

---

SEIJI IGARASHI

**Supressão de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da “Flor-Preta”, na cultura do morangueiro, através da nutrição com Cálcio (Ca) e Silício (Si).**

**SEIJI IGARASHI**

**Supressão de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da “Flor-Preta”, na cultura do morangueiro, através da nutrição com Cálcio (Ca) e Silício (Si).**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador:

Prof. Dr. Roberto Antunes Fioretto  
(UEL, Londrina)

Londrina – PR  
2008

Catálogo na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.

### Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

I24s Igarashi, Seiji.  
Supressão de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da “Flor-Preta”, na cultura do morangueiro, através da nutrição com Cálcio (Ca) e Silício (Si) / Seiji Igarashi. – Londrina, 2008.  
52f. : il.

Orientador: Roberto Antunes Fioretto.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2008.

Bibliografia: f. 48-52.

1. Morango – Doenças e pragas – Controle – Teses. 2. Antracnose – Teses. 3. *Colletotrichum* – Teses. I. Fioretto, Roberto Antunes. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa

**SEIJI IGARASHI**

**Supressão de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da “Flor-Preta”, na cultura do morangueiro, através da nutrição com Cálcio (Ca) e Silício (Si).**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Aprovada em: 29 /02/2008

**COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof. Dr. Marcelo Giovanetti Canteri	UEL
Prof. Dr. José Carlos Vieira de Almeida	UEL
Prof. Dr. João Tavares Bueno	FALM
Dr. Anésio Bianchini	IAPAR
Dr. Ademir Assis Henning (suplente)	EMBRAPA-SOJA
Prof. Dra. Débora Cristina Santiago (suplente)	UEL

---

Prof. Dr. Roberto Antunes Fioretto  
Orientador  
Universidade Estadual de Londrina

## **DEDICATÓRIA**

A DEUS pela oportunidade. À minha família pela compreensão do trabalho. Aos amigos e colegas pelo incentivo e ajuda.

## **AGRADECIMENTOS**

À UEL pela liberação para a realização do curso.

Ao Prof. Dr. Roberto Antunes Fioretto pelo apoio, sugestões e colaboração na execução do trabalho.

Ao Dr. José Eduardo Creste pela colaboração nas análises dos dados de DRIS.

Aos acadêmicos de graduação pela ajuda na instalação e condução do experimento.

Ao LABORSOLO pela colaboração na análise química das amostras.

A Professora Inês C. de Batista Fonseca pela sugestão e auxílio prestado na análise estatística.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	4
2.1. Origem, Características Botânicas e Evolução do Morangueiro .....	4
2.2. Cultivo do Morango .....	8
2.3. Produtividade do Morangueiro .....	9
2.4. Antracnose do Morangueiro ( <i>Colletotrichum acutatum</i> ) .....	10
2.5. Funções dos Principais Nutrientes nas Plantas .....	11
2.6. Sintomas de Deficiências Minerais no Morangueiro.....	13
2.7. Nutrição das Plantas e Sua Relação Com as Doenças .....	14
2.8. Efeitos dos Elementos Cálcio (Ca) e Silício (Si) na Resistência das Plantas a Doenças .....	16
2.9. Considerações Sobre a Análise de Solo .....	22
2.10. Diagnose Química Foliar .....	22
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
3.1. Local e Época de Condução do Experimento .....	25
3.2. Preparo do Canteiro .....	25
3.3. Cultivar Utilizado e Respectiva Procedência .....	26
3.3.1. Características do cultivar Camarosa.....	26
3.4. Delineamento Estatístico.....	27
3.5. Sistema de Irrigação.....	27
3.6. Preparo do Inóculo de <i>C. acutatum</i> em Meio de Cultura.....	27
3.7. Variáveis Avaliadas.....	28
3.7.1. Avaliação da incidência de antracnose .....	28
3.7.2. Produtividade .....	28
3.7.3. Brix .....	28
3.7.4. Crescimento vegetativo da planta (cm), comprimento da raiz (cm), peso seco da parte aérea e das raízes(g) .....	29
3.7.5. DRIS .....	29

3.7.5.1. Cálculo dos índices de dignose .....	30
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>47</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>48</b>

IGARASHI, Seiji. **Supressão de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da “Flor-Preta”, na cultura do morangueiro, através da nutrição com Cálcio (Ca) e Silício (Si)**. 2008. 52 fls. Tese de Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

## RESUMO

A flor-preta é a principal doença do morangueiro atualmente. Não existe até o momento cv. resistente, bem como fungicida eficiente. Assim, induziu-se o manejo da flor-preta através de equilíbrio nutricional. O Cálcio foi escolhido por ser um integrante da parede das células que auxilia no aumento da rigidez e, principalmente, na produção de substâncias inibidoras dos patógenos. O Silício foi selecionado por promover formação de barreiras mecânicas e/ou alterações das respostas químicas da planta ao ataque do parasita, sintetizando toxinas que poderão agir como substâncias inibidoras/repelentes. O objetivo deste trabalho foi tentar reduzir a incidência da flor-preta, promovendo maior sustentabilidade da cultura através dos benefícios promovidos pelo Cálcio e Silício. O experimento foi conduzido em ambiente protegido na universidade. Os tratamentos constituíram-se na adubação apenas de Cálcio e combinações de Cálcio e Silício. O patógeno foi artificialmente inoculado. Avaliou-se a incidência de flor-preta, produtividade, teor de Brix, comprimento e peso seco da parte aérea e raiz, e estabeleceram-se normas de DRIS para diagnose do estado nutricional. Os nutrientes Cálcio e Silício auxiliam na supressão de *C. acutatum* do morangueiro, melhoram o teor de Brix e a qualidade visual do fruto. Concluiu-se também que o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) na cultura de morango é fundamental para melhorar o equilíbrio nutricional e produzir frutos de melhor qualidade comercial.

**Palavras-chave:** Antracnose. Morango. Manejo nutricional. DRIS.

IGARASHI, Seiji. **Supression of *Colletotrichum acutatum*, causal agent of the “black-flower”, in strawberry plants, of nutrition through with calcium (Ca) and silicon (Si).** 2008. 52 fls. Tese de Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008

### **ABSTRACT**

The “black flower” is one of the main disease in strawberry crops now a days. So far there are not available resistant cultivars as well efficient fungicides. So the management of the disease was induced using the nutritional equilibrium. The Calcium was selected as one of the walls of cells that helps the increase in stiffness and, in particular, the production of inhibitory substances of pathogens. The Silicon was selected by promoting formation of mechanical barriers and / or changes of the chemical responses of the plant to attack the parasite, summarising toxins that can act as inhibitors substances / repellents. The objective of the present paper was trying to reduce the incidence of black-flower through the promotion of high sustentability with the benefits of calcium and silicon. The trial was set in protected environment at university. The treatments were the adition of Calcium in the soil and combinations of Calcium and Silicon. The pathogen was artificilaly inoculated. The evaluations consisted of black-flower incidence, yield, Brix teor, length and weight of aerial part and root system and DRIS normatization for the diagnosis of the nutritional status. The nutrients Calcium and Silicon helped in supression of *C. acutatum* in strawberry crops, increased brix teor and the visual quality of the fruits. It was also concluded that DRIS (Diagnosis Recomendation Integrated System) for strawberry was usefull to increse the nutritional equilibrium and to produce fruits with better comercial atributes.

**Key-words:** black flower, strawberry, DRIS, nutritional management.

## 1. INTRODUÇÃO

O morango (*Fragaria ananassa* Duch) é produzido e apreciado nas mais variadas regiões do mundo, sendo a espécie de maior expressão econômica do grupo das pequenas frutas, com uma produção mundial de 3,1 milhões de toneladas ao ano (OLIVEIRA et al., 2006).

No Brasil, a cultura teve grande expansão a partir da década de 60, com difusão em regiões de clima temperado e sub-tropical, destacando-se pela alta rentabilidade por área e demanda intensa de mão-de-obra (SANTOS, 2003). A produção brasileira fica em torno de 105.000 toneladas anuais, em área estimada de 3.500 ha (ANTUNES, 2006), com destaque para Minas Gerais (41,4%), Rio Grande do Sul (25,6%), São Paulo (15,4%) e Paraná (4,7%) (RIGON et al., 2005).

No Paraná, grande parte da produção concentra-se nas regiões norte e metropolitana de Curitiba. A produção de morangos na região sudoeste do Paraná, apesar da pequena expressão no cenário estadual, vem se expandindo, com destaque para o cultivo orgânico.

Mesmo com o melhoramento genético, nos últimos anos, na busca de qualidade, produtividade e resistência a doenças, as cultivares apresentam alta suscetibilidade a diversas doenças, considerado um dos principais fatores limitantes ao cultivo do morangueiro (PAULUS, 1990; TANAKA, 2002).

Na literatura, são citadas 51 espécies de fungos, três de bactérias, oito de nematóides e 26 de vírus afetando a cultura (MAAS, 1998). Entre as principais doenças fúngicas observadas no sudoeste do Paraná, destacam-se a flor-preta, a mancha-de-micosferela, a mancha-de-dendrofoma e o mofo-cinzento nos frutos.

A doença denominada flor-preta, causada pelo fungo *Colletotrichum acutatum* Simmonds, é, atualmente, a principal doença da cultura e pode causar perda total da lavoura (COSTA & VENTURA, 2006).

O clima no Brasil é extremamente favorável ao desenvolvimento da maioria dos patógenos de morango que, aliado ao cultivo intensivo, à ausência de cultivares resistentes e a práticas culturais inadequadas, torna inevitável o controle químico, sendo realizadas de 30 a 40 aplicações somente de fungicidas, durante o ciclo do morangueiro (COSTA et al., 2003).

Os fungicidas utilizados para o controle da flor-preta tem apresentado baixa eficiência, apesar da grande quantidade de aplicações, contribuindo para a alta carga de fungicidas usada na cultura e para a ocorrência de resistência, como à verificada com o grupo químico dos benzimidazóis (COSTA & VENTURA, 2006).

Ainda que a resistência às doenças seja geneticamente controlada, ela pode ser influenciada por fatores ambientais. Os efeitos são relativamente pequenos em cultivares com elevada resistência ou suscetibilidade, mas bastante grande em cultivares moderadamente suscetíveis ou parcialmente resistentes.

A nutrição mineral é um fator ambiental que pode ser manipulado com relativa facilidade e utilizado como complemento no manejo de doenças. Entretanto, é necessário conhecer como os nutrientes minerais aumentam ou diminuem a resistência das plantas através de alterações nas propriedades das células e tecidos e, conseqüentemente, no processo da patogênese (MARSCHNER, 1986).

Os efeitos dos nutrientes minerais no crescimento e na produção são usualmente estudados em termos das suas funções no metabolismo das plantas. Além disso, a nutrição mineral pode também causar modificações estruturais, anatômicas e na sua composição química. Esses nutrientes também podem aumentar ou diminuir a resistência das plantas aos patógenos. A resistência pode ser aumentada pela alteração nas respostas das plantas aos ataques de parasitas, aumentando as barreiras mecânicas (lignificações) e a síntese de compostos tóxicos (MARSCHNER, 1986).

Todos os elementos minerais essenciais são considerados importantes em relação à incidência ou severidade de doenças. O efeito dos nutrientes em doenças é determinado por: a) efeito da fertilização mineral na severidade da doença; b) comparação das concentrações de elementos nos tecidos de cultivares resistentes e suscetíveis; c) correlação entre condições que influenciam a disponibilidade de minerais com a incidência ou severidade de doenças; d) combinação de todos os três efeitos (HUBER, 1980).

