

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**PAULO CÉSAR DE CARVALHO JÚNIOR**

**APLICAÇÃO DE SILICATO DE POTÁSSIO VIA FOLIAR NO MORANGUEIRO:  
FOTOSSÍNTESE, PRODUÇÃO E QUALIDADE**

**Uberlândia  
Novembro – 2008**

**PAULO CÉSAR DE CARVALHO JÚNIOR**

**APLICAÇÃO DE SILICATO DE POTÁSSIO VIA FOLIAR NO MORANGUEIRO:  
FOTOSSÍNTESE, PRODUÇÃO E QUALIDADE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

**Uberlândia  
Novembro - 2008**

**PAULO CÉSAR DE CARVALHO JÚNIOR**

**APLICAÇÃO DE SILICATO DE POTÁSSIO VIA FOLIAR NO MORANGUEIRO:  
FOTOSSÍNTESE, PRODUÇÃO E QUALIDADE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

**Aprovado pela Banca Examinadora em 22/11/2008**

Dra. Tatiana Michlovská Rodrigues  
Membro da Banca

Eng. Agr. Marcelo Vitor Gonçalves  
Membro da Banca

---

Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues  
Orientador

## **DEDICO**

Aos meus pais Paulo César de Carvalho e Elma Pereira Lemes de Carvalho, que durante todo esse tempo, conduziram minha vida e permitiram que pudesse alcançar meus objetivos e sonhos.

A minhas irmãs: Maristela e Poliana, que sempre me apoiaram e me deram forças.

A todos os meus professores, familiares, amigos e colegas, que direta e indiretamente estiveram ensinando e me apoiando nesta caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida e por me iluminar sempre, em todos os momentos.

Aos meu Pais e Irmãs, por me incentivarem e por acreditarem na conclusão deste trabalho. Aos meus Avôs, Tios e Primos que sempre estiveram ao meu lado.

Ao professor Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues, por ter acreditado em meu potencial e por ter me proporcionado esta oportunidade. Bem como também, pela orientação, motivação e dedicação, para que esta monografia fosse realizada.

Aos meus amigos Tiago Mendes, Maria Rita Soares e Maria Clara Soares, e em especial Juni Vicente de Souza e Vitor Boaventura Fonseca de Souza. Aonde que juntos divertimos, sofremos, aprendemos e tornamos projetos em realidade.

Enfim, a todos vocês, meu eterno obrigado!

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar doses de Silicato de Potássio ( $K_4SiO_4$ ) sobre a fotossíntese e produtividade e qualidade dos frutos do morangueiro cv. Oso Grande. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco doses de  $K_4SiO_4$  (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 L 100L<sup>-1</sup>). O experimento foi realizado em estufa de produção comercial da propriedade Vale Verde, Jundiaí-SP. As plantas foram cultivadas em sistema de fertirrigação em substrato. O experimento foi conduzido por oito meses, iniciando as aplicações após o transplantio. Os tratamentos foram aplicados semanalmente com auxílio de pulverizador costal com válvula reguladora de vazão. Durante a condução do experimento foram realizadas observações do desenvolvimento das plantas e coleta dos frutos. Na última coleta dos frutos os mesmo foram acondicionados em caixa de isopor e destinados às análises de qualidade. No mesmo período foram determinados os teores de clorofila A, B e total e relação A/B nas folhas, e após isto, estas foram coletadas, lavadas em água corrente, secas, moídas e destinadas para o laboratório para análise química de tecido, visando determinar os teores foliares de silício. Com o aumento das doses do  $K_4SiO_4$  houve aumento de produção de até 95% e do teor de açúcar redutor e redução da porcentagem de pectina solubilizada. Em geral, com o aumento das doses de  $K_4SiO_4$  houve incremento também nos teores de clorofila A, B e total. Com os resultados obtidos pode concluir que houve incremento da fotossíntese, produção e qualidade dos frutos.

**Palavras chave:** silício foliar, morangueiro, clorofila, produtividade, qualidade.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 REVISÕES DE LITERATURA	10
2.1 Cultura do Morangueiro	10
2.2 Silício e o seu papel na agricultura	11
2.3 Silicatos Solúveis	12
2.4 Fotossíntese	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Localização	15
3.2 Condições do experimento	15
3.3 Coletas das amostras	17
3.4 Clorofila	17
3.5 pH	18
3.6 Açúcares totais, glicose e sacarose	18
3.7 Substâncias péticas	18
3.8 Análises estatísticas	18
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	19
5 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

## 1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de morangos é de cerca de 90.000 t ano<sup>-1</sup>, colocando o Brasil em posição de destaque entre os principais produtores mundiais, embora distante dos Estados Unidos, com mais de 700.000 t ano<sup>-1</sup>(ASSIS, 2004). A Comunidade Européia é a principal importadora das frutas frescas brasileiras, em torno de 85% do total exportado (TEIXEIRA, 2006). E este mercado, por ser muito exigente, exerce fortes pressões com relação à qualidade e segurança dos produtos agrícolas que importamos, exigindo análises de resíduos de pesticidas em todos os produtos, podendo até embargar uma série deles por não estarem dentro das exigências propostas.

Com esse mesmo propósito, o consumidor brasileiro também já se demonstra preocupado com a presença de resíduos de agrotóxicos nas frutas, e a cultura do morangueiro um dos principais alvos desta crítica (HOLANDA, 2004). Desta forma produtores de morangos procuram incorporar em seu sistema de produção alternativas e princípios de cultivo que minimizem a utilização de produtos tóxicos ao ser humano, visando fortalecer ainda mais o programa de controle de qualidade do produto dentro do sistema de produção. Uma alternativa para esta questão é produzir morangos em ambiente protegido, onde é limitado o ataque de pragas e patógenos aéreos e terrestres, outra forma também, é adotar um manejo sustentável baseado na agricultura de baixo custo, na qual tem a filosofia de ser poupadora de insumos; porém para que esse manejo sustentável seja rentável e atinja os níveis de produtividade já alcançada pelos métodos tradicionais, pesquisas precisam ser aprimoradas, procurando utilizar métodos alternativos que tornem o uso de inseticidas e fungicidas na cultura do morangueiro um legado histórico.

Assim, dentro deste contexto econômico e de manejo, surge o silício, que além de nutrir, promove melhorias de sanidade na planta, resultando em qualidade de frutos e produtividade. Pois a adubação de silício, em função da deposição de um fino filme de Si sobre as células epidérmicas dificulta a penetração do tubo infectivo dos fungos e aparelhos bucais de insetos, agindo, assim, como uma barreira mecânica (WAGNER, 1940 citado por LIMA FILHO et al., 1999). E com o aumento da resistência a patógenos, também há alterações estruturais e metabólicas (por apresentar aumento no conteúdo de clorofila e no crescimento de plantas), como observadas por Wang e Galletta, (1998). Autores estes que também concluíram que o silicato de potássio induzem na cultura do morangueiro mudanças

metabólicas, principalmente no que diz respeito ao ácido cítrico e ácido málico e decresceu os teores de frutose, glicose e sacarose (WANG; GALLETTA, 1998).

Porém, quando trata-se da aplicação de silicato de potássio, não se pode esquecer as funções do potássio na planta. O potássio desempenha funções importantes no metabolismo das plantas participando de processos, como translocação de açúcares, abertura e fechamento dos estômatos e regulação osmótica da planta (MALAVOLTA, 2006b). O autor ainda relata que o  $K^+$  relaciona-se diretamente com a qualidade dos frutos, com o maior acúmulo de ácidos, água e açúcares. Também há efeito do potássio no que diz respeito a doenças, pois o  $K^+$  promove mudanças na morfologia e fisiologia do hospedeiro, que também afetam a relação entre o parasita e o hospedeiro. Perrenoud (1990), cita algumas das influências do  $K^+$  sobre o hospedeiro ou sobre o patógeno, como o número, desenvolvimento, sobrevivência, vigor e duração do ciclo do agente causal da doença. Suprimento de nutrientes do hospedeiro para o patógeno quando há deficiência do elemento, com ou sem mudança do hábito de crescimento do primeiro, dificuldade na infecção através da formação de barreiras representadas pela estrutura da parede celular, da espessura da cutícula; recuperação do tecido lesado após infecção, entre outros efeitos.

