1}) estava próximo do nível inferior considerado por Silva (2009). A ausência de efeito no teor foliar de cálcio pode estar relacionado ao teor de cálcio no solo (3 $cmol_c\ dm^{-3}$), que já no início do experimento se apresentava em nível médio (CQFS RS-SC, 2004), o qual foi suficiente para suprir a planta, mesmo sem a aplicação de calcário. Desta forma, solo apresentando teor médio de cálcio já é suficiente para suprir a demanda foliar do morangueiro com este nutriente.

O teor foliar de potássio (34,25 g kg^{-1}) não foi afetado pelos tratamentos, enquanto para o fósforo houve aumento no teor foliar com a aplicação de calcário (Figura 12). Observa-se que na medida em que as doses de calcário foram aplicadas elevaram-se os teores de magnésio no solo (Figura 9) e os teores foliares de fósforo. Segundo Vitti et al. (2006), o magnésio é co-fator das enzimas fosfolilativas e sua presença propicia efeito sinérgico na absorção de fósforo pelas raízes, aumentando os teores deste elemento nas folhas.

Os teores foliares de ferro (26,8 mg kg) e zinco (7,58 mg kg) não foram afetados pelos tratamentos, enquanto a aplicação de calcário proporcionou aumento linear no teor de cobre e redução no teor foliar de manganês (Figura 13).

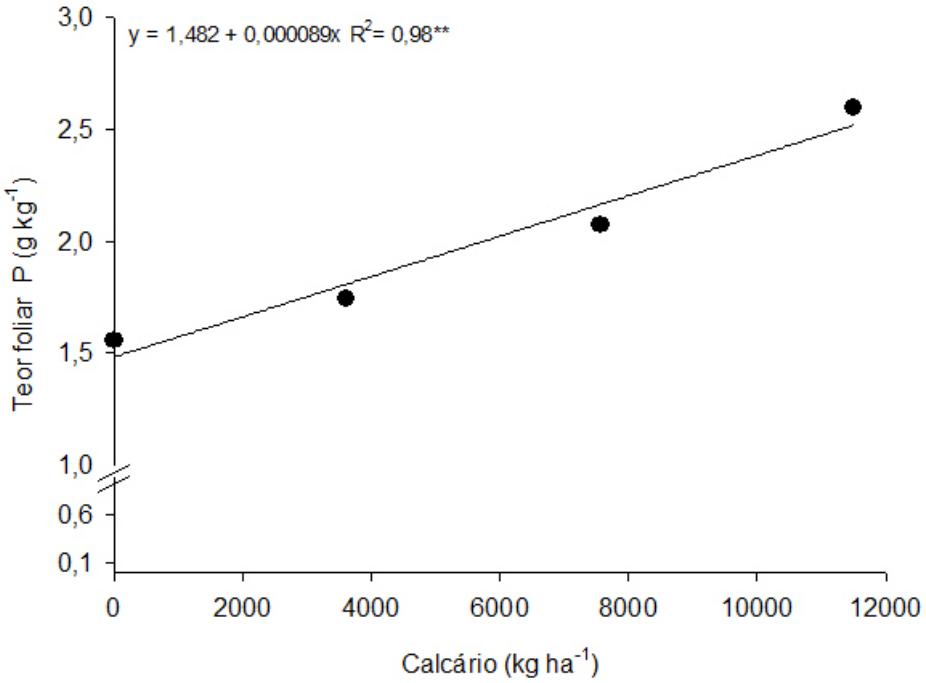


FIGURA 12. Teor foliar de fósforo no morangueiro cultivado em vaso em função de doses de calcário aplicadas no solo.

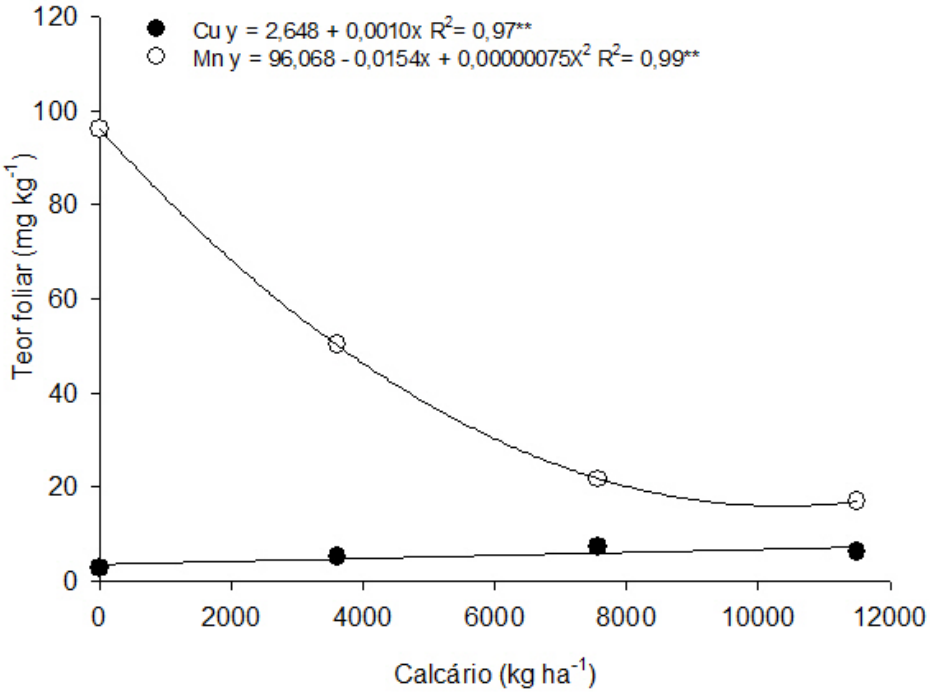


FIGURA 13. Teor foliar de cobre e manganês do morangueiro cultivado em vaso em função de doses de calcário aplicadas no solo.