A nutrição mineral surge como opção viável para aumentar a resistência das plantas às doenças, de modo a seguir a tendência mundial de reduzir o uso de agrotóxicos, reduzindo o impacto ambiental e aumentando a

sustentabilidade do agroecossistema, além de obter alimentos saudáveis, de maneira a proporcionar maior qualidade de vida do consumidor.

Dentre os vários elementos químicos citados como essenciais para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, foram escolhidos dois, o Cálcio e o Silício, para que se fizesse um estudo visando estabelecer relação entre o equilíbrio nutricional destes elementos e a intensidade da flor-preta em morangueiro.

O cálcio tem a função estrutural de integrar a parede celular da planta. Muitos fungos e bactérias fitopatogênicas alcançam o tecido da planta pela produção de enzimas pectolíticas extracelulares, como a galacturonase, que dissolvem a lamela média; a atividade dessa enzima é drasticamente inibida pela presença de cálcio (MARSCHNER, 1986).

O silício é outro elemento que também tem um papel importante nas relações planta-ambiente, pois pode dar à cultura melhores condições para suportar adversidades climáticas, de edificação e biológicas. Um dos efeitos benéficos que se sobressaem é o seu papel em reduzir a susceptibilidade das plantas a doenças causadas por fungos, pois há formação de barreiras mecânicas e/ou alterações das respostas químicas da planta ao ataque do parasita, aumentando a síntese de toxinas que podem agir como inibidores ou repelentes. Esse elemento, além das barreiras mecânicas, também ativa genes envolvidos na produção de compostos secundários do metabolismo como os polifenóis e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa das plantas. Com isso, confere aumento na resistência das plantas às doenças.

O objetivo do presente trabalho foi estudar o efeito supressivo de Cálcio e Silício sobre a incidência da flor-preta, agente causal de *Colletotrichum acutatum* do morangueiro, com a finalidade de reduzir gradativamente as intervenções químicas e promover maior sustentabilidade, através de equilíbrio nutricional, auxiliado pelo banco de dados do DRIS (sistema Integrado de Diagnose e Recomendação) desenvolvido para o morangueiro, no final do experimento.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Origem, Características Botânicas e Evolução do Morangueiro

As espécies selvagens de morangueiro existem há mais de 50 milhões de anos, mas foi após o século XIV d.C. que o homem retirou do estado selvagem e passou a cultivar em jardins com a finalidade ornamental e medicinal (RONQUE, 1998). A história do morangueiro sendo cultivado comercialmente caminhou junto com a história da civilização e foi iniciada com a chegada dos conquistadores europeus em terras americanas. O morangueiro existia de forma silvestre, tanto na Europa quanto nas Américas do Sul e do Norte.

Diversas variedades diferentes ocupavam extensas áreas nesses continentes, entretanto produziam frutos muito pequenos e de baixo valor comercial. Deve-se o primeiro desenvolvimento do morangueiro moderno a Amédée François, oficial do exército francês que, por ocasião de uma missão no Chile, encontrou a espécie *Fragaria chiloensis*, que produzia frutos e levou cinco plantas para a França em 1714. Alguns anos após essa introdução, ocorreu um desenvolvimento em Brest, graças a hibridação natural, envolvendo plantas femininas de *Fragaria chiloensis* cultivadas por acaso junto com plantas masculinas de *Fragaria virginiana*. Essa espécie foi introduzida na França em 1624, procedente da América do Norte.

Sendo assim, com a chegada dos europeus, cultivares americanas foram levadas para a Europa, e lá foram submetidas a cruzamentos, originando cultivares cada vez melhores. A partir de meados do século XIX, o morango apresentou considerável progresso e, com a evolução da ciência agrônoma e o cultivo mais técnico, aquelas cultivares foram sendo cada vez mais aperfeiçoadas, originando as cultivares atualmente explorados (RONQUE, 1998).

O morango hoje em dia é uma cultura de grande expressão econômica em diversos países do mundo, como os Estados Unidos da América do Norte, o Japão e países da Europa, onde houve grande aumento no cultivo neste século, e também em países latino-americanos como no Brasil (RONQUE, 1998).

A espécie botânica atualmente cultivada é *Fragaria ananassa* Duch (designação justificada por OTTERBACHER e SKIRVIN, 1978, citado por RONQUE, 1998), que é um híbrido resultante das espécies octaplóides americanas *Fragaria*

*virginiana* Duch., *Fragaria chiloensis* e *Fragaria novalis* (Lehn) Rydb. Existe também uma espécie européia, *Fragaria vesca* L., não cultivada comercialmente, muito usada como indicadora de viroses, que faz parte do grupo de origem das cultivares atuais.

No sistema de Classificação Vegetal de CRONQUIST (1988), o morangueiro insere-se na seguinte seqüência taxionômica:

- . Divisão Magnoliophyta (Angiospermae);
- . Classe Magnoliosida (Dicotiledoneae);
- . Subclasse Rosidae;
- . Ordem Rosales;
- . Família Rosaceae;
- . Gênero *Fragaria* L.

O gênero *Fragaria* Linnaeus é excessivamente variável, tendo sido descritas mais de 45 espécies. Atualmente, somente 11 são consideradas espécies naturais, apresentando diferenças suficientemente importantes. Essas espécies são distribuídas em quatro grupos, segundo o número cromossômico (2x, 4x, 6x e 8x), conforme classificação apresentada por OLIVEIRA, et al. (2003).

Segundo OLIVEIRA et al. (2003), algumas espécies diplóides inter cruzam-se facilmente, mas a maioria de seus híbridos tem a fertilidade reduzida. As duas tetraplóides são intercruzáveis e seus híbridos deram origem às cultivares comerciais de morangueiro derivadas principalmente das espécies *F. chiloensis* e *F. virginiana*, conhecida como *Fragaria ananassa* Duch., e poucas de *F. avalis*. Esta tem contribuído na formação do material com baixo requerimento de frio e na formação de genótipos indiferentes à resposta ao fotoperíodo. Essas três espécies octaplóides apresentam as características expostas no Quadro 01.

**QUADRO 01.** Características específicas das espécies octaplóides do gênero *Fragaria* (OLIVEIRA & SANTOS, 2003).

Espécies	Características
	Tolerância à estiagem
	Adaptação à baixa temperatura
	Adaptação a curto e longo fotoperíodos

	Resistência de flores e frutos ao frio
	Firmeza dos frutos
<i>Fragaria chiloensis</i>	Tolerância à salinidade
	Resistência à <i>Phytophthora</i>
	Resistência à murcha de <i>Verticillium</i>
	Resistência a afídios e ácaros
	Alta tolerância à baixa temperatura
	Alta tolerância à alta temperatura
	Adaptação a fotoperíodo curto
	Resistência à estiagem
	Resistência de flores à geada
<i>Fragaria virginiana</i>	Curto período de colheita
	Resistência à <i>Verticillium</i>
	Resistência a afídios e ácaros
	Resistência às manchas foliares
	Resistência a ácaros
<i>Fragaria ovalis</i>	Resistência à baixa temperatura
	Característica de florescimento e produção contínuos
	Produção precoce

A grande variabilidade entre as espécies que compõem a base genética de *Fragaria ananassa* permite maior amplitude de adaptação e qualidade das cultivares comerciais de morangueiro (OLIVEIRA et al. 2003).

Folhas, flores e raízes das espécies *F. chiloensis* e *F. virginiana*, conhecidas como *Fragaria ananassa* Duch., são produzidas em nós alternados do estolho. Nesta espécie, após o segundo nó, a extremidade do estolho levanta-se e torna-se espessada. Essa porção espessada primeiro produz raízes adventícias e, então, um novo eixo caulinar que dá continuidade ao estolho. O morango (*F.*

*ananassa*) propaga-se assexuadamente através de estolhos, no entanto, também produzem flores e reproduz-se assexuadamente (RAVEN et al. 2003).

No estudo da sistemática do morangueiro, segundo Ronque (1998), há a subdivisão em dois grupos básicos: o originário da Europa e o das Américas. O originário da Europa, conhecido como morango dos bosques (*F. vesca* tendo  $2n = 42$  cromossomos), produz frutos pequenos, perfumados e moles, com aquênio muito proeminente, hoje sem interesse comercial; o de origem americana, inclui várias espécies silvestres ( $2n = 56$  cromossomos) e produz frutos grandes.

A espécie *F. chiloensis* Duch, também conhecida como morango chileno, ocorre ao longo do litoral do oceano Pacífico no continente americano, sendo encontrado desde o Alasca até a Patagônia. Esta espécie produz plantas de porte baixa, de folhas lustrosas, na face superior, e branco-azuladas, na inferior. Os estolhos quase sempre se formam depois da frutificação. Os frutos variam da cor vermelho-pálido a vermelho-escuro, são grandes e têm a polpa firme e saborosa. As inflorescências têm pedúnculos curtos e ramificações compridas, produzindo flores unissexuais (RONQUE, 1998).

A espécie selvagem (*F. virginiana* Cuch) é originária dos prados do oeste dos Estados Unidos, apresenta porte semelhante ao da anterior e produz frutos de excelente aroma e cor. Possui grande capacidade de adaptação e resistência a doenças fúngicas como Podridão de fitofitora, Murcha de verticillium e às Manchas foliares. Esta espécie foi introduzida na Europa antes da *F. chiloensis*, para cruzamentos interespecíficos e com variedades de outras espécies, com a finalidade de obtenção de frutos de tamanho maior e de melhor qualidade (RONQUE, 1998).

A espécie *F. ovalis* é igualmente originária da América do Norte e caracteriza-se por maior período frutífero e rusticidade, transmitindo essas características, em especial, nas cultivares de dia neutro (RONQUE, 1998).

## 2.2. Cultivo do Morangueiro

O morango, atualmente cultivado em larga escala comercial, originou-se do cruzamento natural das espécies *Fragaria virginiana* e *Fragaria chiloenses*, oriundas respectivamente da América do Norte e do Chile, cultivadas lado a lado em jardins europeus, com finalidades ornamentais e medicinais (MEZALIA, 1986). No século XIX, foi quando iniciou-se sua exploração em caráter comercial (REBELO & BALARDIN, 1997).

Atualmente, o morangueiro é cultivado em vários países, especialmente nos de clima temperado, que favorecem a obtenção de boa produtividade. Esta cultura tem um caráter eminentemente social, pois absorve elevado contingente de mão de obra em praticamente todo o ciclo que corresponde também a um alto ônus financeiro, estimada em aproximadamente 60% das despesas de cultivo.

A cultura de morangueiro no Brasil vem sendo desenvolvida desde o final do século XVIII, em jardins e hortas caseiras. No entanto, foi apenas no início do século XX, que houve certo desenvolvimento, ocasião em que recebeu grande incentivo no Rio Grande do Sul. Ainda no início do século XX, ocorreu a introdução da cultura no Estado de São Paulo, onde, viria a ter grande desenvolvimento comercial, principalmente após a introdução de cultivares mais adaptadas, novas técnicas de cultivo e oferta de mudas com sanidade controlada. Desde então, a cultura de morango não mais parou de se desenvolver e passou a ser cultivada em outros estados como Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina, Distrito Federal e Goiás.

O desenvolvimento da cultura de morango em escala comercial no Brasil teve início a partir de 1965, ocasião em que algumas entidades de pesquisa como o Instituto Agrônomo de Campinas, a EMBRAPA e a UEPAE de Cascata (Pelotas,RS), juntamente com as diferentes Secretarias de Estado de Agricultura dos estados produtores, iniciaram trabalhos de pesquisa e melhoramento genético.