Trabalhos em diversas culturas têm obtido resultados com a aplicação de silicato de potássio, muito destes bastante promissores em como em soja e milho (RODRIGUES et al., 2007a), batata (RODRIGUES et al., 2007b), café (MERRIGHI et al., 2007), qualidade de bebida do café (FIGUEIREDO, 2007) e morango (WANG; GALLETTA, 1998). Dentre todos os nutrientes existentes para a agricultura, o silício ainda é um elemento pouco conhecido. Mas devido ao grande número de pesquisas como as supracitadas, que o envolve e comprovam seus benefícios, este elemento vem crescendo muito em importância e utilização. Em 2004 foi considerado legalmente como micronutriente (BRASIL, 2004), e em 2005 cientificamente, como micronutriente essencial (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Desde então novos estudos foram surgindo para evidenciar seu papel na nutrição de plantas, obtendo como benefícios de resistência às doenças, pragas e ao stress hídrico, melhora da arquitetura das plantas e da taxa fotossintética, (DEREN et al., 1994). Em que esses fatores juntos, promovem melhoria na qualidade de produtos agrícolas e incrementos de produtividades nas mais variadas culturas. Em meio a essas culturas, está o morangueiro, fruto da família das Rosaceae, nativa das terras temperadas da Europa, mas que hoje em dia é cultivada com sucesso em grande parte do mundo. Uma planta que desenvolveu e adaptou-se bem as condições de clima e solos brasileiros, e hoje em dia está no ranking das frutas mais apreciadas e consumidos pelos brasileiros.

As plantas podem ser classificadas como acumuladoras ou não-acumuladoras de silício, de acordo com as suas habilidades de absorver e metabolizar este elemento. E esta avaliação é feita de acordo com a relação molar Si:Ca encontrada nos tecidos, sob esta condição relações acima de 1,0 as plantas são consideradas acumuladoras; entre 1,0 e 0,5, são consideradas intermediárias; e menor do que 0,5, não acumuladoras (MIYAKE; TAKAHASHI, 1983; MA et al., 2001). Porém conceitualmente não-acumuladoras, pelo simples fato de ter o silício sobre a folha em forma de polímeros, oriundo de aplicações foliares, expressa grandes respostas. Entretanto segundo Rodet (2008), o morango constitui uma excelente fonte de vitamina C e uma boa fonte de silício (Si), de potássio (K) e de magnésio (Mg). É ainda uma excelente fonte de vitamina B9 (ácido fólico). Os morangos contêm um derivado salicílico que explica as suas virtudes curativas em casos de reumatismo e gota.

Presume-se que o morangueiro é uma espécie que responda bem ao uso de silício, e que não seja só uma depositora, mas que também esteja no hall das acumuladoras, por conseguir metabolizar e transformá-los em compostos úteis. E se esta fonte de Si contiver potássio, melhor será a resposta da planta de morangueiro, com relação à produtividade, devido às grandes extrações potássicas que a planta faz para enchimento dos frutos.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo a obtenção de maiores produtividades e frutos com qualidade superior, por intermédio da aplicação de silicato de potássio na cultura do morangueiro.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura do Morangueiro

O morangueiro pertence à família das rosáceas e ao gênero *Fragaria*. O morango é uma infrutescência de grande aceitação comercial por sua aparência, aroma e sabor atrativo, características que o colocam como uma das frutas mais apreciadas (HENRIQUE; CEREDA, 1999).

O morango tem destaque como uma boa fonte de ácido ascórbico e compostos flavonóides. Apesar das excelentes características sensoriais, o morango é muito perecível, possui limitada vida útil pós-colheita, apresenta alta taxa respiratória e suscetibilidade ao desenvolvimento de agentes patogênicos (HENRIQUE; CEREDA, 1999).

Segundo Camargo e Passos (1993), não se sabe bem ao certo quando se iniciou o do cultivo do morangueiro no Brasil. Entretanto segundo EMBRAPA (2005), em Minas Gerais o morangueiro foi introduzido no município de Cambuí, no Vale do Peixe, por volta de 1958. Hoje, ocorre na maioria dos municípios do extremo Sul do estado, na região da Mantiqueira, sendo Pouso Alegre e Estiva os maiores produtores.

Já em São Paulo, um dos maiores estados produtores brasileiros, a produção de morango concentra nos municípios de Campinas, Jundiaí e Atibaia, sendo que esta última representa 60% da área cultivada, motivo da escolha da localização para a condução deste experimento. A cultura do morango adapta-se ao clima subtropical e temperado, razão pela qual a produção comercial no Brasil é concentrada em seis pólos, sendo eles: Minas Gerais produzindo 33 mil t.ano<sup>-1</sup>, São Paulo 31 mil t.ano<sup>-1</sup>, Rio Grande do Sul 16 mil t.ano<sup>-1</sup>, Paraná com 9 mil t.ano<sup>-1</sup>, Espírito Santo 7 mil t.ano<sup>-1</sup> e Santa Catarina 1,3 mil t.ano<sup>-1</sup>, totalizando uma produção anual de 100 mil toneladas, com área ocupada de 3,5 mil ha, durante a safra de 2006/2007 (ANTUNES et al., 2007).

No Brasil, a cultura é praticada por pequenos produtores rurais que utilizam a mão-de-obra familiar durante todo o ciclo da cultura (5 pessoas por ha), sendo a maior parte da produção destinada ao mercado "in natura" (EMBRAPA, 2005). No cenário econômico, basicamente quase todo morango produzido é consumido no mercado doméstico, sendo esta fruta de pouca importância para a balança comercial brasileira. Cerca de 67% da fruta é destinada à comercialização in natura e 33% para processamentos industriais em diversas

formas (REICHERT; MADAIL, 2003). Esse fato é explicado pela rápida deterioração dos frutos causada pela senescência e doenças do pós-colheita.

## **2.2 Silício e o sua função na agricultura**

A maioria dos solos contém quantidades consideráveis de silício, porém cultivos sucessivos podem reduzir o nível desse elemento disponível para as plantas, a tal ponto que estes solos necessitariam de uma fertilização silicatada suplementar para obter-se a produção máxima (DATNOFF et al., 2001).

Ma et al. (2001), citam que as plantas consomem diferentes quantidades de silício, de acordo com a sua espécie e, que o conteúdo desse elemento nas mesmas varia de 1 a 10 % em peso seco, sendo essa variação resultado da espécie e do ambiente onde essas plantas crescem.

Os efeitos benéficos do silício são, em geral, evidentes em culturas que o acumulam de modo ativo. Isto porque, muitos dos seus efeitos benéficos são expressos através do silício depositado nas folhas e ramos. A resposta benéfica pode ser observada quando são aplicados fertilizantes silicatados em campos de arroz, cevada, milho e cana-de-açúcar (Ma et al., 2001), culturas essas, acumuladoras de silício.

Poucas são as informações referentes às melhores fontes de silício para o uso na agricultura, portanto encontram-se para comercialização os silicatos de potássio solúveis, agregados siderúrgicos, silicatos de magnésio (Serpentinitos), silicatos de potássio, termofosfatos, cimento, sílica gel e fontes naturais como a Wollastonita, que é um silicato de cálcio natural com altos teores de  $\text{CaSiO}_3$  e alto grau de pureza, utilizado muitas das vezes como padrão para experimentos com silício. Já os agregados siderúrgicos para cada quatro toneladas de ferro-gusa são produzidas em média uma tonelada de escória de alto forno (COELHO, 1998), que são utilizados para o fornecimento de Si e correção do solo, já que possuem em sua composição silicatos de Ca e Mg; subprodutos da produção de fósforo elementar. Porém, as fontes tradicionalmente utilizadas, como os silicatos de cálcio e magnésio e, ou, as escórias de siderurgia, além de apresentarem baixíssimos teores de Si solúvel, também são insolúveis em água ou apresentam baixa solubilidade em água (RODRIGUES et al., 2007c).