Grande parte do cobre presente no solo está ligado à matéria orgânica e sua máxima disponibilidade encontra-se na faixa do pH entre 4,5 a 6,5 (Abreu et al., 2007). Na presente pesquisa a variação no pH do solo ficou dentro desta faixa, além da redução no teor de matéria orgânica com a aplicação do calcário (Figura 11), isto promove a liberação e aumento da disponibilidade de compostos orgânicos contendo micronutrientes catiônicos como o cobre (Pegoraro et al., 2006). O manganês tem sua solubilidade reduzida principalmente pela elevação do pH do solo que repercute em baixos teores foliares do elemento (Heinrichs et al., 2008), como observado na Figura 13.

As aplicações de calcário no solo e de cálcio na parte aérea não afetaram os teores de potássio (4,40 g kg^{-1}), magnésio (0,54 g kg^{-1}) e cálcio (0,27 g kg^{-1}) nas frutas do morangueiro. Resultado divergente foi constatado por Wójcik & Lewandowski (2003) que observaram aumento no teor de cálcio nas frutas com a aplicação foliar de cálcio, porém o máximo teor encontrado por estes autores foi igual ao da presente pesquisa. O teor médio de cálcio no solo (3 cmo_c dm^{-3}) e o fornecimento de água (70% da capacidade de campo) durante a condução do experimento, devem ter contribuído para a absorção e adequado transporte deste nutriente para as frutas.

No entanto, a aplicação de calcário aumentou os teores de cobre, ferro e zinco e reduziu os teores de manganês nas frutas (Figura 14).

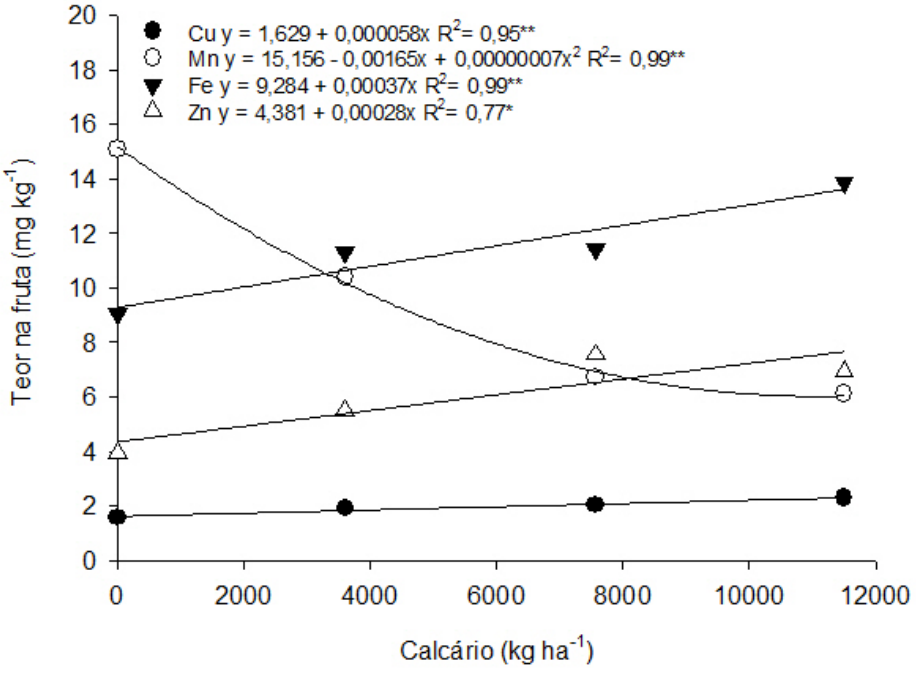


FIGURA 14. Teor de micronutrientes na fruta do morangueiro cultivado em vaso em função de doses de calcário aplicadas no solo.

Estes teores nas frutas apresentam-se superiores, inclusive do manganês, ao normalmente encontrado em frutas de morango cultivada a campo (Hakala et al., 2003), porém inferiores quando cultivado em sistema de hidroponia (Caruso et al., 2011). Observando que a calagem propiciou aumento na decomposição da matéria orgânica (Figura 11), isto pode ter elevado a liberação de micronutrientes na solução do solo e aumentado o fluxo difusivo e a absorção pela planta como constatado por Pegoraro et al. (2006). Deve-se ainda considerar que os corretivos representam uma importante fonte de micronutrientes por estarem presentes naturalmente em sua composição (Carvalho et al., 2012). Tendo em vista esta disponibilidade de nutrientes no solo e considerando que o experimento foi conduzido em casa de vegetação, onde a temperatura média é superior a condição de campo, isto pode ter favorecido maior transpiração da fruta elevando os teores dos micronutrientes nestes órgãos. Por outro lado, a disponibilidade de manganês no solo é altamente afetada pela elevação do pH que reflete em baixos teores nas folhas (Amarante et al., 2007), e também nas frutas (Figura 14), porém estes teores foram superiores ao encontrado por Hakala et al. (2003).

A máxima produção de massa seca radicular das plantas do morangueiro ocorreu com aplicação de calcário até 5675 kg ha^{-1} (Figura 15), que corresponde à saturação por bases de aproximadamente 58% e saturação por alumínio de 2,8%.