No Estado do Paraná, pouco se sabe sobre a introdução da cultura do morangueiro, mas provavelmente, a região que há mais tempo cultiva o morango é a região metropolitana de Curitiba, nos municípios de Araucária, São José dos Pinhais, Mandirituba, Contenda e Colombo, provavelmente, explorados inicialmente pelos descendentes japoneses (RONQUE, 1998). Todavia, a cultura era explorada

de modo precário em diferentes regiões do estado, principalmente pelos pequenos produtores. Mais recentemente, no início da década de 1990, com o incentivo do escritório local da EMATER e com o apoio das prefeituras, foi desenvolvido um plano de implantação da cultura de morango na região norte pioneira do Estado, tornando-se uma das principais atividades econômicas de alguns municípios daquela região, elevando inclusive o nível de vida, principalmente da classe mais carente.

O grande interesse que a cultura do morangueiro vem despertando está relacionado à maior rentabilidade por unidade de área (224%), quando comparada a outras culturas como o milho (72%) e a soja (2%). Independentemente da finalidade, se industrial ou consumo "*in natura*", o morango atinge cotações relativamente elevadas pelo fato de não encontrar grandes concorrências com outras frutas, pois é colhido no final de outubro a meados da primavera (RONQUE, 1998).

### **2.3. Produtividade do Morangueiro**

A produção mundial de morango é estimada em torno de 2.700.000 t, produzidas numa área aproximada de 200 mil ha, apresentando produtividade média de 13.251 kg.ha<sup>-1</sup>. Atualmente, os Estados Unidos é o principal país produtor desta rosácea e é detentor também da maior produtividade (60 t.ha<sup>-1</sup>); seguido por Espanha (maior exportador mundial de frutas frescas), Japão, Polônia, Itália, Turquia, México, Canadá e Chile, enquanto que a primazia da importação cabe à Alemanha.

O avanço da pesquisa tem permitido que a cada ano aumentem os índices de produtividade, havendo notícias de lavouras que conseguiram produzir até 80 t.ha<sup>-1</sup> de morango, em condições de alta tecnologia e manejo e em regiões com condições edafoclimáticas muito propícias (RONQUE, 1998).

## 2.4. Antracnose do Morangueiro (*Colletotrichum acutatum*)

A antracnose do morangueiro, conhecida como “flor-preta”, causada pelo fungo *Colletotrichum acutatum* Simmonds e a “mancha chocolate”, causada por *Colletotrichum fragariae*, são as duas doenças mais importantes do morangueiro (*Fragaria Ananassa*) na atualidade no Brasil.

A antracnose causada por *C. acutatum* foi descrita pela primeira vez na Austrália por Simmonds (1965). No Brasil, apesar de haver relatos sobre a ocorrência da “Flor-preta” (IGARASHI, 1984; HENZ & REIFSCHNEIDER, 1990), o agente causal foi corretamente identificado somente em 1992 por Henz et al (1992). A presença desta doença foi constatada no Distrito Federal e no Estado de São Paulo (HENZ et al.1992; DIAS, 1993). Esse fungo produz acérvulos, onde se desenvolvem conídios e conidióforos, podendo ou não apresentar setas escuras asseptadas (52 x 3,2µm). Os conídios são unicelulares, hialinos e com formato elipsóide-fusiforme (15 x 4 µm), ou seja, extremidades afuniladas. Em meio de cultura Batata Dextrose Agar (BDA), o fungo apresenta coloração rosa-alaranjada. Nas condições de campo, com alta umidade, pode haver a formação de massa de esporos de coloração rosada sobre as lesões (GUNNELL & GUBLE, 1992).

O *C. acutatum* pode ser diferenciado das espécies *C. fragariae* e *C. gloeosporioides*, que também causam doenças em morangueiro, pela morfologia dos conídios. Essas duas espécies de *Colletotrichum* possuem conídios cilíndricos com extremidades arredondadas (SMITH & BLACK, 1990; DENOYES & BRAUDY, 1995).

Segundo Ueno (1996), atualmente, existem relatos de ocorrência da referida doença em várias regiões do mundo, tais como EUA, em 1983, Reino Unido, em 1983, França, África do Sul e Japão.

A “Flor-preta” foi constatada no Paraná, no Rio Grande do Sul e em Minas Gerais (UENO, 1996). No Distrito Federal, em 1989, o surto da antracnose ocorreu causando prejuízos de 30% a 68% na produção, devido à introdução de mudas infectadas provenientes do Estado de São Paulo (Cv. IAC-Campinas) e condições ambientais favoráveis (HENZ et al., 1992).

## 2.5. Funções dos Principais Nutrientes nas Plantas

**QUADRO 02.** Principais nutrientes e sua função na planta (ZAMBOLIM et al., 2005).

NUTRIENTE MINERAL	FUNÇÃO NA PLANTA
<b>GRUPO 1</b>	Nutrientes que fazem parte de compostos de carbono
<b>N</b>	Constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucléicos, nucleotídeos, coenzimas, hexoaminas, etc.
<b>S</b>	Componentes da cisteína, cistina, metionina e proteínas; constituintes do ácido lipoico, coenzima A, tiamina, pirofosfato, glutatona, biotina, adenosina-5'-fosfossulfato e 3-fosfoadenosina.
<b>GRUPO 2</b>	Nutrientes importantes no armazenamento de energia e na integridade estrutural.
<b>P</b>	Componente de fosfato, açúcares, ácidos nucléicos, nucleotídeos, coenzimas, fosfolipídeos, ácido fítico, etc.; papel importante em reações que envolvem ATP.
<b>Si</b>	Depositado como sílica amorfa em paredes celulares; contribui para as propriedades mecânicas das paredes incluindo <b>rigidez e elasticidade</b> .
<b>B</b>	Complexos com manitol, manans, ácido polimanurônico e outros constituintes das paredes celulares; envolvidos no alongamento celular e no metabolismo dos ácidos nucléicos.
<b>GRUPO 3</b>	Nutrientes que permanecem na forma iônica.
<b>K</b>	Requerido como co-fator de mais de 40 enzimas; principal cátion no estabelecimento do turgor celular e manutenção da eletroneutralidade celular.
<b>Ca</b>	Constituinte da lamela média das paredes celulares; requerido como cofator por algumas enzimas envolvidas na hidrólise de

	ATP e de fosfolípídeos; atua como mensageiro secundário na regulação metabólica.
<b>Mg</b>	Requerido por muitas enzimas envolvidas na transferência de fosfatos; constituinte da molécula de clorofila.
<b>Cl</b>	Requerido para as reações fotossintéticas envolvendo a evolução de O <sub>2</sub> .
<b>Mn</b>	Requerido para a atividade de algumas desidrogenases, descarboxilases, quinases, oxidases e peroxidases; envolvido com outras enzimas ativadas por cátions e na evolução fotossintética de O <sub>2</sub> .
<b>Na</b>	Envolvido na regeneração do fosfoenolpiruvato em plantas C <sub>4</sub> e CAM; substitui o potássio em algumas funções.
<b>GRUPO 4</b>	Nutrientes que estão envolvidos em reação redox.
<b>Fe</b>	Constituinte de citocromos e ferro-proteínas “não-heme” envolvidas na fotossíntese, fixação de N <sub>2</sub> e respiração.
<b>Zn</b>	Constituinte do álcool desidrogenase, desidrogenase glutâmica, anidrase carbônica, etc.
<b>Cu</b>	Componente das enzimas ácido ascórbico oxidase, tirosinase, monoamina oxidase, uricase, citocromo oxidase, fenolase, lacase e plastocianina.
<b>Ni</b>	Constituinte da uréase; em bactérias fixadoras de N <sub>2</sub> , é constituinte de hidrogenases.
<b>Mo</b>	Constituinte da nitrogenase, nitrato redutase e xantina desidrogenase.

## 2.6. Sintomas de Deficiências Minerais no Morangueiro

No morangueiro, os sintomas de deficiência de alguns nutrientes, como por exemplo, o nitrogênio e o potássio, são diferentes dos apresentados, de maneira geral, pelas demais culturas (RONQUE, 1998).

### a) Sintomas de deficiência em folhas mais velhas e/ou na planta:

**Nitrogênio:** desenvolvimento gradual de coloração vermelha a partir das margens internas dos folíolos. Retardo do desenvolvimento vegetativo.

**Fósforo:** desenvolve-se coloração azulada em pequenas nervuras; posteriormente, essa coloração atinge toda a superfície da folha. As plantas apresentam crescimento lento com diminuição da produção, de tamanho, da maturação da consistência dos frutos, das gemas floríferas e do crescimento dos estolões.

**Potássio:** surge coloração púrpura-avermelhada a partir das margens externas dos folíolos; a coloração evolui, envolvendo 1/3 a 1/2 da superfície do folíolo, formando um triângulo esverdeado que tem como centro a nervura central. Diminui a atividade dos estômatos, a capacidade de fotossíntese das folhas e o desenvolvimento das raízes. Em algumas cultivares, há escurecimento do limbo foliar que começa pela borda, normalmente depois de uma colheita abundante.

**Magnésio:** entre as nervuras dos folíolos, há o desenvolvimento de coloração púrpura-avermelhada; no início, as margens dos folíolos apresentam coloração normal e, posteriormente, só as nervuras centrais e áreas bem próximas a elas apresentam coloração normal.

### b) Sintomas de deficiência em folhas novas:

**Cálcio:** os ápices das folhas em início de desenvolvimento apresentam-se com coloração castanha; com o desenvolvimento da folha, os ápices ficam necróticos, originando folíolos de tamanho menor que o normal. Este sintoma é conhecido como ponta queimada. Diminui a qualidade dos frutos e sua capacidade de conservação, diminuindo a quantidade de açúcar e acidez.

**Enxofre:** há clorose e tamanho desigual em folíolos recém-desenvolvidos de uma mesma folha; aparece coloração escura nas margens externas dos folíolos.

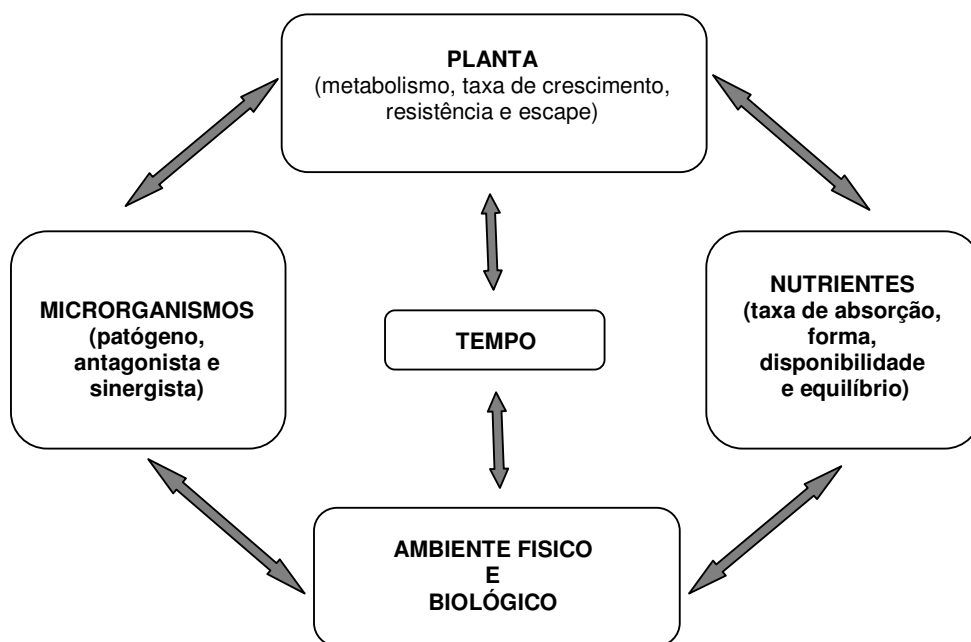
**Boro:** sintomas progressivos aparecem nas folhas em início de desenvolvimento: necrose nas pontas, retorcimento e distorções e clorose nos folíolos. Os sintomas de deficiência de boro nas folhas podem ser constatados ocasionalmente. Entretanto, a presença de frutos deformados, que entre outros fatores é causada também pela deficiência deste nutriente, ocorre com maior frequência.