É considerada como uma boa fonte de Si agrícolas, quando a mesma apresenta características como alta concentração de Si-solúvel, boas propriedades físicas, facilidade

para a aplicação mecanizada, pronta disponibilidade de absorção para as plantas, baixa concentração de metais pesados e baixo custo Na planta, o Si absorvido tem efeitos benéficos relacionados principalmente com o aumento da resistência ao ataque de pragas (insetos), nematóides e doenças, diminui a taxa de transpiração e, confere maior eficiência fotossintética (RODRIGUES et al., 2007c).

### 2.3 Silicatos solúveis

Os silicatos solúveis são fontes obtidas da fusão da sílica ( $\text{SiO}_2$ ) com hidróxidos ou carbonatos de sódio ou potássio. Desse modo são obtidas as principais fontes de silicatos solúveis, que são os silicatos de sódio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) e potássio ( $\text{K}_4\text{SiO}_4$ ) (UNA-PROSIL, 2008). Os silicatos solúveis são fontes promissoras e eminentes de serem adotadas como insumos de produção, pois oferecem as vantagens da nutrição com Si e, ainda, possibilidade de serem utilizados na fertirrigação, hidroponia, via foliar e no solo. Por serem totalmente solúveis são capazes de fornecer Si, prontamente absorvível pelas plantas, o que reduz a quantidade a ser utilizada do produto (FIGUEIREDO et al., 2007). A legislação brasileira de fertilizantes admite o uso do silício como micronutriente, porém, das fontes solúveis, somente o silicato de potássio é liberado para utilização agrícola (BRASIL, 2006).

O uso de silício solúvel, na forma de silicato de potássio, tem proporcionado aumentos significativos de produção, pelo aumento da eficiência no uso de nutrientes imóveis, como o cálcio, ferro, zinco, manganês e cobre, e conseqüentemente maior resistência ao ataque de pragas e doenças (RODRIGUES et al., 2007c). Micronutrientes mais silicato de potássio solúvel, faz com que se eleve significamente os teores de Cu foliar, pois na interação, há formação na calda de espécies iônicas na forma de hidróxido de cobre (FIGUEIREDO et al., 2007). Isso se explica, pois o silicato de potássio solúvel é uma fonte de hidroxilas facilmente dissociável, dada a sua solubilidade e alcalinidade herdada do hidróxido de potássio (KOH), que é sua matéria prima. Outro fato promovido por essas hidroxilas é que as mesmas elevam a CTC da calda, e conseqüentemente da cutícula, facilitando a absorção de Cu, que possui preferência em relação ao Zn e Mn (MALAVOLTA, 2006). Contudo, esse alto teor de hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ) que elevam o pH da solução, provavelmente interferem na absorção foliar de Boro, por inibição competitiva do B pelo  $\text{OH}^-$ , e também pelo metassilicato  $\text{SiO}_3^-$  do silicato de potássio, se comporta como ânion, corroborando (MALAVOLTA, 2006).

O principal foco das pesquisas com fontes de silício solúvel é em função de uma melhor absorção pelas plantas e por conseguinte, melhor controle de doenças, pragas, principalmente, por serem estes agentes que, potencialmente, mais reduzem a produção das culturas. Os mecanismos de supressão dos patógenos pelas plantas nutridas com silício, ainda não são muito bem conhecidos. Para isso, existem duas propostas para explicar esta supressão. O acúmulo do silício na epiderme impede a penetração do fungo nos tecidos da planta (BOWEN et al.; 1992) e a outra proposta é a ativação dos mecanismos naturais de defesa da planta como, por exemplo, a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina (SAMUELS et al., 1991; EPSTEIN, 1999), além de uma possível interação entre as barreiras física e química.

A aplicação foliar de silício líquido solúvel, como silicato de potássio, pode ser uma opção eficiente em fornecer silício às plantas bem como todos os seus benefícios, inserindo-se como uma ferramenta no controle integrado de doenças, potencializando o controle fitossanitário, contribuindo para a melhoria da produtividade e qualidade das plantas, como por exemplo o café (FIGUEIREDO et al., 2007).

## 2.4 Fotossíntese

A fotossíntese é o processo através do qual os seres autotróficos e alguns outros organismos, transformam energia luminosa em energia química. Ocorre processando o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e outros compostos como a água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e os minerais. Este é um processo do anabolismo, em que a planta acumula energia a partir da luz para uso no seu metabolismo.

Embora vários tipos de clorofila possam ocorrer no reino vegetal, as clorofilas A e B, são as únicas importantes para as plantas lenhosas. A clorofila A, cuja fórmula é  $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$ , diferencia-se da clorofila B, de fórmula  $\text{C}_{55}\text{H}_{70}\text{O}_6\text{N}_4\text{Mg}$ , apenas por um dos grupos metil, que é convertido em um grupo aldeído, o que diferencia ligeiramente suas propriedades de absorção, pela mudança na absorção de elétrons. Ambas apresentam dois picos de absorção de luz, que são os comprimentos de onda onde a absorção máxima é de: 420 e 660nm para a clorofila A, e 435 e 643nm para a clorofila B, sendo a absorbância nos picos da esquerda (próximos de 430 nm) mais alta de que nos da direita (valor próximo a 640 nm) (KOZLOWSKI, 1962; TAIZ; ZEIGER, 2004; BUCHANAM et al., 2001).

A fotossíntese pode ser facilmente avaliada através da massa seca de parte aérea. O

peso da matéria seca é o parâmetro quantitativo que melhor retrata o potencial de crescimento de uma planta em relação aos fatores ambientais. Isto porque, além de quantificar a produção de biomassa, permite verificar como esta massa se distribui pela planta, em decorrência do grau de luminosidade. Em geral, há um decréscimo da produção de matéria seca com o aumento do sombreamento. Esse decréscimo pode ser explicado pelo favorecimento do desenvolvimento do parênquima clorofiliano paliçádico e de cutícula mais espessa nas folhas, pela ação da luz. As reduções na área foliar e na produção de matéria seca total, sob condições de sombra, podem ser explicadas pela menor produção de clorofila e da taxa de fotossíntese aparente por unidade de área foliar (SOUZA, 1981).

Adatia e Besford (1986) relataram aumento no teor de clorofila total, ou seja, A + B e atividade da rubisco em plantas de pepino cultivadas em solução nutritiva com Si. Segundo os autores, a atividade da rubisco foi 50% superior em relação às plantas não fertilizadas com Si. Gong et al. (2005) relataram que plantas de trigo fertilizadas com Si apresentaram aumento da atividade fotossintética e também aumento nos teores de clorofila A, B, A+B e carotenóides. Em função de uma camada dupla de sílica abaixo da cutícula, as plantas mantêm as folhas mais eretas, promovendo maior aproveitamento da luz (YOSHIDA et al., 1969).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização

O experimento foi conduzido a campo em lavoura comercial, na Fazenda Vale Verde. Localizada na cidade de Jundiaí, -SP. Com altitude de 774 m, e coordenadas geográficas 23°08'58.75'' S e 46°55'13.72'' O.

#### 3.2 Condições do experimento

Foi avaliado os efeitos da aplicação de silicato de potássio ( $K_4SiO_4$ ), constituído de cinco tratamentos nas porcentagens de 0; 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8. Realizados na cultivar Oso Grande, conduzida no sistema de cultivo em estufa e fertirrigação. O Silicato de Potássio tem como especificações ser da família química dos sais inorgânicos, formado por  $K_2O$  ( $2,15 \text{ g mol}^{-1}$ ) e  $SiO_2$  ( $223,00 \text{ g mol}^{-1}$ ), relação ( $SiO_2/K_2O$ ) de 2,15, estado físico líquido, densidade de 1,37 a  $1,4 \text{ g/cm}^3$ , pH 12 e totalmente solúvel em água.

A aplicação do produto foi feita com bomba costal de 20 litros, modelo PJH-COSTAL, sendo utilizado na ponteira uma válvula reguladora de vazão jacto, calibrada para 2 bar ( $\text{kgf/cm}^2$ ). As doses foram aplicadas semanalmente, durante oito meses, iniciando uma semana após o transplântio. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC), tendo cada repetição dez metros de comprimento linear sobre bancadas duplas, totalizando vinte metros lineares, cada sacola possui dois metros lineares, contendo substrato composto de casca de arroz carbonizada, solo do horizonte A e humos na proporção de 7:2:1. As plantas foram distribuídas respeitando o espaçamento entre plantas de 15x15 cm, tendo cada sacola 28 plantas em média.