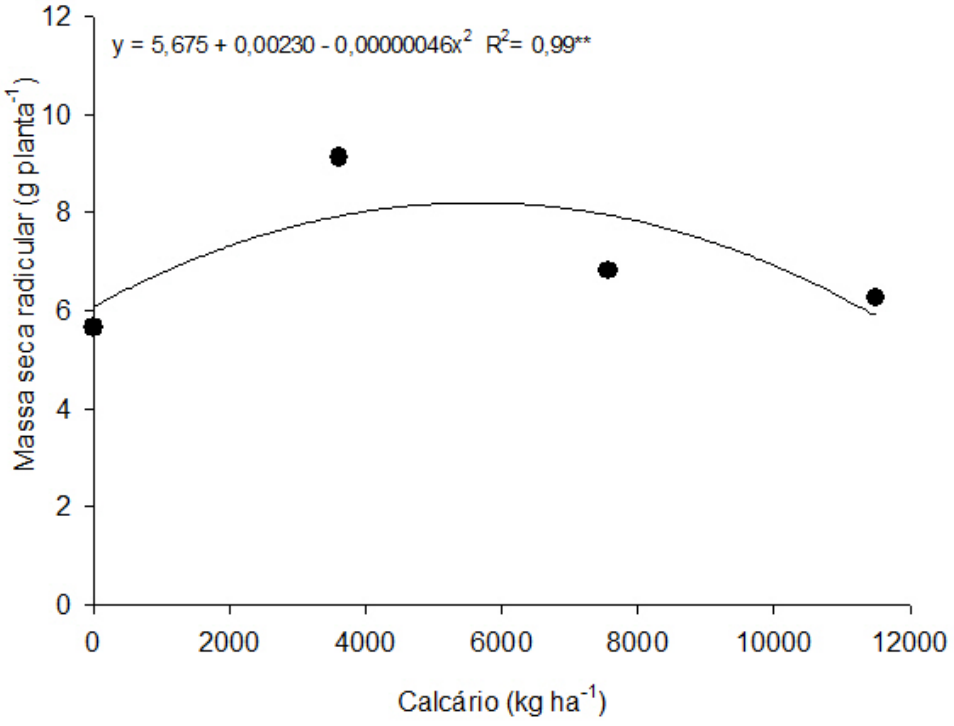


FIGURA 15. Produção de massa seca radicular do morangueiro cultivado em vaso após seis meses do transplante das mudas em solo incubado com doses crescentes de calcário.

Aumento na produção de massa seca radicular com a aplicação de calcário também foram obtidos por Rosolem et al. (2000) na cultura do algodoeiro e Prado & Natale (2004) na cultura da goiabeira. Da mesma forma, Amarante et al. (2007) observaram aumento no crescimento radicular nos tratamentos que receberam fósforo e calcário, porém somente até pH do solo de 5,5, acima do qual houve redução na massa seca radicular. Os autores atribuíram parte desta redução no crescimento ao aumento no teor de Ca nas altas doses de calcário e formação de fosfato de cálcio que não é absorvido pela planta.

Estes resultados indicam que o maior crescimento radicular do morangueiro ocorreu em saturação por alumínio (M%) menor que 3% e saturação por bases (V%) até 58%. Nestas condições ocorre menor efeito tóxico do alumínio e manganês, maior eficiência no uso do fósforo pelas plantas e adequada disponibilidade de cálcio o qual é importante para a divisão celular das raízes.

Os tratamentos não afetaram o número de frutas totais (11,20 frutas planta^{-1}), comerciais (frutas planta^{-1} 7,50), <15 mm (frutas planta^{-1} 1,10) e DG (frutas planta^{-1} 2,50), bem como a produção de frutas comerciais (141,00 g planta^{-1}), <15 mm (5,10 g planta^{-1}), DL (25,60 g planta^{-1}) e DG (35,30 g planta^{-1}).

Com a aplicação de calcário até 5583 kg ha^{-1} houve aumento no número de frutas da classe 15-35 mm, porém a aplicação de calcário reduziu o número de frutas da classe >35 mm e elevou linearmente o número de frutas com presença de defeito externo leve (Figura 16). Resultado semelhante foi observado por Albregts & Howard (1984), indicando que o excesso de calcário pode trazer efeitos negativos à produção de frutas do morangueiro. A queda de produção de frutas com maiores diâmetros e o aumento dos defeitos leves com o aumento da calagem, podem estar relacionada com o aumento do pH do solo que promove redução na disponibilidade de boro para as plantas (Valladares et al., 1999), afetando a germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico (Lee et al., 2009), causando problemas na polinização do óvulo e consequentemente na formação adequada da fruta.

A máxima produção total de frutas foi obtida com a aplicação de até 5410 kg ha^{-1} de calcário, resultando em produção de 206 gramas por planta, enquanto a máxima produção da classe de frutas 15-35 mm foi obtida com a aplicação de até 5434 kg ha^{-1} (Figura 17), dosagem semelhante ao obtido para o maior número de frutas desta classe. A produção de frutas da classe >35 mm reduziu linearmente com a aplicação de calcário (Figura 17), o que já era esperado pelo menor número de frutas produzido desta classe (Figura 16). Embora a calagem tenha elevado o número de frutas com presença de defeitos leves, o mesmo não

ocorreu com a produção desta classe (média de 25,6 g planta^{-1}), o que pode ser considerado um efeito negativo da calagem, uma vez que a presença de frutas deformadas deprecia o aspecto visual do produto, prejudicando a comercialização.