**Ferro:** clorose internerval, permanecendo as nervuras mais internas com coloração verde intensa.

**Manganês:** os folíolos de folhas recém-formadas são foscos e verde-amarelos, com nervuras verde escuras e margens apresentando pontuações púrpura.

## 2.7. Nutrição das Plantas e Sua Relação Com as Doenças

A nutrição influencia todas as partes do triângulo de doença. A dinâmica das interações dessa influência na manifestação de doença na planta está representada no esquema abaixo (Figura 01).



**FIGURA 01.** Dinâmica das interações que influenciam a manifestação das doenças em plantas (ZAMBOLIM et al., 2005).

A nutrição mineral pode influenciar o grau de resistência da planta por atuar em modificações histológicas e/ou morfológicas e também nas propriedades fisiológicas e bioquímicas da planta, como a produção de substâncias inibidoras aos patógenos. A ausência de um nutriente essencial nos tecidos da planta pode refletir diretamente sobre o patógeno e afetar sua sobrevivência, reprodução e desenvolvimento (HUBER & ARNY, 1985; MARCHNER, 1986; PERRENOUD, 1990).

Os elementos minerais estão envolvidos em todos os mecanismos de defesa das plantas como componentes integrais ou ativadores, inibidores e reguladores do metabolismo celular. Portanto, o conhecimento da fonte e da função dos elementos minerais na planta torna-se necessário antes de se estudar seu papel na resistência (ZAMBOLIM et al., 2005).

A deficiência ou o excesso de um elemento influencia grandemente a atividade de outros e exerce efeito marcante, com conseqüências que repercutem no metabolismo da planta. É importante lembrar que a presença de um elemento no solo não implica necessariamente que está suficientemente disponível para o crescimento da planta. Essa disponibilidade é função da sua quantidade no solo, da sua forma e da sua solubilidade, da capacidade assimilativa da planta e das condições do meio-ambiente, tais como o pH, umidade e temperatura (HUBER, 1980).

A nutrição da planta também pode ser alterada pelo patógeno, pois o estado nutricional da planta que permite uma boa produtividade também favorece o crescimento de patógenos e pode tornar as plantas mais vulneráveis à infecção, por alterar os mecanismos de defesa. Assim, essa alteração no equilíbrio nutricional da planta torna difícil distinguir entre fatores bióticos e abióticos que interagem para causar a deficiência ou o excesso de nutrientes (HUBER, 1978)

Por causa de alterações de absorção, translocação e distribuição dos nutrientes na planta, muitos sintomas localizados e sistêmicos de patógenos são semelhantes aos induzidos abioticamente por deficiência ou excesso de nutrientes. No quadro 03, Zambolim et al(2005), relacionam o tipo da doença com seu efeito na nutrição da planta.

**QUADRO 03.** Efeito das doenças na nutrição da planta (ZAMBOLIM et al., 2005).

<b>TIPO DE DOENÇA</b>	<b>EFEITO NA NUTRIÇÃO DA PLANTA</b>
Podridões de raiz, tombamento de mudas e nematóides	Imobilização, solubilização, absorção e distribuição.
Doenças macerativas	Distribuição, eficiência metabólica e exaustão
Murchas vasculares	Translocação e distribuição
Formação de galhas	Eficiência metabólica e distribuição
Manchas foliares, oídio, míldio e ferrugens	Fotossíntese

## **2.8. Efeitos dos Elementos Cálcio (Ca) e Silício (Si) na Resistência das Plantas a Doenças**

### **Cálcio (Ca)**

O cálcio ocorre no solo principalmente nas seguintes formas: carbonatos, sulfatos e silicatos. Nos solos das regiões tropicais, o teor deste elemento é, em geral, baixo, onde a saturação por alumínio é maior; sendo assim, pode haver falta de cálcio para as culturas mais exigentes.

A maior proporção do cálcio na planta encontra-se em formas não solúveis em água, ao contrário do que acontece com o potássio. Uma grande parte do cálcio insolúvel está na parede celular, aceitando-se que o pectato de cálcio é a principal substância da lamela média, o que aumenta a rigidez da parede e dificulta o aumento no tamanho da célula.

A insolubilidade dos compostos de cálcio da planta e sua localização na célula explica, em parte, a falta de redistribuição em condições de deficiência, o que provoca o aparecimento de sintomas de “fome” em órgãos ou partes mais novas, como gemas e pontas de raiz. Nas folhas, o indicativo para a falta de cálcio é uma clorose nas mais novas que, em geral, avança das margens para o centro.

O cálcio tem um papel crítico na divisão e no desenvolvimento celular, na estrutura da parede celular e na formação da lamela média, sendo

relativamente imóvel nos tecidos (HUBER, 1980). Esse elemento complementa a função do potássio na manutenção da organização celular, hidratação e permeabilidade. Está envolvido na mitose, na ativação e regulação enzimática e no funcionamento das membranas. Seu papel na severidade das doenças está relacionado com a integridade da membrana plasmática.

Vários fungos invadem preferencialmente o xilema e dissolvem a parede celular dos vasos, causando obstrução o que induz os sintomas de murcha, como as causada por espécies de *Fusarium*. Portanto, para o controle da murcha de fusarium em várias culturas recomenda-se o uso da resistência genética, a adoção de práticas culturais e da nutrição adequada e equilibrada. Para obter redução na severidade da doença, torna-se necessário proceder a calagem para aumentar o pH do solo (próximo a pH 7,0) e empregar como fonte de adubação nitrogenada a forma de nitrato (ZAMBOLIM et al., 2005).

Essas alterações no pH da solução do solo podem influenciar os patógenos direta ou indiretamente. Indiretamente, atuam modificando a população dos microrganismos antagonistas, reduzindo-os ou aumentando-os.

Outro exemplo é a hérnia das crucíferas, causadas por *Phasmodiophora brassicae*, que é mais severa até pH 5,7; entre 5,8 e 6,2 a severidade da doença decresce; em pH acima de 7,8 o desenvolvimento do patógeno é completamente inibido. Por outro lado, a infecção de *Streptomyces scabies* em batata pode ser severa quando o pH varia de 5,0 a 8,0, mas é reduzida quando o pH abaixa de 5,2 (FRY, 1982; WANG & HSIEH, 1986, citados por ZAMBOLIM et al., 2005).

A aplicação de cálcio no solo pode reduzir também o ataque de *Colletotrichum truncatum*, agente causal da antracnose da soja, e a população de *Sclerotium rolfsii* no solo. O abaixamento do pH do solo reduz o ataque de *Verticillium* em várias culturas, de *Phymatotrichum omnivorum* em algodão e de *Gaeumannomyces graminis var. tritici*, em trigo.

O tratamentos de frutos de maçã em pós-colheita com cloreto de cálcio reduz o ataque de patógenos causadores de podridão. A aplicação de cálcio no solo pode reduzir a severidade de várias doenças causadas por patógenos de raiz e/ou caule, entre os quais se destacam *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Phyitium*, *Botrytis* e *Fusarium*, bem como do nematóide *Ditylenchus dipsaci* (HUBER, 1980).

Níveis elevados de carbonato de cálcio no solo podem proporcionar menor severidade de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* em pimentão (JONES et al., 1983, citado por ZAMBOLIM et al., 2005).

O efeito do Ca está ligado à sua fonte, ao tamanho da partícula, à época de aplicação e ao tipo de solo. Células corticais de plantas de soja deficiente em Ca desenvolveram-se mal, com parede celular fina, lamela média pouco desenvolvida e espaços intercelulares largos. Essa condição permite a penetração e a invasão de hifas de *Rhizoctonia solani* (CASTANO & KERNKAMP, 1956, citado por ZAMBOLIM et al., 2005).

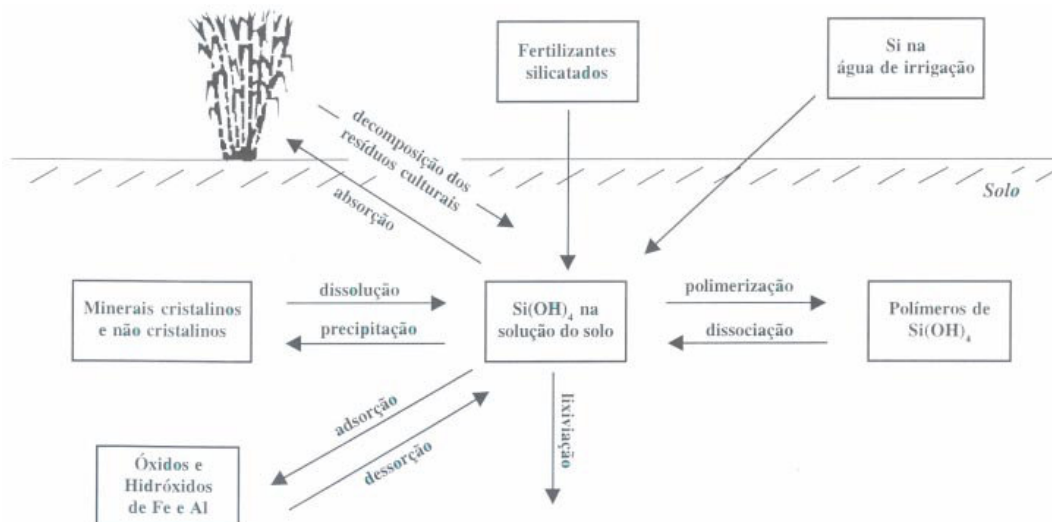
### **Silício (Si)**

O silício (Si) não é considerado elemento essencial para o crescimento das plantas. No entanto, já foi demonstrado o envolvimento deste elemento em vários aspectos estruturais, fisiológicos e bioquímicos da vida das plantas, com papéis bastante diversos. O silício é importante nas relações planta-ambiente, pois pode dar à cultura melhores condições para suportar adversidades climáticas, edáficas e biológicas, tendo como resultado final o aumento e maior qualidade na produção (EMBRAPA, 2002).

O silício (Si) é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, 27% em massa, superado apenas pelo oxigênio. É encontrado somente em formas combinadas, como a sílica e minerais silicatados. Cerca de 80% dos minerais das rochas ígneas e metamórficas são silicatos, enquanto em rochas sedimentárias o conteúdo é menor (JACKSON, 1964). Os silicatos são sais nos quais a sílica é combinada com oxigênio e outros elementos, como Al, Mg, Ca, Na, Fe, K e outros. Encontra-se em mais de 95% das rochas terrestres (cerca de 87% em massa), meteoritos, em todas as águas, atmosfera (pó silicoso), vegetais e animais.

O Silício (Si) está presente na solução do solo como ácido monossilícico, a maior parte na forma não dissociada  $pK_1 (= 9,6)$ , o qual é prontamente absorvido pelas plantas (RAVEN, 1983; WERNER & ROTH, 1983; WILD, 1983). As principais fontes de ácido silícico presentes na solução do solo são: decomposição de resíduos vegetais, dissociação do ácido silícico polimérico, liberação de Si dos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, dissolução de minerais cristalinos

e não cristalinos, adição de fertilizantes silicatados e a água de irrigação. Os principais drenos incluem a precipitação do Si em solução, formando minerais, a polimerização do ácido silícico, lixiviação, adsorção em óxidos e hidróxidos de Fe e Al e a absorção pelas plantas (Figura 02).



**FIGURA 02.** Transformações e processos mais importantes que influenciam a concentração de Si na solução do solo (SAVANT et al., 1997).