Seguindo adaptações da tecnologia feita no IAC, propostas por Furlani e Fernandes (2008), foi utilizado como substrato a casca de arroz carbonizada. A casca de arroz carbonizada é estável física e quimicamente, o que a torna mais resistente à decomposição, sendo provável que um mesmo substrato possa ser usado durante duas safras consecutivas, porém o mesmo por ter alta porosidade não é capaz de reter água e nutrientes, desta forma este composto é complementado com solo e humos, respeitando a proporção 7:2:1, previamente tratados e esterilizados.

Foi realizada adubação através da fertirrigação, com solução nutritiva aplicada uma ou duas vezes por dia em função da temperatura e do estágio de desenvolvimento das plantas. A fertirrigação é realizada por meio de um sistema hidráulico basicamente constituído por um depósito para solução nutritiva, moto-bomba, filtro e tubulações. Cada sacola possui em média 28 plantas, aonde cada planta há um difusor de solução. De acordo com o estágio de crescimento das plantas e as condições climáticas, o consumo diário de solução nutritiva variou de 2 a 6 litros por sacola.

O preparo e o manejo da solução nutritiva é feito da seguinte forma: inicialmente se prepara três soluções concentradas (A, B e C) (Tabela 1), A e B (fase vegetativa) ou A e C (fase de frutificação), dissolvendo-se em água diferentes sais ou fertilizantes, conforme indicado na tabela 2.

Tabela 1 – Soluções concentradas de nutrientes.

Sais ou fertilizantes	Solução concentrada (gramas/10 litros)		
	A	B	C
Nitrato de cálcio	1600	-----	-----
Nitrato de potássio	-----	1000	1000
Fosfato monoamônico	-----	300	-----
Fosfato monopotássico	-----	360	720
Sulfato de magnésio	-----	1200	1200
Ácido bórico	6,0	-----	-----
Sulfato de cobre	0,6	-----	-----
Sulfato de manganês	4,0	-----	-----
Sulfato de zinco	2,0	-----	-----
Molibdato de sódio	0,6	-----	-----
Tenso Fé	120	-----	-----

Tabela 2 – Preparo das soluções iniciais.

Fase da cultura	Solução concentrada (litros/1000 litros)		
	A	B	C
Vegetativa *	3,0	3,0	-----
Frutificação **	3,0	-----	3,0

\* Do transplante das mudas até o início da frutificação

\*\* Do início da frutificação em diante

A condutividade elétrica (CE) das soluções iniciais, tanto para a fase vegetativa como para a de frutificação, ficaram em torno de 1,4 - 1,5 mS/cm.

As mudas foram adquiridas em um viveiro da região e devidamente transplantadas para as sacolas tubulares horizontais. Levando em consideração o completo pegamento das mudas, mudas que não apresentaram bom pegamento, foram substituídas por outras mudas saudáveis.

Devido ao fato que este produtor de morango segue a filosofia orgânico-mineral, ou seja, utiliza de adubação mineral porém não aplica defensivos agrícolas para pragas e patógenos, os tratamentos fitossanitários se restringiram apenas pela aplicação de produtos homeopáticos ou considerados orgânicos como óleo de Nim ou então extrato Piro-Lenhoso. As doses destes respectivos produtos eram ajustadas de acordo com a severidade do ataque das pragas ou dos patógenos.

### **3.3 Coleta das amostras**

A coleta das folhas para análise química de tecido para a determinação dos teores foliares de Si foi realizada 6 semanas após o início das aplicações, lavadas sobre água corrente e acondicionadas em sacos de papel, para se iniciar o procedimento de secagem em estufa, com a temperatura em torno de 55-60° C. Após secarem e atingirem peso constante, foram encaminhadas para o Laboratório de Análise de Fertilizantes- LAFER, do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, segundo metodologia descrita por Korndörfer (2004).

As análises de fruto foi procedida coletando os frutos ao final do experimento, no 8º mês de aplicação do Silicato de Potássio, e acondicionado em caixas de isopor, para em seguida serem encaminhadas para o Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, onde foram retirados os talos das frutas, pesados 100g e centrifugadas para a obtenção do suco, para que assim fosse determinado as características internas do fruto como as análises de: pH, acidez titulável em ácido cítrico, açúcares totais, redutores e não redutores; concentração de pectina bem como sua solubilidades.

### **3.4 Clorofila**

O teor de clorofila A e B, a relação entre as duas e o teor total, foram determinadas com uso do clorofilômetro eletrônico, em que a medição ocorreu em uma área de 8 cm<sup>2</sup> de

cada folha, sendo armazenado e logo após transferido até software próprio, sendo os teores medidos em  $\mu\text{g } 8 \text{ cm}^{-2}$ . As folhas foram escolhidas ao acaso, e procedeu a coleta da clorofila sobre cada folíolo e posteriormente foi feita uma média sobre estes valores. Metodologia esta também empregada pelo LAFER.

### **3.5 pH**

O pH foi determinado por potenciometria em eletrodo de vidro pelo aparelho Micronal modelo B371 segundo normas da AOAC (2000). A acidez titulável expressa ácido cítrico ou foi determinada por titulação do filtrado com solução padronizada de NaOH  $0,1 \text{ mol}_e \text{ l}^{-1}$  pela técnica do Instituto Adolfo Lutz (1985).

### **3.6 Açúcares totais, glicose e sacarose**

Os açúcares totais, glicose e sacarose foram extraídos pelo método de Lane-Enyon, citado pela AOAC (2000) e o doseamento, segundo a técnica de Somogyi adaptada por Nelson (1944) e leitura pelo espectrofotômetro.

### **3.7 Substâncias pécicas**

A extração das substâncias pécicas foi realizada segundo a técnica descrita por McCready; McComb (1952). A solubilização da pectina foi calculada pela porcentagem de pectina solúvel em relação a total pela seguinte equação: % de solubilização = (pectina solúvel/pectina total) x 100.

### **3.8 Análise estatística**

Após todas determinações feitas, os dados foram submetidos à análise de variância através programa estatístico SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2000), sendo que as concentrações de Si foram submetidas ao estudo de regressão 5% de probabilidade, e os gráficos plotados no programa Microsoft Excel 2003.

#### 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

As doses foliares de  $K_4SiO_4$  proporcionaram variação significativa, pelo teste de F ( $Prb < 5$ ), para os teores de clorofila A, B e total e relação A/B.

Os teores de clorofila A, B e total apresentaram ajuste quadrático em função das doses de silicato de potássio ( $K_4SiO_4$ ) foliar (Figura 1 a, b e c). Os máximos teores de clorofila A ( $389,6 \mu g 8cm^{-2}$ ), B ( $212,9 \mu g 8cm^{-2}$ ) e total ( $590,8 \mu g 8cm^{-2}$ ) foram obtidos com as doses de 0,45; 0,42 e 0,45 ml  $100L^{-1}$  de  $K_4SiO_4$ . De maneira geral, observa-se que os coeficientes de determinação das equações foram baixos. Os valores obtidos com a dose de 0,4 L  $100L^{-1}$  de  $K_4SiO_4$  foram superiores aos demais observados e com isso houve redução do ajuste da equação, mesmo as mesmas apresentando significância de 1% pelo teste de F para todos os componentes da equação (Figuras 1 a, b e c). A relação clorofila A/B apresentou ajuste quadrático inverso (Figura 1 d). Esse resultado pode ser atribuído ao maior incremento nos teores de clorofila B (Figura 1 b) em detrimento da clorofila A (Figura 1 a).