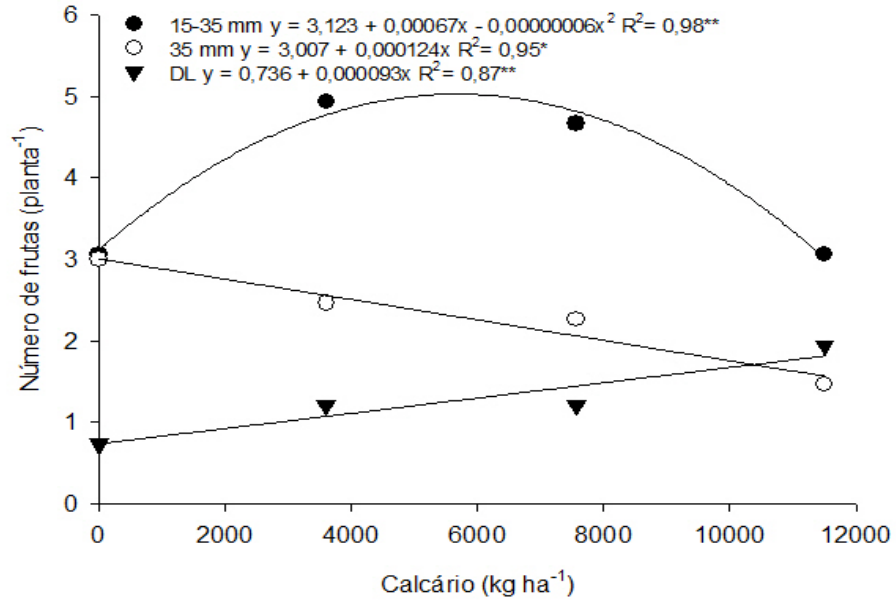


FIGURA 16. Número de frutas do morangueiro com diâmetro de 15-35 mm, >35 mm e da categoria defeito leve (DL) em função da aplicação de doses de calcário no solo.

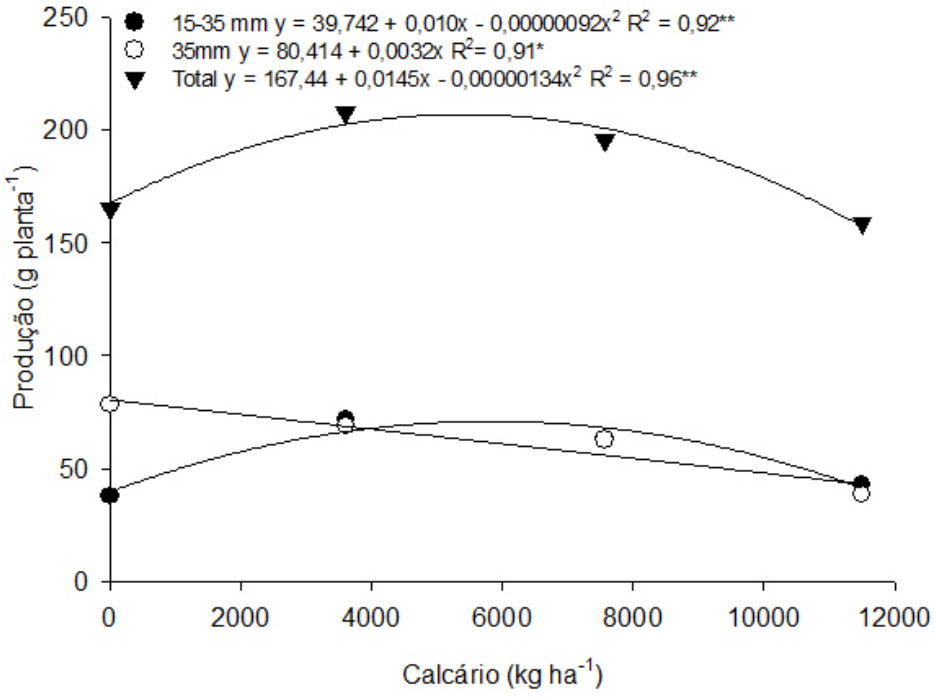


FIGURA 17. Produção total e de frutas com diâmetro de 15-35 mm e >35 mm do morangueiro cultivado em vaso em função de doses de calcário aplicadas no solo.

Apesar do teor inicial de cálcio do solo apresentar-se médio, o morangueiro respondeu a calagem em aumento no número e produção de frutas, resultado semelhante foi observado por Faria & Carrijo (2004) na cultura do meloeiro. A calagem gera vários efeitos benéficos ao solo e consequentemente para as plantas, no entanto observa-se que elevar a saturação por bases do solo a 80 % como recomendado por Raij et al. (1996) e CQFS-RS SC (2004) ou neutralizar totalmente o Al^{+3} pode ser muito prejudicial para o morangueiro, visto que a elevação da saturação por bases acima 58% resultou em redução na produção de matéria seca radicular e na produção de frutas.

2.3.3. EFEITOS DOS TRATAMENTOS NA PÓS-COLHEITA DAS FRUTAS DO MORANGUEIRO

O teor de sólidos solúveis (°Brix: 5,9), a acidez titulável (0,97 %) e o pH da polpa (4,1) das frutas da segunda florada não foram afetados pelos tratamentos. Ausência de efeito da aplicação foliar no teor de sólidos solúveis e na acidez titulável do morangueiro também foram observados por Wójcik & Lewandowski (2003) e Andriolo et al. (2010), no entanto Singh et al. (2007) constataram aumento na acidez titulável e redução no teor de sólidos solúveis com a aplicação foliar de cálcio. Estas divergências de resultados podem estar relacionadas com a cultivar utilizada, visto que as doses foliares utilizadas nestes dois últimos trabalhos citados foram semelhantes.