Solos tropicais e subtropicais sujeitos à intemperização e lixiviação, com cultivos sucessivos, tendem a apresentar baixos níveis de Si trocável, devido à dessilicificação. Esses solos, normalmente, apresentam baixo pH, alto teor de Al, baixa saturação por bases e alta capacidade de fixação de P, além de uma atividade microbiológica reduzida (FRIESEN et al., 1994).

Regiões agrícolas importantes são pobres em Si, como o centro-oeste brasileiro. Em levantamento dos teores de Si de 44 perfis de solos do Estado de São Paulo, incluindo o horizonte superficial, B textural e B latossólico (RAIJ & CAMARGO, 1973), encontraram valores entre 2,2 e 92,2 mg kg<sup>-1</sup>. Solos tropicais altamente intemperizados podem apresentar teores de Si menores que 2 mg.kg<sup>-1</sup>, no extrato saturado (BRADY, 1992). De modo geral, as soluções dos solos apresentam teores de Si dissolvidos variando entre 2,8 e 16,8 mg L<sup>-1</sup>.

A relação entre a absorção do Si e o crescimento vegetal foi investigada pela primeira vez há mais de 100 anos. A comprovação da essencialidade do Si é muito difícil de ser obtida, devido à sua abundância na biosfera. O Si está presente em quantidades significativas mesmo em sais

nutrientes, água e ar altamente purificado (WERNWER & ROTH, 1983). Apesar disso, o fornecimento de Si é benéfico para muitas espécies vegetais e, em determinadas circunstâncias, para a maioria das plantas superiores (MARSCHNER, 1995).

O Silício (Si) pode estimular o crescimento e a produção vegetal através de várias ações indiretas, como a diminuição do auto-sombreamento, deixando as folhas mais eretas, o decréscimo na suscetibilidade ao acamamento, a maior rigidez estrutural dos tecidos, a proteção contra estresses abióticos, como a redução da toxidez de Al, Mn, Fe e Na; diminuição na incidência de patógenos e aumento na proteção contra herbívoros, incluindo os insetos fitófagos (EPSTEIN, 1994; MARSCHNER, 1995).

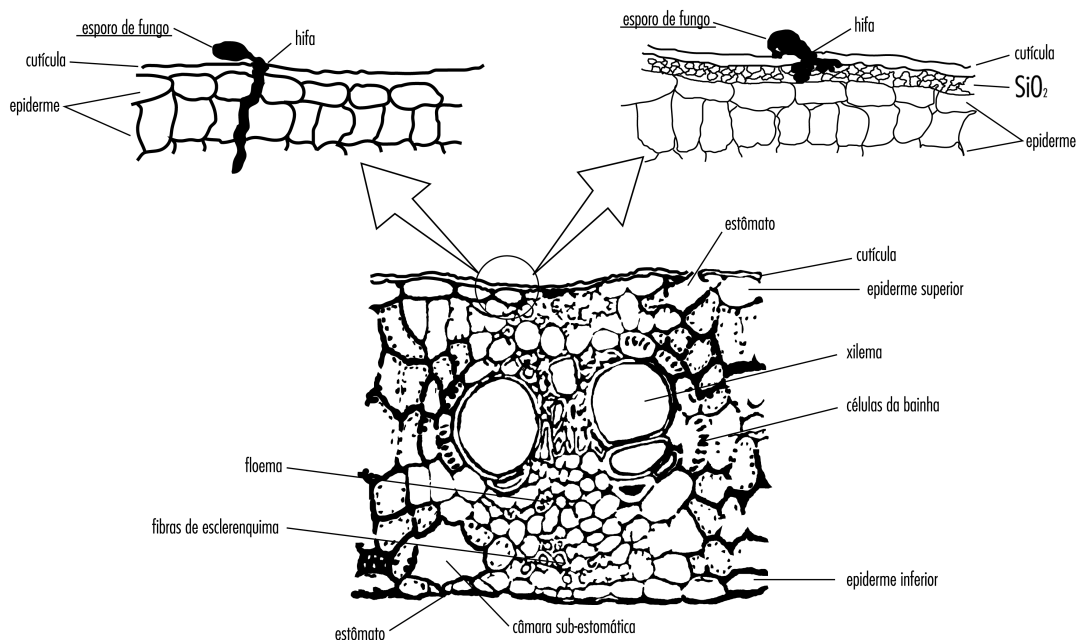
Na planta, o Si concentra-se nos tecidos de suporte do caule e das folhas, oferecendo estrutura e resistência ao acamamento, mas também pode ser encontrado em pequenas quantidades nos grãos e frutos. Segundo EPSTEIN (1999), os teores de Si nas plantas pode variar de 0,1% até 10% .

A resistência das plantas às doenças, principalmente à invasão de fungos, pode ser aumentada por meio da formação de barreiras mecânicas e/ou pela alteração das respostas químicas da planta ao ataque de parasita, aumentando a síntese de toxinas que podem agir como substâncias inibidoras ou repelentes. Barreiras mecânicas incluem mudanças na anatomia, como células epidérmicas mais grossas e um grau maior de lignificação e/ou silicificação (acúmulo de silício) (EMBRAPA, 2002)

A sílica amorfa ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) ou opala, localizada na parede celular tem efeito marcante sobre as propriedades físicas desta. Ao acumular-se nas células da camada epidérmica, o silício pode ser uma barreira física estável na penetração de alguns tipos de fungos, principalmente em gramíneas. Nesse aspecto, o papel do silício incorporado à parede celular é semelhante ao da lignina, que é um componente estrutural resistente à compressão (EMBRAPA, 2002).

Além dessa barreira física, devido à acumulação na epiderme das folhas, o silício ativa genes envolvidos na produção de compostos secundários do metabolismo, como os polifenóis e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa das plantas. Desse modo, o aumento de silício nos tecidos vegetais faz com que a resistência da planta ao ataque do fungo patogênico aumente, devido à

produção suplementar de toxinas que podem agir como substâncias inibidoras do patógeno.



**FIGURA 03.** Esquema de proteção ao ataque de fungos em gramíneas (arroz), com baixo e alto teor de  $\text{SiO}_2$  na folha (Korndörfer & Pereira, 2001).

No sul da Flórida (EUA), pesquisadores, estudando solos orgânicos demonstraram que a fertilização com Si, na cultura do arroz, reduziu a incidência de bruzone entre 17% e 31% e helmintosporiose entre 15% e 32%, em relação ao tratamento que não recebeu Si (DATNOFF et al., 1990; DATNOFF et al., 1991).

Na cultura do trigo também há relatos de que a aplicação de silicato no solo controlou eficientemente o míldio pulverulento (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) (RODGERS\_GRAY & SHAW, 2000; RODGERS\_GRAY & SHAW 2004). A literatura também registra o efeito positivo do silício no controle de doenças iônicas em dicotiledôneas cultivadas comercialmente, principalmente em hidroponia. A aplicação de Si, na forma de silicato de potássio e de silicato de sódio, em cultivos hidropônicos de pepino, reduziu a severidade do míldio-pulverulento (*Pododphaera xanthii*) (MYAKE & TAKAHASHI, 1983; ADATIA & BESFOR, 1986, citados por ZAMBOLIM et al., 2005).

O uso de silicato de cálcio e silicato de sódio em cultivos hidropônicos de pepino e rosa é prática freqüente na Europa, visando ao controle do míldio-pulverulento (BÉLANGER et al., 1995). A redução na incidência de murcha do

*Fusarium* (*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*) em plantas de pepino é obtida com aplicação de 2 a 4 t/ha de silicato de cálcio ou com a aplicação de 2.25 a 4.5 t/ha de silicato de potássio (MIYAKE E TAKAHASHI, 1983, citados por ZAMBOLIM et al., 2005).

Outro exemplo é a diminuição da incidência de *Ralstonia solanacearum*, em plantas de tomate suscetíveis ou moderadamente resistentes, através da adição de Si na solução nutritiva (DANNON & WYDRA, 2004).

## **2.9. Considerações Sobre a Análise de Solo**

A análise química do solo é a principal ferramenta para avaliar fertilidade e, conseqüentemente, a necessidade de adubação para as culturas (ORLANDO FILHO et al., 1994), mas apresenta algumas limitações para seu uso corrente, como falta de testes confiáveis para avaliação de nitrogênio e micronutrientes em vários solos (ELWALI & GASCHO, 1984). A falta de metodologia de amostragem que contorne os efeitos residuais de adubações passadas (ZAMBELLO JR e ORLANDO FILHO, 1980) e limitações ligadas a extratores químicos.

As limitações com a análise química de solo não são encontradas com a diagnose química foliar. Logo, os métodos de diagnose química foliar são estudados e usados para avaliação do estado nutricional e da adubação das culturas (ELWALI & GASCHO, 1984).

## **2.10. Diagnose Química Foliar**

O melhor extrator é a planta. Assim, a diagnose química foliar é uma importante ferramenta para identificar e corrigir deficiências e desequilíbrios nutricionais na planta (MELDAL-JOHNSEN & SUMNER, 1980; BALDOCK & SCHULTE, 1996), monitorando e avaliando a eficiência do programa de adubação

de determinada cultura (MELDAL-JOHNSEN & SUMNER, 1980) e a fertilidade do solo.

Essa metodologia utiliza a composição mineral da folha para avaliar o estado nutricional da planta e, de certa forma, a fertilidade do solo (BATAGLIA et al., 1992), em que a planta funciona como extrator químico. A utilização da análise química foliar como ferramenta se baseia na premissa de existir correlação positiva entre o suprimento de nutrientes e suas concentrações na planta e de que aumentos ou decréscimos nessas concentrações se relacionam com produções maiores ou menores.

Os critérios para interpretar a análise química foliar são níveis críticos, faixas de suficiência e pelo Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS), entre outros (BEAUFILS, 1973). O nível crítico de um nutriente tem sido definido como a concentração em uma parte específica da planta, em determinado estágio de crescimento, no qual 5% ou 10 % de redução ocorrem na produtividade (SUMNER, 1979).

Também pode ser conceituado como a concentração associada ao ponto onde ocorre um desvio na curva de resposta da produção, em função do nutriente, ou a concentração abaixo da qual a taxa de crescimento, de produção ou a qualidade do produto é significativamente reduzida (BATAGLIA et al., 1992). Assim, a diagnose química foliar, mediante o uso de níveis críticos, compara as concentrações de nutrientes na folha com concentrações de um banco de dados, separando-as em classes deficientes, suficientes e tóxicas.

Embora os níveis críticos sejam largamente utilizados (ELWALI et al., 1984), esse critério apresenta algumas limitações, pois a correta interpretação das concentrações foliares pode ser apenas obtida quando a amostragem está restrita ao mesmo estágio de crescimento, no qual os valores de referência foram estabelecidos (SUMNER, 1979; ELWALI & GASCHO, 1984; WALWORTH & SUMNER, 1987), pois sabe-se que as concentrações de vários elementos variam em função da idade (SUMNER, 1979; MELDAL-JOHNSEN & SUMNER, 1980; WALWORTH & SUMNER, 1987) e do órgão vegetal amostrado. Assim, a menos que a amostra seja retirada na época e nas partes da planta corretas, o uso do nível crítico pode tornar-se inadequado ou insuficiente para a diagnose do estado nutricional (SUMNER, 1979).

Para resolver esse problema, é necessário ter vários bancos de dados de nível crítico para diferentes estádios de crescimento (MELDAL-JOHNSEN & SUMNER, 1980) e órgãos da planta amostrados. Alternativamente, foi sugerido o uso de faixas de suficiência para contornar os problemas gerados com o uso do nível crítico (SUMNER, 1979).