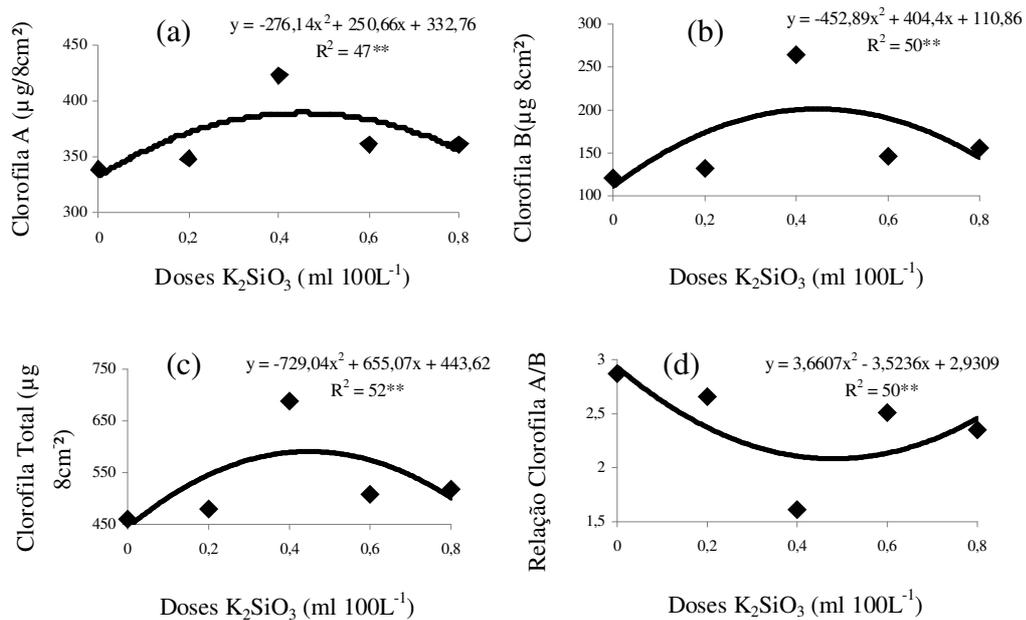


Figura 1 – Teores foliares de Clorofila A (a), B (b) e Total (c) e Relação A/B (d) em folhas de morangueiro sob diferentes doses de  $K_4SiO_4$  via foliar. Jundiaí-SP, 2007.

Esses resultados corroboram com os obtidos pela literatura em relação a doses de Silício (ADATIA; BESFORD, 1986; AL-AGHABARY et al., 2004; GONG et al., 2005). Os autores, de maneira geral, observaram incrementos nos teores de clorofila com o aumento de doses de silício. Todavia, a maior parte desses trabalhos o silício foi aplicado via solo ou via solução nutritiva. Entretanto, a diferença na forma de aplicação do silício não resultou em

diferença dos resultados nos teores de clorofila. A principal diferença deste trabalho para os encontrados na literatura é que as doses de silício foram significativamente inferiores, devido à forma de aplicação. Com isso pode-se inferir que nas condições deste experimento, o Silício aplicado via foliar apresenta eficiência superior ao aplicado via solo para o morangueiro. Essa afirmativa é de fácil explicação, pois segundo Epstein e Bloom (2006), Korndörfer (2006), Malavolta (2006a) e Marschner (1995), o morangueiro não é acumulador de Silício, ou seja, não apresenta eficiência na absorção do silício via raiz. Todavia, paradigmas estão sendo quebrados, pois não só para o morangueiro, como também para outras culturas denominadas como não acumuladoras de silício, como o tomate, a batata, a soja, a cenoura dentre outros, tem apresentado resposta em produção com a aplicação do silício foliar utilizando o silicato de potássio.

Nesta pesquisa, não foi isolado o efeito do silício e do potássio, pois a fonte utilizada apresenta ambos os nutrientes. Nesse sentido, os efeitos nos incrementos de clorofila pode ser um efeito conjunto nos quais os dois nutrientes se corroboram. Sideris e Young (1945), Bednarz e Oosterhuis (1999) e Zhao et al. (2001) relatam que plantas cultivadas com baixo suprimento de potássio apresentaram baixos teores de clorofila e acumularam sacarose nas folhas, isso porque o potássio é ativador metálico da fosfofrutoquinase, principal enzima regulatório da via glicolítica (TAIZ; ZEIGER, 2004). Assim, o efeito observado no presente trabalho pode ser conjunto do potássio e o silício. Efeito semelhante no morangueiro foi obtido por Wang e Galletta (1998) onde os autores verificaram incremento nos teores de clorofila em folhas de morangueiro com a aplicação foliar de silicato de potássio. Mesmo assim, são necessários estudos futuros para isolar o efeito da aplicação foliar de ambos os nutrientes.

Os teores foliares de Silício e a produção do morangueiro apresentaram alteração significativa em função das doses de  $K_4SiO_4$  via foliar pelo teste de F ( $Prob. < 5$ ). Semelhante ao observado para os teores de clorofila, portanto as doses de  $K_4SiO_4$  proporcionaram ajuste quadrático para os teores foliares de silício e produção do morangueiro. O máximo teor de silício na folha (0,47%) e máxima produção ( $2,73 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) (Figura 2) foram obtidos com as doses de 0,7 e  $0,37 \text{ L } 100\text{L}^{-1}$  de  $K_4SiO_4$ , respectivamente. Poucos trabalhos têm verificado incrementos nos teores foliares de Silício com as aplicações foliares, e nestes, observa-se os efeitos das fontes de Silício aplicado via foliar sobre o manejo das doenças observando incrementos nos teores foliares desse nutriente (BUCK et al., 2008). Todavia vários são os fatores que interferem na eficiência da absorção foliar, desde fatores intrínsecos à planta a fatores do meio, como clima, temperatura, umidade e vento, e fatores intrínsecos a química do

elemento (ROSOLEM, 2001). Em relação à química do silício líquido, essa é complexa (FIGUEIREDO, 2007) e exige estudos mais aprofundados, desde interação com compostos de cutícula até o equilíbrio entre as formas poliméricas e monoméricas.

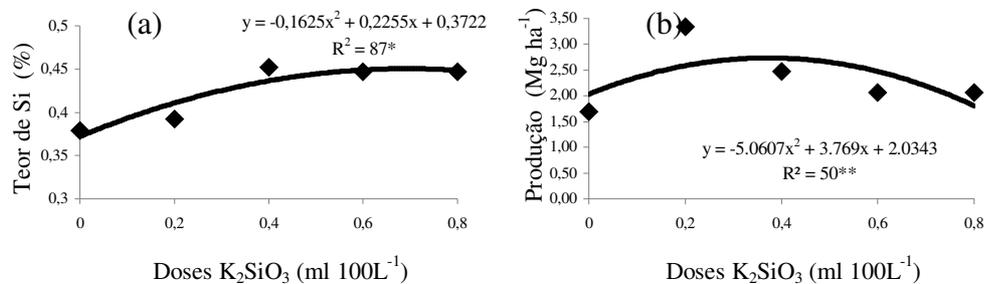


Figura 2 – Teores foliares de Si (%) (a) e produção ( $Mg\ ha^{-1}$ ) (b) do morangueiro sob diferentes doses de  $K_4SiO_4$  via foliar. Jundiaí-SP, 2007.

Em geral os teores de açúcar são indicativos de qualidade dos frutos. Os teores de açúcar totais nos frutos são constituídos de carboidratos de baixo peso molecular responsáveis pela doçura, sabor e aroma, pela cor atrativa e pela textura. Estes constituem maior parte dos sólidos solúveis do fruto do morango e apresentam-se principalmente na forma de glicose, frutose e sacarose (LIMA, 1999; CHITARRA; CHITARRA, 2005). Oliveira (2005) relata que o incremento nos teores de açúcar totais em frutos ocorre com o amadurecimento dos frutos decorrente da biossíntese de sacarose, frutose e, ou glicose ou por meio de degradação de polissacarídeos. O autor, também, relata que a alteração na concentração dos açúcares no fruto pode variar, também, conforme clima, solo e cultivar. A relação entre açúcares não redutores (sacarose) e açúcares redutores (glicose + frutose) e que os últimos são precursores para a biossíntese do primeiro. Com o amadurecimento dos frutos há uma tendência no acúmulo de açúcares não redutores a redução nos teores de açúcares redutores (SILVA, 2007).

As variáveis no fruto para teores de açúcar, não redutor (sacarose), redutor (glicose e frutose), total e % de pectina solúvel e total e solubilidade de pectina apresentaram variação significativa pelo teste de F ( $Prob. < 5$ ) em função das doses de  $K_4SiO_4$  via foliar. Todas as variáveis avaliadas para açúcar e pectina apresentaram ajuste quadrático inverso, com exceção dos teores de sacarose que apresentaram ajuste quadrático em função das doses de  $K_4SiO_4$  via foliar (Figura 3).