Um dos principais objetivos da aplicação foliar de cálcio é elevar a firmeza das frutas, mas no presente experimento não foi observado este efeito, concordando com Ernani et al. (2008) e Andriolo et al. (2010). Resultado divergente foi obtido por Wójcik & Lewandowski (2003) com aplicação foliar de 7,5 kg Ca ha^{-1}. A ausência de resposta pode estar relacionada ao adequado fornecimento de cálcio do solo para as plantas, visto que o teor médio de cálcio (0,27 g kg^{-1}) e a firmeza das frutas do tratamento controle (Figura 18) foram semelhantes ao encontrado por Wójcik & Lewandowski (2003).

Por outro lado, houve redução linear na firmeza das frutas do morangueiro com a aplicação de calcário (Figura 18), resultado semelhante foi observado por Lanauskas et al. (2006) com aplicação no solo de 150 kg de $Ca(NO_3)_2$. A pectina é um polissacarídeo formado por uma rede de pontes iônicas de cálcio que fornece resistência mecânica à parede celular das plantas (Taiz & Zeiger, 2009), e um grande número de enzimas é responsável pela sua biossintese (Harholt et al., 2010). Observando que os teores de cobre (Cu^{+2}), ferro (Fe^{+2}) e zinco (Zn^{+2}) elevaram-se nas frutas com a aplicação de calcário (Figura 14) e que estes

micronutrientes funcionam como ativadores de muitas enzimas (Dechen & Nachtigall, 2006) além de possuírem a mesma valência do cálcio (Ca^{+2}), isto pode ter ocasionado permuta destes elementos com o cálcio (Matoh & Kobayashi, 1998), inibindo competitivamente os sítios das enzimas que sintetizam a pectina (Taiz & Zeiger, 2009) o que levaria à redução na firmeza das frutas. Além disto, o boro é um dos constituintes da enzima Rhamnogalacturonan II que auxilia na biosíntese da pectina (O`Neill et al., 2004). No início do experimento o solo apresentou teor médio de boro (0,23 mg dm^3), sendo possível que a elevação do pH do solo, propiciado pela calagem, tenha reduzido sua disponibilidade para as plantas e afetado a atividade desta enzima, ocasionando redução na firmeza das frutas.

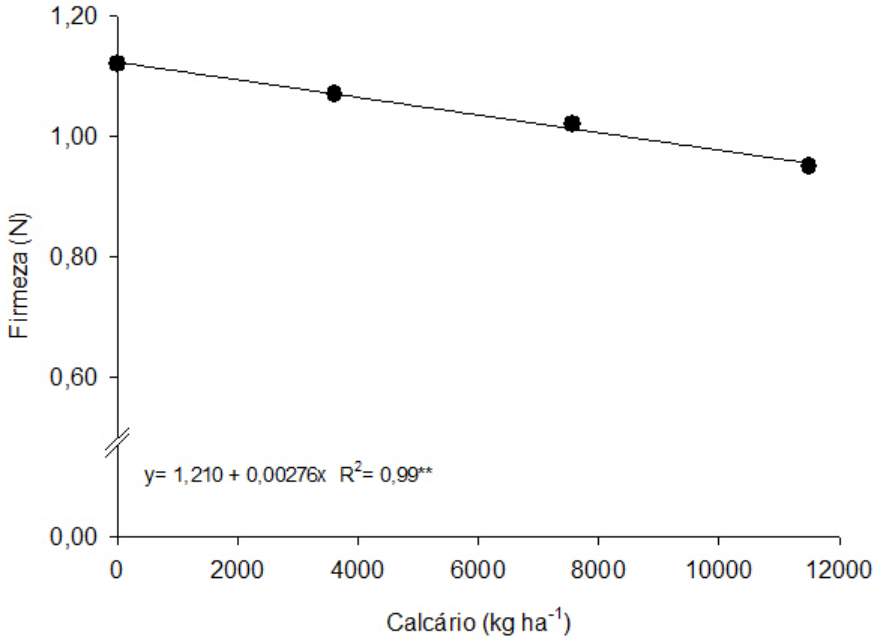


FIGURA 18. Firmeza das frutas do morangueiro cultivado em vaso em função de doses crescentes de calcário aplicadas no solo.

A redução na firmeza das frutas com a aplicação do calcário foi de 0,17 N, o suficiente para tornar as frutas mais suscetíveis ao ataque de mofo cinzento (*Botrytis cinérea*) na pré e pós-colheita como observado por Wójcik & Lewandowski (2003). Observa-se que a aplicação foliar de cálcio não é uma boa estratégia para melhorar a firmeza das frutas do morangueiro quando a planta se encontra bem nutridas com o elemento. Do mesmo modo, se o solo apresentar teor médio de cálcio deve-se tomar cuidado com a adição externa do elemento, principalmente na forma de calcário, pois este corretivo pode alterar o pH do solo e afetar a disponibilidade de outros nutrientes e prejudicar a firmeza das frutas do morangueiro.

2.4. CONCLUSÕES

A aplicação de calcário promoveu aumento nos teores de cálcio, magnésio e na saturação por bases, bem como reduziu a acidez do solo.

A calagem não influenciou o teor de Ca, Mg ou K na folha ou fruta, mas aumentou o teor de P e Cu na folha e de Cu, Fe e Zn nas frutas, além de reduzir o teor de Mn tanto na folha quanto na fruta do morangueiro.

O maior crescimento radicular e a máxima produção de frutas do morangueiro foram obtidos com a aplicação de calcário de 5410 kg ha^{-1} ou saturação por bases do solo próximo a 60%, sendo inferior à recomendada atualmente pelos manuais de adubação no Brasil.