Para a maioria das culturas, geralmente não existe um determinado ponto de ótima produtividade, mas sim uma determinada faixa, porque o aumento de produção obtido com doses crescentes de nutrientes é sempre associado a um erro. Por isso, é conveniente recomendar níveis de adubação suficientes para manter as concentrações de nutrientes um pouco acima do nível crítico, numa faixa de suficiência (BATAGLIA et al., 1992). Muitos autores (MALAVOLTA et al., 1997; JONES JR et al., 1993; ANDERSON & BOWEN, 1992) utilizam teores considerados “adequados” para avaliar o estado nutricional das plantas com base em experimentos de longo prazo.

A diagnose química foliar mediante o uso das faixas de suficiência é relativamente menos afetada por pequenos efeitos locais de ambiente e da própria planta do que mediante o nível crítico, pois os limites das faixas de suficiência são maiores (BATAGLIA et al., 1992). Embora as faixas de suficiência tenham sido criadas para dar mais flexibilidade à diagnose, elas diminuem a precisão do diagnóstico porque os limites são amplos (SUMNER, 1979).

As maiores vantagens do uso de níveis críticos e faixas de suficiência são a facilidade de interpretação dos dados e a independência entre os índices (o teor de um nutriente não afeta a classificação de outro), e as maiores desvantagens são as poucas categorias de diagnóstico (resultando em inadequada interpretação dos dados), a indefinição se a deficiência é aguda ou não, a indefinição do nutriente mais limitante quando mais de um deles é classificado como deficiente e só podem ser utilizados em estádios específicos e com partes determinadas das plantas, dificultando ainda a diagnose da fome oculta (BALDOCK & SCHULTE, 1996).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Local e Época de Condução do Experimento**

O presente estudo foi desenvolvido em canteiro preparado dentro do ambiente protegido (Estufa), na dependência da Universidade Estadual de Londrina-UEL, Londrina, PR, no período de fevereiro a novembro de 2.005.

#### **3.2. Preparo dos Canteiros**

No total de cinco (5) canteiros de 16,0m de comprimento por 0,80m de largura, foram preparados manualmente, à partir do mês de fevereiro de 2005. E esses foram subdivididos em 30 parcelas menores, cada qual ocupando uma área útil de 2,40m<sup>2</sup>. Desses canteiros foram retiradas três amostras simples de solo, de cada canteiro de 2,40m<sup>2</sup>, que após misturadas e homogeneizadas, foram encaminhadas ao LABORSOLO – Central de Análise Agronômicas Ltda., para análise química (período de 3 a 5 de março de 2005).

Após a análise química do solo, os canteiros com os tratamentos T1, T2, T4 e T5 receberam quantidades equivalentes a duas (2) toneladas por hectare de Calcário Dolomítico Metamórfico do Grupo Açunguí de São Roque, SP. (CaO + MgO (63%); CaO 50%; MgO 13%; PN 121,7% e PRNT 120,8%). Os tratamentos T4 e T5 receberam também equivalentes a 700 kg/ha de Silicato de Cálcio (CaSiO<sub>3</sub>). Os tratamentos T3 e T6 (testemunhas), consistiram de terra de barranco procedente de local próximo a casa-de-vegetação (com 37% Ca), sendo que somente o tratamento T6 recebeu aplicação adicional equivalente a 700 kg/ha de Silicato de Cálcio (Quadro 04).

**QUADRO 04.** Especificações dos tratamentos

<b>Tratamentos</b>	
01	50% Ca + 21%Mg + 6% K (Equivalente a 2 ton/ha de Calcário dolomítico)
02	70% Ca + 25%Mg + 6% K (Equivalente a 2 ton/ha de Calcário dolomítico)
03	Testemunha* (37% de Ca)
04	50%Ca + 21%Mg + 6%K(Equivalente a 2 ton/ha de Calcário dolomítico + Si (Equivalente a 700kg/ha de Silicato de Ca)
05	70%Ca + 25%Mg + 6%K (Equivalente a 2 ton/ha de Calcário dolomítico)+ Si (Equivalente a 700kg/ha de Silicato de Ca)
06	Testemunha* (37% de Ca) + Si (Equivalente a 700kg/ha de Silicato de Ca)

As mudas de morango foram transplantadas no final do mês de março de 2005, cada parcela contendo 16 mudas por repetição e cinco (5) repetições, totalizando 80 mudas por tratamento ou seja, cada parcela continha duas (2) linhas de oito (8) mudas, espaçadas de 0,30cm de comprimento por 0,40cm de largura.

**3.3. Cultivar Utilizado e Respectiva Procedência**

A cultivar de morango utilizada no experimento, foi a Camarosa, procedente do viveiro do Sr. Ely Moritz, localizado na Warta, município de Londrina, PR.

**3.3.1. Características do cultivar Camarosa**

Originária da Universidade da Califórnia apresenta plantas vigorosas, com folhas grandes e coloração verde-escura; susceptível a *Mycosphaerella fragariae* (Tul) Lindau; a antracnose do caule *Colletotrichum fragariae* Brooks e do fruto *Colletotrichum acutatum* (J.H. Simons), e a *Botrytis cinerea* Pers. & F. É um cultivar com início da produção dos frutos precoce, com alta

capacidade de produção, frutos de tamanho grande e uniforme; epiderme vermelho-escura; textura de polpa firme; coloração interna vermelho-escura; sabor subácido, própria para consumo de mesa e indústria.

### **3.4. Delineamento Estatístico**

O delineamento estatístico adotado foi o de blocos casualizados com esquema fatorial 3 x 2, com cinco (5) repetições, cada parcela contendo 16 plantas (8 plantas/linha x 2 linhas de 2,40m de comprimento, espaçados de 0,40m entre linhas), totalizando 80 plantas por tratamento. O fator A foram os níveis de Cálcio e o Fator B a presença ou não de Silício.

### **3.5. Sistema de Irrigação**

No presente experimento, foi adotado dois sistemas de irrigação: a aspersão e gotejamento. O primeiro sistema foi utilizado principalmente na fase da implantação da cultura, para favorecer o pegamento pleno das mudas e ao mesmo tempo para favorecer a infecção de *C. acutatum* após inoculação artificial e posterior distribuição espacial da doença nos canteiros.

O sistema de irrigação através do gotejamento foi utilizado diariamente, no período da manhã desde a implantação até o final do ciclo da cultura de morango.

### **3.6. Preparo do Inóculo de *C. acutatum* em Meio de Cultura**

O isolado de *C. acutatum*, obtido de frutos de morango, procedentes de lavoura comercial da região de Londrina - PR., na safra 2004, preservado em condições de laboratório da UEL, foi multiplicado em meio de cultura

contendo farinha de Aveia-Ágar (KIMATI, 1976, modificado por MENTEN, 1977), incubado por sete (7) dias à temperatura de  $\pm 27^{\circ}\text{C}$ . A suspensão de esporos foi preparada colocando-se 10ml de água destilada esterilizada em placas de petri, contendo as culturas fúngicas, e estas friccionadas levemente com o auxílio de um pincel e a suspensão foi filtrada através de uma camada dupla de gaze, para eliminar os resíduos e em seguida foi inoculada artificialmente, utilizando-se mini-pulverizador, aspergindo o inoculo sobre as plantas.

### **3.7. Variáveis Avaliadas**

#### **3.7.1. Avaliação da incidência de antracnose**

Contagem de flores, frutos verdes e frutos maduros sadios e doentes;

#### **3.7.2. Produtividade**

Baseado no peso e número total de frutos maduros produzidos.

#### **3.7.3. Brix**

Foram avaliados 5 frutos por repetição (5 frutos x 5 repetições = 25 frutos maduros/tratamento/semana), utilizando Refratômetro Marca ATC-1, durante 8 semanas, totalizando 200 frutos por tratamento.

### **3.7.4. Crescimento vegetativo da planta (cm), comprimento da raiz (cm), peso da matéria seca da parte aérea e das raízes(g)**

No total de 30 plantas por tratamento (6 plantas x 5 repetições) foram retiradas dos canteiros e medidas o comprimento da parte aérea e da raiz (cm). Estas mesmas plantas foram secas artificialmente e pesadas separadamente a parte aérea e o sistema radicular (g).

### **3.7.5. DRIS**

A avaliação e a calibração das recomendações de adubação para as culturas podem ser realizadas por meio da análise de solo e da diagnose nutricional de plantas, sendo esta última, realizada por meio de diagnose química foliar, entre outras. O Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) é uma técnica que permite interpretar a análise química foliar correlacionando teores de nutrientes com valores de referência obtidos a partir de um grupo de alta produtividade.

Os dados para a confecção do banco foram obtidos pela produtividade de morango proveniente do experimento conduzido na UEL. Para tanto, foram coletadas um total de 900 folhas expandidas e saudáveis de todo o experimento (30 folhas por repetição x 5 repetições x 6 tratamentos) e feita a análise foliar. Com os dados de teores foliares e os parâmetros de produção foram estabelecidas as normas do DRIS.

Para avaliar a praticabilidade do uso do sistema DRIS na cultura de morango, selecionou-se no total de oito (8) lavouras comerciais de morango no município de Londrina, PR, no ano de 2007, com uso de níveis de tecnologias diversificadas. Destas lavouras foram colhidas um total de 50 folhas de morango (folhas expandidas e saudáveis) por propriedade no mês de agosto e setembro de 2007, e analisadas para os nutrientes.

### 3.7.5.1. Cálculo dos índices de diagnose

Segundo Beauflis (1973), o diagnóstico das causas primárias, como também o diagnóstico de seus efeitos resultantes (ou causas secundárias) pode ser expressa matematicamente na forma de “Índices de Diagnose”. Estes índices refletem a interação entre os nutrientes e são sempre estabelecidos com base numa relação de causa entre os caracteres considerados (nutrientes) e a produção. Os índices de diagnose são considerados como uma unidade de trabalho para o desenvolvimento do DRIS.

De acordo com Walworth e Sumner (1987), o DRIS fornece um meio matemático de ordenar um grande número de relações (ou produtos) entre nutrientes na forma de índices, que podem ser facilmente interpretados. Inicialmente, as normas de referência precisam ser determinadas, para todas as relações nutricionais, para serem utilizadas no cálculo dos índices. Estas normas, posteriormente, serão usadas para generalizar índices através das seguintes equações:

$$IndiceA = \left( \frac{f(A/B) + f(A/C) + f(A/D) + \dots + f(A/N)}{z} \right)$$

Onde se tem que:

$$f(A/B) = \left( \frac{A/B}{a/b} - 1 \right) \cdot \frac{100K}{CV}, \text{ quando } A/B \geq a/b \text{ e}$$

$$f(A/B) = \left( 1 - \frac{a/b}{A/B} \right) \cdot \frac{100K}{CV}, \text{ quando } A/B < a/b$$

Onde:

- . **A/B** é o valor da relação entre dois nutrientes, no tecido da planta que será diagnosticada;
- . **a/b** é o valor ótimo ou norma de referência para aquela relação;
- . **Z** é o número de funções existentes no cálculo do índice;
- . **K** é uma constante de sensibilidade, de valor arbitrário (1, 10, 20, 30, etc...) que tem a finalidade de dar índices com magnitudes convenientes. O valor de K é

multiplicado por 100, que é o denominador do coeficiente de variação, quando expresso em porcentagem;

. **f(A/B)** é considerado como uma ‘função intermediária’, utilizada para o cálculo dos índices. Cada função é uma comparação da relação encontrada numa amostra individual com o padrão ou norma para aquela relação.

. **CV** é coeficiente de variação associado com a norma de referência, calculado através da fórmula:

$$CV = 100 \cdot \frac{s}{m}$$

, onde: s = desvio padrão da relação nutricional,  
m = média da relação nutricional.