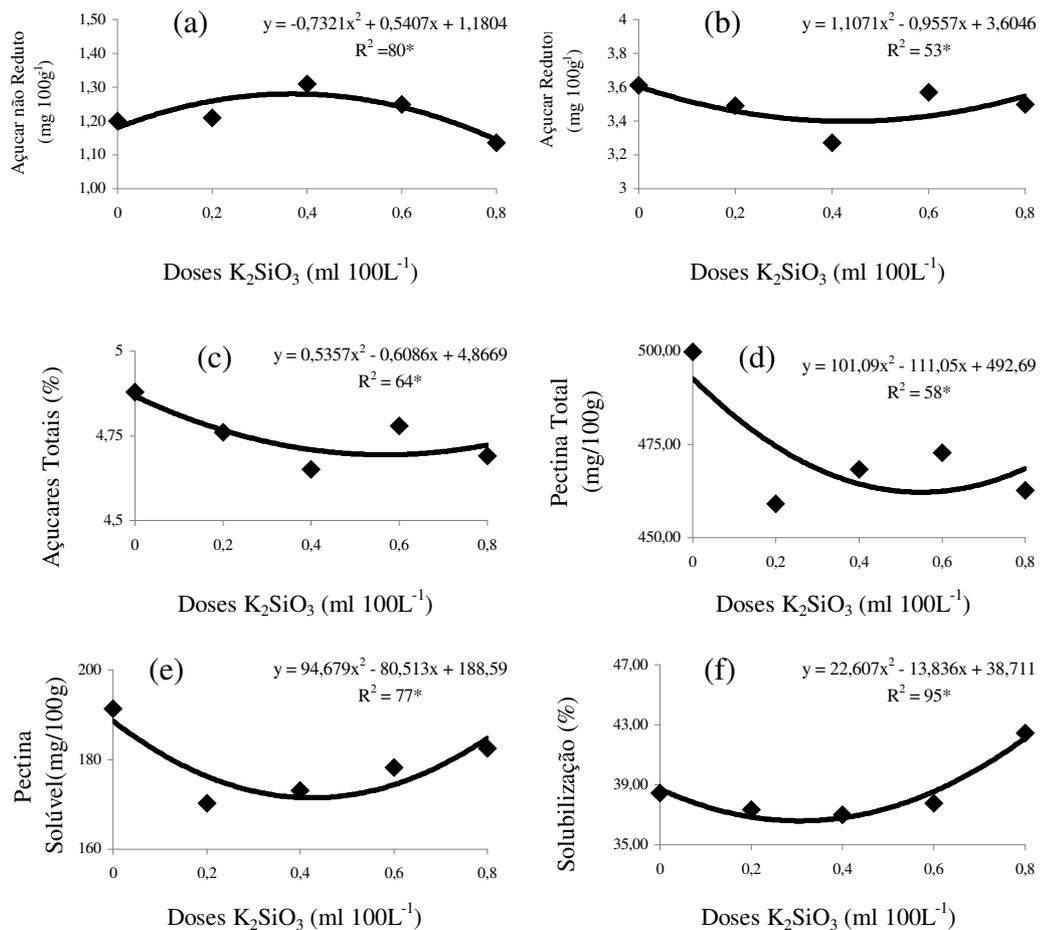


Figura 3 – Teores de Açúcar, Não Redutor – Sacarose (a), Redutor – Glicose (b) e Totais (c) e de Pectina. Solúvel (d), Total (e) e solubilizada (f) em frutos de morangueiro adubados sob diferentes doses de  $K_4SiO_4$  via foliar. Jundiaí-SP, 2007.

Em geral os teores de açúcar são indicativos de qualidade dos frutos. Os teores de açúcar totais nos frutos são constituídos de carboidratos de baixo peso molecular responsáveis pela doçura, sabor e aroma, pela cor atrativa e pela textura. Estes constituem maior parte dos sólidos solúveis do fruto do morango e apresentam-se principalmente na forma de glicose, frutose e sacarose (LIMA, 1999; CHITARRA; CHITARRA, 2005). Oliveira (2005) relata que o incremento nos teores de açúcar totais em frutos ocorre com o amadurecimento dos frutos decorrente da biossíntese de sacarose, frutose e, ou glicose ou por meio de degradação de polissacarídeos. O autor, também, relata que a alteração na concentração dos açúcares no fruto pode variar, também, conforme clima, solo e cultivar. A relação entre açúcares não redutores (sacarose) e açúcares redutores (glicose + frutose) e que os últimos são precursores para a biossíntese do primeiro. Com o amadurecimento dos frutos há uma tendência no acúmulo de açúcares não redutores a redução nos teores de açúcares redutores (SILVA, 2007). Em 1998, os autores Wang e Galletta, já haviam constatado em seus trabalhos tais

respostas do morangueiro ao silicato de potássio, explicando que tal comportamento é resultado de um maior desenvolvimento da planta como um todo, direcionando esses compostos oriundos da fotossíntese, diretamente para esses fins. Diferentemente do que ocorre na testemunha, cuja qual direciona seus fotoassimilados apenas para o fruto, que na frutificação, é o maior dreno dentro da planta, deixando debilitadas as outras partes da planta, como raiz, caule e folhas. Explicando assim, porque na testemunha encontramos teores elevados de açúcares totais e redutores, quando comparado com as plantas com silicato de potássio.

Neste trabalho, também observou que, com o aumento das doses do  $K_4SiO_4$  há aumento nos teores de açúcares não redutores e redução dos açúcares redutores (Figura 3 a e b). Todavia a redução nos teores de açúcar redutores (Figura 3 b) foi superior ao incremento de açúcar não redutor (Figura 3 a), com conseqüente redução nos teores de açúcar total (Figura 3 c). Como citado anteriormente, tanto o Silício, quanto o potássio interferem no metabolismo fotossintético das plantas com conseqüência direta no metabolismo glicolítico das plantas. O acúmulo de açúcares não redutores nos frutos pode ser conseqüência de maior atividade fotossintética das plantas, o que é verificado pelo maior acúmulo de clorofila A, B e total (Figuras 3 a, b e c). No entanto, a menor concentração de açúcares redutores (glicose e frutose) com o aumento das doses de  $K_4SiO_4$  pode estar relacionada ao efeito de diluição desses na planta já que com as doses de  $K_4SiO_4$  houve aumento da produção de frutos (Figura 4 b).

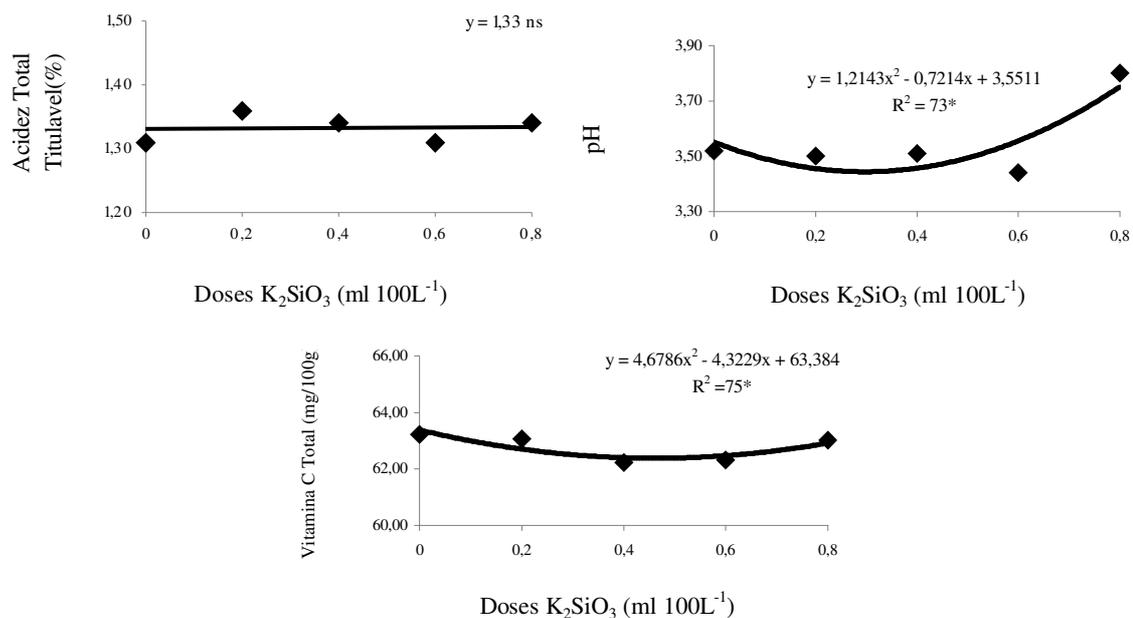


Figura 4 – Acidez Titulável, pH e Vitamina C em frutos de morangueiro adubados sob diferentes doses de  $K_4SiO_4$  via foliar. Jundiaí-SP, 2007.