A aplicação de calcário reduziu a firmeza das frutas do morangueiro, mas não alterou a acidez titulável e teor de sólidos solúveis.

A aplicação foliar de cálcio não apresentou qualquer efeito sobre a fertilidade do solo, planta, produção e qualidade da fruta do morangueiro cultivado em vaso.

2.5 LITERATURA CITADA

ABREU, C.A.; LOPES, A.S. & SANTOS, G.C.G. Micronutrientes. IN: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H. & BARROS, N. F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B & NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. 1.ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 646-724p.

ALBREGTS, E.E. & HOWARD, C.M. Boron application to strawberries. Soil and Crop Science Society of Florida, 43:11-14, 1984.

AMARANTE, C.V.T.; ERNANI, P.R. & SOUZA, A.G. Influência da calagem e da adubação fosfatada no acúmulo de nutrientes e crescimento da Erva-de-São-João. Horticultura Brasileira, 25:533-537, 2007.

ANDERSON, J.F.; BAILEY, J.S.; DRAKE, M.; OLANYR, C.W. & FIELD, D.L. Mineral contento strawberry leaves as influenced by rate and placement of fertilizer and lime. American Society for Horticultural Science, 85:332-337, 1963.

ANDRIOLO, J.L.; JANISCH, D.I.; SCHMITT, O.J.; PICIO, M.D.; CARDOSO, F.L. & ERPEN, L. Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. Ciência Rural, 40:267-272, 2010.

ANTUNES, O,T.; CALVETE, E.O.; ROCHA, H.C.; NIENOW, A.A.; MARIANI, F. & WESP, C.L. Floração, frutificação e maturação de frutos de morangueiro cultivados em ambiente protegido. Horticultura Brasileira, 24:426-430, 2006.

BLATT, C. R. Effect of dolomitic limestone applications on the strawberry cultivar Acadia. Canadian journal of Plant Science, 51:167-169, 1971.

BOTELHO, R.V.; SOUZA, N.L. & PERES, N.A.R. Qualidade pós-colheita de goiabas 'branca de kumagi', tratadas com cloreto de cálcio. Revista Brasileira de Fruticultura, 24:063-067, 2002.

CAIRES, E. F. Manejo da acidez do solo. IN: PROCHNOW, L. I.; SILVA, V.C. & STIPP, R. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: contexto mundial e técnicas de suporte, 2010. p.281-338.

CARVALHO, V.G.B.; NASCIMENTO, C.W.A. & BIONDI, C.M. Potencial de fertilizantes e corretivos no aporte de micronutrientes ao solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36:931-938, 2012.

CARUSO, G.; VILLARI, G.; MALCHIONNA, G. & CONTI, S. Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca* L.) grown in hydroponics. Scientia Horticulturae, 129:479-485, 2011.

CASTELLANE, P.D. Nutrição e adubação do morangueiro. In: Simpósio Sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças. Jaboticabal, 1990. Anais. Piracicaba, POTAFÓS, 1993. p.261-279.

CANTILLANO, F.F.; MARTINS, C.R.; MADAIL, J.C.M.; FORTES, J.F.; REICHERT, L.J.; LAGOS, L.L. & BENDER, R.J. Morango Pós-Colheita. 1.ed. Pelotas. Embrapa Clima Temperado, 2003. 28p.

CHITARRA, M.I.F. Pós colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras, 1990. 293 p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400 p.

CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J. & BRASIL, E. C. Calagem em latossolo amarelo distrófico da amazônia e sua influência em atributos químicos do solo e na produtividade de culturas anuais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36: 895-907, 2012.

CUQUEL, F.L.; OLIVEIRA, C.F.S. & LAVORANTI, O.J. Sensory profile of eleven peach cultivars. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 32:70-75, 2012.

DECHEN, A.R. & NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. IN: FERNANDES, M.S. Nutrição Mineral de Plantas, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.328-352.

ERNANI, P.R.; DIAS, J.; AMARANTE, C.V.T.; RIBEIRO, D.C. & ROGERI, D.A. Preharvest calcium sprays were not always needed to improve fruit quality of 'Gala' apples in brazil. Revista Brasileira de Fruticultura, 30:892-896, 2008.

FACHINELLO, J.C.; PASA, M. S.; SCHMTIZ, J.D. & BETEMPS, D.L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura, v. especial:109-120, 2011.

FARIA, E. C. D. & CARRIJO, O.A. Formas de aplicação de cálcio na cultura do melão rendilhado sob cultivo protegido. Horticultura Brasileira, 22:213-216, 2004.

FUENTES, J.P.; BEZDICEK, D,F.; FLURY, M.; ALBRECHT, S. & SMITH, J.L. Microbial activity affected by lime in a long-term no-till soil. Soil & Tillage Research, 88:123-131, 2006.

HAKALA, M.; LAPVETELAINEN, A.; HOUPALAHTI, R.; KALLIO, H. & TAHVONEN, R. Effects of variets and cultivation conditions on the composition os strawberry. Journal of Food composition and analysis, 16:67-80, 2003.

HARHOLT, J.; SUTTANGKAKUL, A. & SCHELLER, H.V. Biosynthesis of Pectin. Plant Physiology, 153:384-395, 2010.

HEINRICHS, R,; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M. & MALAVOLTA, E. Atributos químicos do solo e produção do feijoeiro com a aplicação de calcário e manganês. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32: 1157-1162, 2008.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. Métodos físico-químico para análise de alimentos. 2008. 1020p.