Walworth e Sumner (1987) relataram que os índices de diagnose são na verdade, uma média das funções de todas as relações contendo um determinado nutriente. Os componentes dessa média são inversamente proporcionais aos coeficientes de variação da população de alta produtividade, das quais as relações ótimas ou normas de referências foram desenvolvidas. Dessa forma, se expressões A/B e A/C forem ambas utilizadas para o cálculo do índice A sua contribuição para o índice dependerá de seu coeficiente de variação associado à sua norma, a qual reflete a relativa influência destas duas expressões sobre a produção da cultura. Quanto menor o CV de uma expressão, maior será a sua contribuição no cálculo do índice.

Beverly et al. (1984) relataram que o índice de diagnose para qualquer nutriente é a média do desvio padrão para todas as relações envolvendo aquele nutriente, arredondado para valores integrais por conveniência.

A soma dos valores absolutos dos índices de diagnose encontrados são inversamente correlacionados com a produção sendo conhecida por Índice de Balanço Nutricional (IBN), segundo a definição de Beaufils (1973). Quanto maior for o valor do IBN, maior a intensidade de desequilíbrios entre os nutrientes (DAVEE et al., 1986).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doenças ocorridas no presente experimento foram causadas por *Colletotrichum acutatum* em nível elevado, e traços de ocorrência de mancha de micosferela causada por *Mycosphaerella fragariae*, mancha de dendrofoma causada por *Dendrophoma obscurans* e mofo cinzento causada por *Botrytis cinerea*. No entanto, consta neste trabalho apenas análise dos resultados obtidos com a incidência de *C. acutatum*.

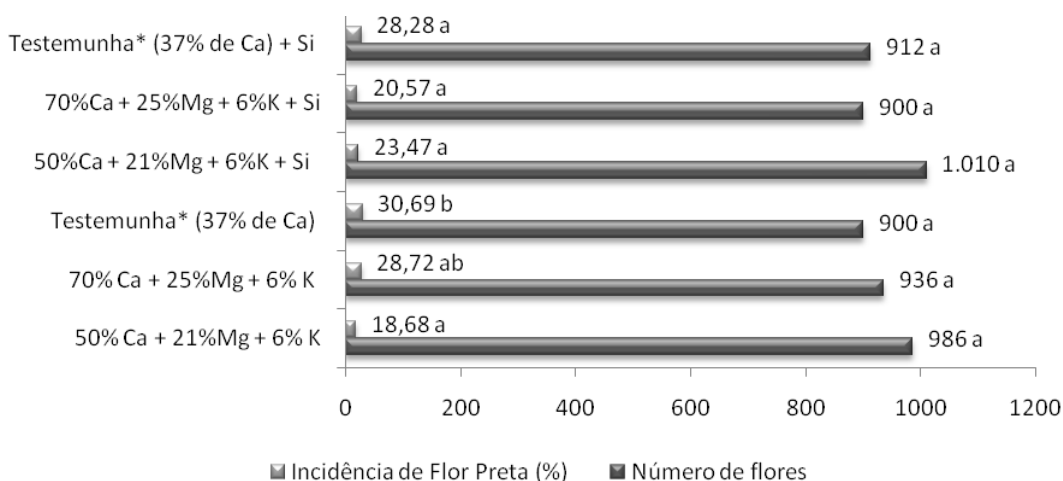
Os níveis de incidência de *C. acutatum*, ocorridos nas flores do morangueiro nos tratamentos T1, T2 e T3, apesar de não diferirem estatisticamente entre si, mostraram que nas parcelas contendo maior nível de Ca (50% e 70%) apresentaram numericamente menor incidência de *C. acutatum*, indicando a possibilidade do Ca, em níveis adequados, contribuir na redução do nível de infecção (Tabela 01 e Figura 04).

Os tratamentos T4, T5 e T6, contendo os mesmos níveis de teores de Ca dos tratamentos anteriores (T1, T2 e T3), porém, com a adição equivalente de 700kg/ha de Silicato de Cálcio, reduziu numericamente os níveis médios de infecção por *C. acutatum* em relação aos tratamentos contendo apenas Ca. A comparação feita entre os três tratamentos contendo equivalentes a 700kg/ha de Si e teores diferenciados de Ca, apesar de não ter diferido estatisticamente entre si, demonstraram que, na medida em que há o aumento gradual do teor de Si, há tendência de reduzir o nível de infecção causada pelo *C. acutatum* nas flores de morangueiro (Tabela 01 e Figura 04).

**TABELA 01.** Total de flores de morango e percentagem infecção com *Colletotrichum acutatum*, agente causal da Flor-Preta do morangueiro.

Tratamentos		Flores	
		Total	Flor-preta (%)*
1	50% Ca + 21%Mg + 6% K	986	18,68 a
2	70% Ca + 25%Mg + 6% K	936	28,72 ab
3	Testemunha* (37% de Ca)	900	30,69 b
4	50%Ca + 21%Mg + 6%K + Si	1.010	23,47 a
5	70%Ca + 25%Mg + 6%K + Si	900	20,57 a
6	Testemunha* (37% de Ca) + Si	912	28,28 a
CV(%)		20,71	29,72

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem ( $P > 0,05$ ) entre si pelo teste de Tukey.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem ( $P > 0,05$ ) entre si pelo teste de Tukey.

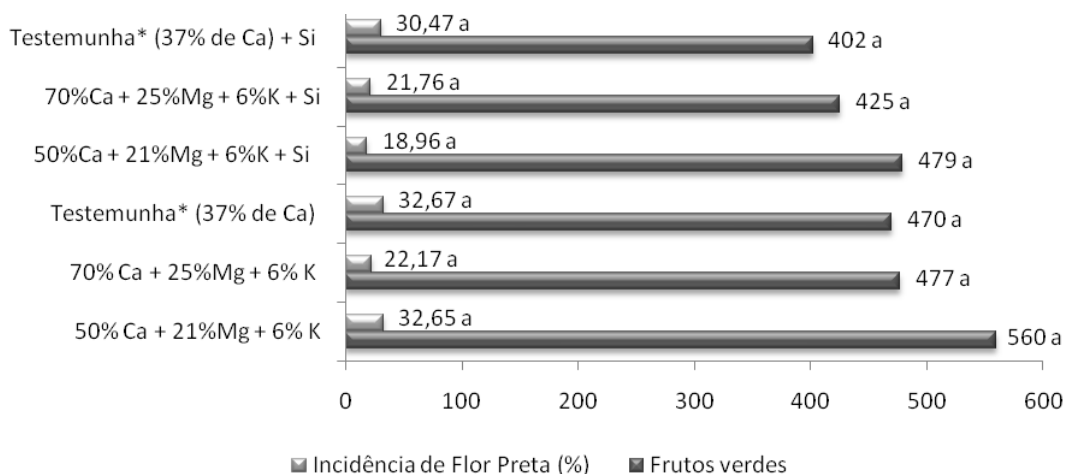
**FIGURA 04.** Número Total de Flores e Incidência de Flor-Preta (%)

Níveis de *C. acutatum* ocorrido nos frutos verdes de morango, em parcelas com 50% (T1), 70% (T2) e 37% de Ca (T3) respectivamente, apesar de não terem diferido estatisticamente entre si, mostraram que os tratamentos contendo maior nível de Ca, proporcionaram menor nível de *C. acutatum*. Todavia, quando foi adicionado nestes mesmos tratamentos equivalente a 700kg/ha de Silicato de Ca, em regra, proporcionou menor níveis de infecção em relação as parcelas contendo apenas Ca, indicando a possibilidade também do Si contribuir positivamente na redução do nível de doença em questão (Tabela 02 e Figura 05).

**TABELA 02.** Total de frutos verdes de morango e porcentagem de frutos infectados com *Colletotrichum acutatum*, agente causal da Flor-Preta de morango.

Tratamentos		Frutos verdes	
		Total	Flor-preta (%)*
1	50% Ca + 21%Mg + 6% K	560	32,65 a
2	70% Ca + 25%Mg + 6% K	477	22,17 a
3	Testemunha* (37% de Ca)	470	32,67 a
4	50%Ca + 21%Mg + 6%K + Si	479	18,96 a
5	70%Ca + 25%Mg + 6%K + Si	425	21,76 a
6	Testemunha* (37% de Ca) + Si	402	30,47 a
CV(%)		24,48	44,49

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem ( $P > 0,05$ ) entre si pelo teste de Tukey.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem ( $P > 0,05$ ) entre si pelo teste de Tukey.

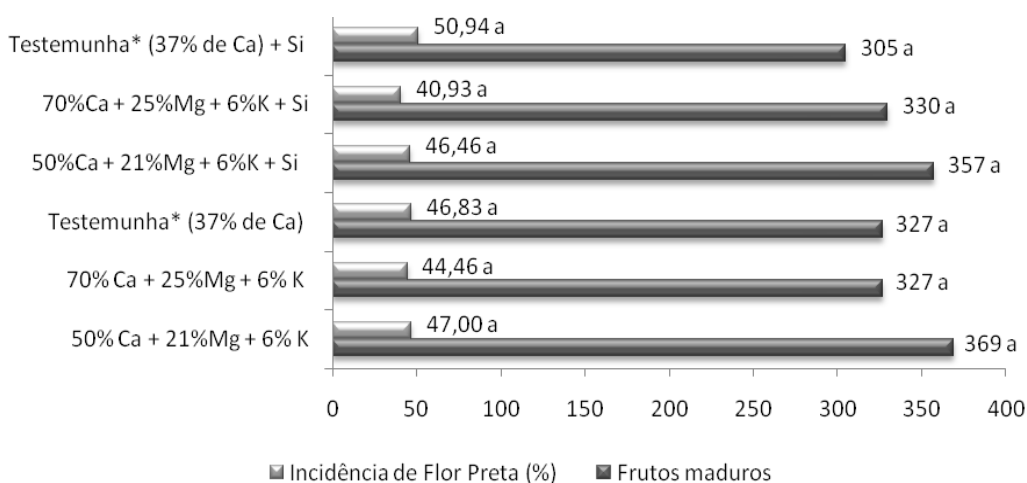
**FIGURA 05.** Número total de frutos verdes e Incidência de Flor-Preta (%)

As avaliações de níveis de infecção ocorridos em frutos maduros, tanto em parcelas contendo diferentes níveis de Ca (37%, 50% e 70%), com e sem a adição equivalente a 700kg/ha de Silicato de Ca, não diferiram estatisticamente, no entanto, também neste caso, pode se observar certa tendência de maior nível de Ca proporcionar menor nível de infecção causada por *C. acutatum*. (Tabela 03 e Figura 06).

**TABELA 03.** Total de frutos maduros de morango e porcentagem de frutos infectados com *Colletotrichum acutatum*, agente causal da Flor-preta.

Tratamentos		Frutos maduros	
		Total	Flor-preta (%)*
1	50% Ca + 21%Mg + 6% K	369	47,00 a
2	70% Ca + 25%Mg + 6% K	327	44,46 a
3	Testemunha* (37% de Ca)	327	46,83 a
4	50%Ca + 21%Mg + 6%K + Si	357	46,46 a
5	70%Ca + 25%Mg + 6%K + Si	330	40,93 a
6	Testemunha* (37% de Ca) + Si	305	50,94 a
CV(%)		25,33	17,84

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem ( $P > 0,05$ ) entre si pelo teste de Tukey.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem ( $P > 0,05$ ) entre si pelo teste de Tukey.

**FIGURA 06.** Número Total de Frutos Maduros e Incidência de Flor-Preta (%)

O experimento demonstrou que, apesar de os resultados não terem diferido estatisticamente, o elemento Ca pode contribuir positivamente na redução gradual de *C. acutatum*. O Si quando adicionado ao Ca, tende a reduzir ainda mais o nível de incidência de *C. acutatum* do morangueiro. Porém, para confirmar todos esses fatos acima, há necessidade de realizar maior número de experimentações.