As pectinas são importantes no processo de amolecimento dos frutos (THÉ, 2001). As substâncias pécticas encontram-se depositadas na parede celular, atuando como agente cimentante sendo responsável pela textura dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). No decorrer do amadurecimento há redução dos compostos pécticos nos frutos, por ação enzimática, causando a solubilização ou até degradação total quando o fruto está muito maduro, o que causa o amolecimento do fruto (NUNES, 2001). Na Figura 3 d observa-se que há redução dos teores totais de pectina nos frutos. Esse corrobora com a observação de campo onde observou amadurecimento mais rápido dos frutos nos tratamentos com aplicação foliar do  $K_4SiO_4$ . Em contrapartida, os teores de pectina solúvel e % de solubilização em relação à pectina total reduziu com o aumento das doses de  $K_4SiO_4$  até a dose de  $0,4 \text{ ml } 100L^{-1}$ . A redução de pectina solúvel (Figura 3 e) e de % de solubilização (Figura 3 f) significa que, mesmo com o amadurecimento acelerado do fruto, como observado a campo e comprovado pelo aumento dos teores de açúcares não redutores (Figura 3 a), os frutos tinham maior proporção de pectina não solubilizada o que pode proporcionar maior durabilidade em pós-colheita dos frutos, avaliações essas que podem ser realizadas em futuros trabalhos.

As variáveis Acidez Titulável, pH e teor de Vitamina C nos frutos apresentaram variação significativa pelo teste de F (*Prob.* < 5) com as doses  $K_4SiO_4$ . Todavia, somente os valores de pH e teor de vitamina C (ácido ascórbico) no fruto apresentaram ajuste de modelo matemático, quadrático inverso, em função das doses de  $K_4SiO_4$  via foliar (Figuras 4 a, b e c).

A acidez titulável, Vitamina C (ácido ascórbico) e o pH de frutas são indicativo de estágio de maturação (NUNES, 2001; VILAS BOAS, 1999). Com o amadurecimento dos frutos os ácidos orgânicos de cadeia curta são metabolizados via ciclo dos ácidos tricarbóxicos (OLIVEIRA, 2005). Em consequência da metabolização desses ácidos a o acúmulo de açúcares, principalmente os não redutores, como a sacarose, responsável pelo sabor adocicado do fruto. No presente trabalho, não foi verificado redução da acidez titulável o que é verificado pela redução do pH com o aumento das doses  $K_4SiO_4$  (Figuras 4 a e b). Em relação à vitamina C, foi verificado redução com o aumento das doses de  $K_4SiO_4$  (Figura 4 c). Todavia, essa redução nos teores de Vitamina C pode estar relacionada com o aumento de produção das plantas, apresentando efeito de diluição, ou mesmo ao estágio mais avançado de maturação do frutos das plantas tratadas com o  $K_4SiO_4$ .

De maneira geral, no presente trabalho pôde se observar que com o aumento das doses do  $K_4SiO_4$ , houve aumento da atividade fotossintética das plantas, como observado pelo aumento nos teores de clorofila A, B e total (Figuras 1 a, b e c) com consequente aumento da produção de frutos (Figura 2 b). Esses frutos de plantas tratadas com  $K_4SiO_4$  apresentavam

maturação mais rápida o que é comprovado pelo incremento de açúcares não redutores (Figura 3 a) e de pectina (Figura 3 d), todavia essa última com menor porcentagem de solubilização (Figura 3 f), o que pode proporcionar frutos de maior durabilidade pós-colheita.

## 5 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos no presente trabalho pode-se concluir que com as doses de  $K_4SiO_4$  até  $0,4 \text{ L } 100\text{L}^{-1}$  foi obtido incremento nos teores de clorofila, produção e qualidade de frutos.

## REFERÊNCIAS

- ADATIA, M. H.; BESFORD, R. T. The effects of silicon in cucumber plants grown in recirculation nutrient solution. **Annals of Botany**, Londres, v. 58, n. 3, p. 343-351, 1986.
- AGRIANUAL 2008 - **Anuário da Agricultura Brasileira**. Morango - Custo de produção. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2007, v. , p. 417-417
- AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.J.; SHI, Q.H. Influence of silicon suplí on chlorophyll content, chlorophyll fluorescente and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress, **Journal of Plant Nutrition**, New Yorkv.27, p. 2101 – 2115, 2004.
- ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J. D.; CALEGARIO, F. F.; COSTA, H.; REISSER JUNIOR, C. Produção integrada de morango (PIMo) no Brasil. In: Morango: conquistando novas fronteiras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.28, n.236, p.34-39, jan./fev. 2007.
- AOAC. Association of Official Agricultural Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17<sup>th</sup>ed. Gaithersburg, 2000. v. 2, Cap. 39, p.13-15.
- ASSIS, M. Produção de matrizes e mudas de morangueiro no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 2., ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS, 1., 2004, Pelotas. **Anais Pelotas: Embrapa Clima Temperado**, 2004. p.45-50. (Documentos, 124).
- BEDNARZ, C.W.; OOSTERHUIS, D.M. Physiological changes associated with potassium deficiency in cotton. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v.22, n.2, p.303-313, 1999.
- BRASIL. Decreto n. 4954, de 14 de janeiro de 2004. Aprova o regulamento da lei no. 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. **Normas jurídicas** (Texto Integral) - DEC 004954. p.27.
- BRASIL. Decreto n. 5.351, de 21 de janeiro de 2005. Instrução normativa das n. 27, 05 de junho de 2006. Legislação-inspeção e fiscalização da produção, importação e comercialização de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes no que se refere às concentrações de metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jun. 2006. Seção 1, n. 110, p. 15-16.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants physiologists**. 3.ed. Rockville: American Society of Plant, 2001. 1367 p.
- BUCK, G.B.; KORNDORFER, G.H.; NOLLA, A.; COELHO, L. Potassium Silicate as Foliar Spray and Rice Blast Control. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 31, n. 2, p. 231-237. 2008.
- BURIOL, G.A.; RIGHI, E.Z.; SCHNEIDER, F.M.; STRECK, N.A.; HELDWEIN, A.B.; ESTEFANEL, V. Modificação da umidade relativa do ar pelo uso e manejo da estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria. v. 8, p. 11-18, 2000.

BOWEN, P.; MENZIES, J.; EHRET, D. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 117, n. 6., p. 906-912, nov. 1992.

BRASIL. Decreto n. 5.351, de 21 de janeiro de 2005. Instrução normativa das n, 27,05 de junho de 2006. Legislação-inspeção e fiscalização da produção, importação e comercialização de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes no qu e se refere às concentrações de metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jun. 2006. Seção 1, n. 110, p. 15-16.

CAMARGO, L de S.; PASSOS, F.A. Morango. In: FURLANI, A.M.C.; VIÉGAS, G.P. (Eds.) **O melhoramento de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: IAC, 1993. 1v., p.412-432.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-Colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ed. Lavras: Editora UFLA, 2005. 783p.

COELHO, P.E. Da escória ao vidro. **Revista Limpeza Pública**. São Paulo. V.49, p.36-45, 1998.

DATNOFF, L.E.; SEEBOLD, K.W.; CORREA, F.J. The use of silicon for integrated disease management: reducing fungicide applications and enhancing host plant resistance. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H (ed.). **Silicon in agriculture** Amsterdam: Elsevier Science, 2001, p. 171-184.

DEREN, C.W.; DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H; MARTIN, F.G. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. **Crop Science**, Madison. v.34, p. 733-37, 1994.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 50, p. 641-664, 1999.