LANAUSKAS, M.; USELIS, N.; VALIUSKAITÉ, V. & VISKELIS, P. Effect of foliar and soil applied fertilizers on strawberry healthiness, yield and Berry quality. Agronomy Research, 4:247-250, 2006.

LEE, S.H.; KIM, W. & HAN, T. Effects of post-harvest foliar boron and calcium applications on subsequent season`s pollen germination and pollen tube growth of pear (Pyrus pyrifolia). Scientia Horticulturae, 122:77-82, 2009.

MALAVOLTA, E.; LEÃO, H.C.; OLIVEIRA, S.C. JUNIOR, J.L. MORAES, M.F. CABRAL, C.P. & MALAVOLTA, M. repartição de nutrientes nas flores, folhas e ramos da laranjeira cultivar Natal. Revista Brasileira de Fruticultura, 28:506-511, 2006.

MARCELO, A.V.; CORÁ, J.E. & JUNIOR, N. L S. Influence of liming on residual soil respiration and chemical properties in a tropical no-tillage system. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36:46-50, 2012.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 3.ed. London, Elsevier, 2012. 651.p

MATOH, T. & KOBAYASHI, M. Boron and calcium, essential inorganic constituents of pectic polysaccharides in higher plant cell walls. Journal of Plant Research, 111:179-190, 1998.

MENDONÇA, E. S.; ROWELLB, D. L.; MARTINS, A.G. & SILVA, A.P da. Effect of pH on the development of acidic sites in clayey and Sandy loam Oxisol from the Cerrado Region, Brazil, Geoderma, 132:131-142, 2006.

NATALE, W.; ROZANE, D.E.; PARENT, L.E. & PARENT, S.E. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. Revista Brasileira de Fruticultura, 34:1294-1306, 2012.

NATALE, W.; PRADO, R.M.; ROZANE, D.E.; ROMUALDO, L.M.; SOUZA, H.A. & HERNANDES, A. Resposta da caramboleira à calagem. Revista Brasileira de Fruticultura, 30:1136-1145, 2008.

NETO, P. H. W.; CAIRES, E.F. & JUSTINO, A. & DIAS, J. Correção da acidez do solo em função de modos de incorporação de calcário. Ciência Rural, 30:257-261, 2000.

NOVAIS, R.F. & MELLO, J.W.V. Relação solo-planta. IN: NOVAIS, R.F. Fertilidade do Solo, Viçosa-MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.134-204.

O'NEILL, M.A.; ISHII, T. ALBERSHEIM, P. & DARVILL, A.G. Rhamnogalacturonan II: Structure and function of a borate cross-linked cell wall pectic polysaccharide. Annual Review of Plant Biology, 55:109-39, 2004.

PALENCIA, P.; MARTINEZ, F.; RIBEIRO, E.; PESTANA, M.; GAMA, F.; SAAVEDRA, T.; VARENNES, A. DE. & CORREIA, P.J. Relationship between tipburn and leaf mineral composition in strawberry. Scientia Horticulturae, 126:242-246, 2010.

PAULETTI, V.; PREVEDELLO, B.M.S.; PISSAIA, A. & SCOPEL, A. Evaluation of Nutrient Status and Grain Yield of Two Corn Cultivars Under Different Soil Aluminum Levels After Liming. Arquivos de Biologia e Tecnologia, 43:275-279, 2000.

PBMH & PIMo. Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura & Produção Integrada de Morango: Normas de Classificação de Morango. CEAGESP, 2009. (Documento, 33).

PEGORARO, R.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; MENDONÇA, E.S. GEBRIM, F.O & MORTEIRA, F.F. Fluxo difusivo e biodisponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês no solo: influência da calagem, textura do solo e resíduos vegetais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 30:859-868, 2006.

PEREIRA, A.J.; BLANK, A.F.; ALVARENGA, M.A.R. & SOUZA, R.J. Aplicação de fontes e doses de cálcio na produção e qualidade de frutos de melão. Horticultura Brasileira, 20:428-431, 2002.

PRADO, R.M. & NATALE, W. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39:1007-1012, 2004.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendação de calagem e adubação para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1996. 285p.

RAIJ, B. V. Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície. IN: PROCHNOW, L. I.; SILVA, V.C. & STIPP, R. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: contexto mundial e técnicas de suporte, 2010. p.351-382.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. & CONTE, E. Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo de solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27:41-49, 2003.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. & ALVAREZ. V. H. Recomendações para o uso de corretivos e adubos em Minas Gerais. 5.ed. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

ROSOLEM, C.A.; GIOMMO, G.S. & LAURENTI, R.L.B. Crescimento radicular e nutrição de cultivares de algodoeiro em resposta à calagem. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35:827-833, 2000.

SEAB 2013. VALOR BRUTO DA PRODUÇÃO RURAL PARANAENSE 2011. Disponível em: < http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/vbp_2011.pdf > Acesso em 12 mai. 2013.

SILVA, F.C. Manual de análises química de solo, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SILVA, V. da,; MOTTA, A. C. V.; MELO, V. F. & LIMA, V.C. Variáveis de acidez em função da mineralogia da fração argila do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:551-559, 2008

SINGH, R.; SHARMA, R.R & TYAGI, S.K, Pre-harvest foliar application os calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality os strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). Scientia Horticulturae, 112:215-220, 2007.

SOUZA, H. A. de.; NATALE, W.; ROZANE, D. E.; HERNANDES, A. & ROMUALDO, L.M. Calagem e adubação boratada na produção de feijoeiro. Ciência Agronômica, 42:249-257, 2011.

TAGLIAVINI, M.; BALDI, E.; LUCCHI, E.; ANTONELLI, M.; SORRENTI, G.; BARUZZI, G. & FAEDI, W. Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria×ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. European Journal of Agronomy, 23:15-25, 2005.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. 4.ed. Porto Alegre, 2009, 848p.

TREVISAN, R.; TREPTOW, R.O.; GONSALVES, E.D.; ANTUNES, L.E.C. & HERTER, F.G. Atributos de qualidade considerados pelo consumidor de Pelotas/RS, na compra de pêssego in natura. Revista Brasileira Agrociência, 12:371-374, 2006.

VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; SOUZA, J.M.P.F.; PÉREZ, D.V. & ANJOS, L.H.C. Disponibilidade de boro e correlação com propriedades dos solos do estado do Rio de Janeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 34:493-498, 1999.

VITTI, G.C.; LIMA, E. & CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. IN: FERNANDES, M.S. Nutrição Mineral de Plantas, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.300 -325.

VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 35:213-223, 2011.

ZAMBROSI, F. C.B; ALLEONI, L. R. F. & CAIRES, E. F. Liming ionic speciation of na oxisol under no-till system. Scientia Agrícola, 65:190-203, 2008.

WÓJCIK, P. & LEWANDOWSKI, M. Effect of calcium and boron sprays on yield and quality of ‘’Elsanta’’ strawberry. Journal of Plant Nutrition, 26:671-682, 2003.

YAGI, R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. & BARBOSA, J.C. Organic matter fractions and soil fertility under the influence of liming, vermicompost and cattle manure. Sientia Agrícola, 60:549-557, 2003.

CONCLUSÃO GERAL

Na presente pesquisa buscou-se simular uma condição normal do cultivo do morangueiro a campo, ou seja, o que é realizado na prática pelos produtores de morango, como por exemplo, o revolvimento do solo juntamente com a aplicação dos fertilizantes e corretivos bem como a condução das plantas em ambiente de cultivo protegido. Na escolha das dosagens de cálcio e boro utilizadas para aplicação dos tratamentos foi observada a recomendação técnicas e também alguns resultados de artigos já publicados com a cultura. Estes detalhes foram observados para que os resultados finais deste trabalho pudessem trazer melhores subsídios aos produtores na tomada nos programas de adubação do morangueiro, especialmente dos nutrientes cálcio e boro.

Um dos principais objetivos da aplicação de cálcio e boro, tanto no solo como foliar, é suprir a demanda da planta com estes nutrientes. No experimento com o nutriente cálcio pode-se observar que em solo apresentando nível médio de cálcio já foi suficiente para suprir a demanda tanto das folhas como das frutas, pois houve ausência de resposta à aplicação dos tratamentos. Mas apesar das plantas se apresentarem bem nutridas com cálcio observou-se que a calagem propiciou um aumento na produção das plantas, isto provavelmente devido ao efeito benéfico propiciado na disponibilidade de outros nutrientes como o fósforo e da mineralização dos micronutrientes complexados na matéria orgânica do solo. No entanto, a aplicação do corretivo resultou em maior número de frutas com defeito leves e frutas com menor firmeza, isto ocorreu provavelmente pela redução na disponibilidade de boro, cujo teor inicial no solo encontrava-se em nível médio para a cultura ou ainda pelo desequilíbrio dos micronutrientes ocorrido nas frutas. Enquanto no experimento boro pode-se observar que, apesar do solo apresentar teor alto deste nutriente para o morangueiro, a aplicação dos tratamentos elevou o teor foliar resultando em aumento no diâmetro e produção de frutas, bem como em sua firmeza. Por outro lado, o boro afetou a qualidade pós-colheita destas frutas por reduzir o seu teor de açúcar.

O resultado encontrado nesta dissertação gerou uma pergunta: aplico ou não cálcio ou boro no morangueiro? Deve-se ter em mente que em campo de produção do morangueiro vários fatores podem afetar o seu crescimento e desenvolvimento, como por exemplo, a temperatura e umidade do ar, radiação solar, presença de polinizadores e até mesmo a adubação mineral e orgânica que é realizada. Com exceção dos tratamentos aplicados na presente pesquisa, os demais fatores de produção foram iguais para todas as plantas, como por exemplo, o ambiente de produção, quantidade de água aplicada na irrigação, dose de

fertilizante no plantio, ponto de colheita das frutas, etc. Tudo isso para verificar os efeitos causados pelos tratamentos nas variáveis analisadas e poder responder àquela pergunta.

Desta forma, do ponto de vista do produtor de morango, tanto a aplicação de boro quanto a de cálcio (calcário) geraram efeitos benéficos, pois elevaram a produção de frutas do morangueiro, fator importantes para garantir maior rentabilidade ao produtor, visto que o mesmo ganha por massa de fruta comercializada. Do ponto de vista do comerciante de morango, a aplicação de cálcio (calcário) resultou em frutas com menor firmeza, enquanto a aplicação de boro gerou efeitos benéficos, pois as frutas se apresentaram mais firmes suportando assim maiores distâncias de transporte e aumento no seu período de comercialização, além de reduzir as perdas por ataques de fungos pós-colheitas. No entanto, a ausência da aplicação de boro resultou em frutas mais adocicadas o que é desejável do ponto de vista do consumidor de morango, porém não é interessante para o produtor, pois resultou em baixa produção, nem para o comerciante, pois resultou em frutas com menor firmeza. A escolha entre aplicar ou não os nutrientes mencionados acima será do próprio consumidor, que deverá exigir do comerciante por frutas mais saborosas, bem como retribuindo financeiramente o produtor pela fruta com melhor qualidade.