EPSTEIN, E. BLOMM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2 ed. Londrina, Editora Planta, 2006. 403p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. **Sistema de Produção do Morango**. Novembro de 2005. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/index.htm>> Acesso em 03 Novembro 2008.

FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R.; BERLATO, M.A.; OLIVEIRA, A.C.B. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria. v.1, p.51-62. 1993b.

FIGUEIREDO, F.C.; BOTREL, P.P.; REIS, T.H.P.; RODRIGUES, C.R.; GUIMARÃES, P.T.G. Absorção de micronutrientes misturados com silicato de potássio na calda de pulverização em comparação a outras caldas recomendadas para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO DAS PESQUISAS CAFEEIRAS, Águas de Lindóia, **Resumos Expandidos**, 2007.

- FIGUEIREDO, F.C. Nutrição, proteção e qualidade da bebida do café sob pulverizações de silicato de potássio líquido solúvel. 2007. 97p. (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- FERREIRA, D.F. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais**. São Carlos: UFSCar, p. 255-258, 2000.
- FURLANI, P.R.; FERNANDES, F. **Produção de morango usando a técnica da hidroponia vertical**. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2008\\_3/MorangoVertical/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_3/MorangoVertical/index.htm)>. Acesso em: 1/12/2008
- GONG, H. J.; ZHU, X. Y.; CHEN, K. M.; WANG, S. M.; ZHANG, C. C. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. **Plant Science**, Limerick, v. 169, n. 2, p. 313-321, Aug. 2005.
- HENRIQUE, C. M.; CEREDA, M. P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria ananassa* Duch) cv IAC Campinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, maio/ago. 1999.
- HOLANDA, M. Frutas sem agrotóxicos. **Veja**, São Paulo, v. 37, n. 18, p. 169, 05 maio 2004.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 1996**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/default.shtml>> Acesso em: 06 Setembro 2008.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise dos alimentos**. 3.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v.1, 371p
- KORNDORFER, G.H. Elementos benéficos. In: FERNANDES, M.S. (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2006. p.356-374
- KOZLOWSKI, T.T. **Tree Growth**. New York: Ed. The Ronald Press Company, p. 149 - 170. 1962.
- LIMA, L.C.O. Qualidade, colheita e manuseio pós-colheita de frutos de morango. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n.198, p.80-83, maio/jun. 1999.
- LIMA FILHO, O. F. de; LIMA, M. T. G. de; TSAI, S. M. O silício na agricultura. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 87, p. 1-7, jun. 1999.
- MA, J.F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. (ed.). **Silicon in agriculture** Amsterdam: Elsevier Science, 2001, p. 17-39.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação do cafeeiro: colheitas econômicas máximas**. São Paulo: Ceres, 1993. 210 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006a. 201-638p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London. Academic Press. 1995. 889p

McCREADY, P. M.; McCOMB, E. A. Extration and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, Washington, Dec. v. 24, n. 12, p. 1586-1588, 1952.

MERRIGHI, A. L. N.; FERNANDES, A. L. T.; FIGUEIREDO, F. C. Novas pesquisas reforçam os efeitos do silício líquido solúvel aplicado via foliar em cafeeiros. **Revista Campo e Negócios**, Uberlândia, ano 4, n. 56, p.25-27. 2007

MATIELLO, J.B. **Gosto do meu cafezal**. Como tratar bem da lavoura de café: todas as práticas culturais, a nutrição e proteção das plantas até a colheita preparo, visando alta produtividade e qualidade. Rio de Janeiro: MAA/SDR/PROCAFÉ, 1997. p. 262.

MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on growth of solution cultured cucumber plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 29, n. 1, p. 71-83, Jan./Feb. 1983.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 135, n. 1, p. 136-175, Jan. 1944.

NUNES, E.E. Caracterização química de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) cv. ‘Smooth Cayenne’. 2001. 67f. **Monografia** (Graduação em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

OLIVEIRA, F.E. da R. Qualidade de Pêssegos “Diamante” (*Prunus pérsica* (L.) Batsch) submetidos ao 1-metilciclopropano. 2005. 68p. **Dissertação** (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PERRENOUD, S. Potassium and Plant Health. 2ª Ed. IPI Res. Topics. N.º 3. Berna: International Potash Institute. 1990. 365 p.

REICHERT, L.J.; MADAIL, J.C.M. Aspectos socio-econômicos. In: SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M. (Ed.) **Morango**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 12-15. (Frutas do Brasil, 40).

RODET, J.C. **É tempo de morangos**. Disponível em: [http://performance.clix.pt/html/alimentos\\_desc.asp?id=482](http://performance.clix.pt/html/alimentos_desc.asp?id=482) Acesso em: 01 dez. 2008.

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; FIGUEIREDO, F. C. Silício: Experimentos comprovam eficiência de Sili-k®. **Revista Campo e Negócios**, Uberlândia, Ano 4, n.58, p.35-40. 2007a

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; FIGUEIREDO, F. C. Aplicação de Silício Líquido Solúvel via Foliar em Batata: Aumento de 5 toneladas/ha de batata extra. **Revista Campo e Negócios HF**, Uberlândia, Ano 1, n.10, p.66-70. 2007b

RODRIGUES, C. R.; RODRIGUES, T. M.; FIGUEIREDO, F. C. Aumento de qualidade e produção com aplicação de silício solúvel. **Revista Campo e Negócios HF**. Uberlândia, Ano 2, n.24, p.34-40, Maio 2007c

ROSA, O. D.; CARVALHO, E. P.; DIONÍSIO, F. L.; RIBEIRO, A. C. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: UFCE, 2000. p. 3.161.

ROSOLEM, C. A. **Recomendação e Aplicação de Nutrientes via Foliar**. Lavras: Editora UFLA, 2001. v. 1. 99 p.

SAMUELS, A.L.; GLASS, A.D.M.; EHRET, D.L.; MENZIES, J. G. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 14, n. 5, p. 485-492, June 1991.

SIDERIS, C.P.; YOUNG, H.Y. Effects of potassium in chlorophyll, acidity, ascorbic acid, and carbohydrates of Ananas comosus (L.) Merr. **Plant Physiology**, v.20,n.4, p.649-670, 1945.

SILVA, P.A. Qualidade de morangos cultivado na região de Lavras, MG, armazenados a temperatura ambiente. 2007. 71. **Dissertação** (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA, L. J. B. de. **Fotomorfose e crescimento de *Cedrella fissilis* Vell. no viveiro e no plantio de enriquecimento em linhas**. Curitiba, 1981. 117f. Dissertação Mestrado - Universidade Federal do Paraná.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 720 p.

THÉ, P.M.; CARVALHO, V.D. de; ABREU, C.M.P. de; NUNES, R. de P.; PINTO, N.A.V.D. Efeito da temperatura de armazenamento e do estágio de maturação sobre a composição química do abacaxi cv. 'Smooth Cayenne'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.2, p.356-363, mar/abr. 2001.

TEIXEIRA, J.M.A. **Selo de Qualidade Expande Exportações de Frutas**.

Disponível em:

<[http://catir.agricultura.gov.br/dotlrn/clubs/deprossistemaagropecuariodeproduointegrada/comunidadeadoscoordenadores/news/item?item\\_id=228262](http://catir.agricultura.gov.br/dotlrn/clubs/deprossistemaagropecuariodeproduointegrada/comunidadeadoscoordenadores/news/item?item_id=228262)>. Acesso em: 07 set. 2006.

UNA-PROSIL. **Ficha técnica**: silicato de potássio. 2006. Disponível em <<http://www.una-prosil.com.br/produtos.htm>> Acesso em: 8 set. 2008.

VILAS BOAS, E.V. de B. **Técnicas para diversas análises de alimentos**. Lavras: UFLA, 1999. 74p.

WANG, S.Y.; GALLETTA, G.J. Foliar application and potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 21, n. 1, 157-167, 1998.

YOSHIDA, S.; NAVASERO, S. A.; RAMIREZ, E. A. Effects of silica and nitrogen supply on some leaf characters of the rice plant, **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 31, n. 1, p. 48-56, 1969.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D.M.; BEDNARZ, C.W. Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. **Photosynthetica**, Netherlands, n.39, v.1, p.103-109, 2001.