As medições feitas para avaliar a influência do Ca e do Si no desenvolvimento vegetativo (cm), comprimento da raiz (cm), peso seco da parte

aérea (g) e peso do sistema radicular seco (g), apesar de não terem diferido estatisticamente entre os tratamentos, apresentaram uma leve tendência do Ca e de Si em proporcionar um melhor nível de desenvolvimento vegetativo e do sistema radicular (Tabela 04).

**TABELA 04.** Comprimento médio da parte aérea (cm), comprimento médio da raiz (cm), peso médio da matéria seca da parte aérea (g) e peso médio da matéria seca da raiz.

Tratamentos	C.P.A.* (cm)	C.R. *(cm)	P.S.P.A.*(g)	P.S.R.* (g)
T1 (50%Ca)	22,16 a	29,55 <sup>a</sup>	38,47a	5,56 <sup>a</sup>
T2 (70% Ca)	22,80 a	30,10 <sup>a</sup>	38,99a	6,85 <sup>a</sup>
T3 (37% Ca)	19,64 a	28,34 <sup>a</sup>	29,94a	5,00a
T4 (50%Ca + Si)	22,76 a	30,06 <sup>a</sup>	39,31a	5,86 <sup>a</sup>
T5 (70%Ca + Si)	19,74 a	31,57 <sup>a</sup>	39,67a	6,46 <sup>a</sup>
T6 (37Ca + Si)	19,84 a	29,88 <sup>a</sup>	32,83a	5,29 <sup>a</sup>
CV (%)	10,44	7,49	15,22	11,67

\*C.P.A. = Comprimento da parte aérea (cm); C.R. = Comprimento da raiz (cm); P.S.P.A. = Peso seco da parte aérea (g); P.S.R. = Peso seco da raiz (g). Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem ( $P > 0,05$ ) entre si pelo teste de Tukey.

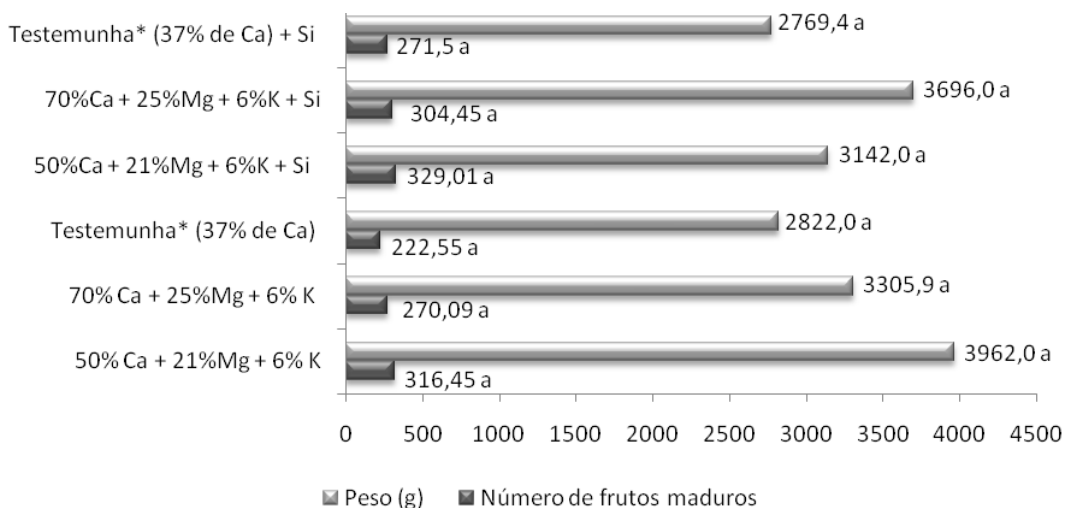
No trabalho desenvolvido por Wang & Galletta (1998), plantas de morango pulverizadas com Si produziram significativamente maior quantidade de matéria seca (parte aérea e raízes) se comparado com as plantas testemunhas. Além disso, o autor indica que o efeito do silício foi evidente até mesmo com baixas concentrações empregadas de silício (4,25mm de Si). O maior desenvolvimento das plantas de morango, por efeito do Si, se devem a maior elasticidade das células e ao aumento no volume de água acumulado (EMADIAN & NEWTON, 1989). O tratamento com silicato de potássio também induziu mudanças metabólicas tais como o aumento nos níveis de ácido cítrico e ácido málico, bem como diminuição nos níveis de frutose, glicose e sacarose. Estes resultados sugerem que os benefícios do Si no morango sejam, não apenas de natureza física, mas também metabólica.

Quanto à análise dos resultados de produtividade (número total de frutos produzidos e respectivo peso total), tanto as parcelas contendo apenas teores de Ca diferentes, quanto as parcelas com teores de Ca + Si não diferiram estatisticamente (Tabela 05). No entanto, quando foi adicionado equivalente a 700 kg/ha de Si nos tratamentos, houve uma diferença numérica significativa entre eles, ou seja, parcelas contendo maiores níveis de Ca + Si proporcionaram maiores produtividades (Tabela 05 e Figura 07). Esta hipótese pode ser confirmada com os resultados de Teor de Brix (%) obtidos durante a condução do experimento, conforme demonstrado na tabela 06. Os resultados indicam que, tanto o Ca como o Si contribui para o aumento da percentagem de teor de Brix, e também, a presença desses dois elementos melhorou substancialmente o teor de açúcar no fruto e reduzir o grau de acidez.

**TABELA 05.** Número total de frutos maduros, peso total e peso médio do fruto de morango.

Tratamentos		Produtividade**	
		T.F.M. * (10 plantas)	Peso Total (g)/ Peso médio do fruto (g)
1	50% Ca + 21%Mg + 6% K	316,45 a	3962,0 a (12,52) a
2	70% Ca + 25%Mg + 6% K	270,09 a	3305,9 a (12,24) a
3	Testemunha* (37% de Ca)	222,5 a	2822,0 a (12,68) a
4	50%Ca + 21%Mg + 6%K + Si	329,01 a	3142,0 a (9,55) a
5	70%Ca + 25%Mg + 6%K + Si	304,45 a	3696,0 a (12,14) a
6	Testemunha* (37% de Ca) + Si	271,5 a	2769,04 a (10,20) a
<b>CV(%)</b>		25,14	57,97

\*T.F.M. = Total de frutos maduros em 10 plantas (média). \*\*Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem ( $P > 0,05$ ) entre si pelo teste de Tukey.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem ( $P > 0,05$ ) entre si pelo teste de Tukey.

**FIGURA 07.** Número Total de Frutos Maduros e Peso dos frutos.

No trabalho desenvolvido por Miyake e Takahashi (1986), em plantas de morango cultivadas em soluções contendo  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{SiO}_2$  e livres de Si durante aproximadamente 10 semanas, foi observado que, durante o crescimento das plantas de morango não foi observado nenhum sintoma anormal, nem mesmo nas plantas submetidas à ausência de Si. Porém, por ocasião da colheita, a quantidade total de frutos produzido foi muito mais alta nas plantas com duas aplicações de Si do que nas plantas onde o Si foi omitido.

Com relação a avaliação do teor de BRIX feita em frutos maduros de morango no presente experimento, observou-se que a percentagem de teor de Brix foi aumentando gradativamente, na medida em que o nível de Ca nos tratamentos foi se elevando, ou seja, o tratamento T3 com 39% de Ca, apresentou Brix de 6,92%; o tratamento T1 com 50% de Ca, 7,22%, e no tratamento T2 com 70% de Ca, o teor de Brix subiu para 7,46%, e estes apresentaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre si (Tabela 06 e Figura 08).

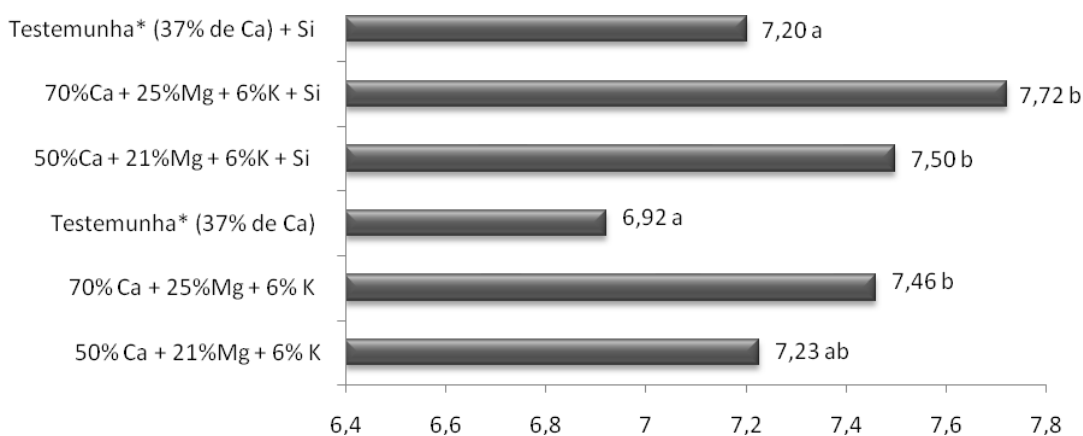
Os teores de Brix obtidos nos tratamentos T6, T5 e T4, que receberam os mesmos níveis seqüenciais de Cálcio (39%, 50% e 70% respectivamente), porém com adição equivalente de  $700 \text{ kg/ha}$  de Silício, também

apresentaram os mesmos resultados seqüenciais de aumento na percentagem de Brix. Porém, numericamente superiores àqueles tratamentos que continham apenas diferentes níveis de Ca. Os níveis médios de Brix obtidos nestes tratamentos foram de 7,20%, 7,49% e 7,72%, respectivamente, indicando que o Silício pode contribuir significativamente no teor de Brix na cultura de morango (Tabela 06 e Figura 08).

**TABELA 06.** Teor de BRIX (%)

Tratamentos		Teor de Brix (%)*
1	50% Ca + 21%Mg + 6% K	7,23 ab
2	70% Ca + 25%Mg + 6% K	7,46 b
3	Testemunha* (37% de Ca)	6,92 a
4	50%Ca + 21%Mg + 6%K + Si	7,50 b
5	70%Ca + 25%Mg + 6%K + Si	7,72 b
6	Testemunha* (37% de Ca) + Si	7,20 a
CV(%)		4,11

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem ( $P > 0,05$ ) entre si pelo teste de Tukey.



Médias seguidas da mesma letra, não diferem ( $P > 0,05$ ) entre si pelo teste de Tukey.

**FIGURA 08.** Teor de BRIX (%).

O Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) na cultura de morango apresentou potencial como uma tecnologia que no futuro próximo, poderá auxiliar significativamente na melhoria do equilíbrio nutricional da cultura de morangueiro, com conseqüente melhoria na produção, produtividade e na qualidade do fruto produzido. Pois, os resultados das análises foliares feitas em oito (8) lavouras comerciais de morango, no município de Londrina, PR., em 2007, para avaliar a praticabilidade do uso do Sistema DRIS, demonstraram altos índices de IBN (índice de balanço nutricional) que variaram de 22,31 a 52,04, indicando um elevado desequilíbrio nutricional (Tabela 07). Segundo Davee et al. (1986), quanto maior for o valor do IBN, maior a intensidade de desequilíbrios entre os nutrientes. Inclusive, este pode ser um dos principais fatores que esteja contribuindo no baixo nível de resistência às principais doenças fúngicas, bem como no elevado nível de deformações dos frutos produzidos, bem como elevado acidez nos frutos.

**TABELA 07.** Resultado da análise foliar das folhas de morangueiros coletadas em diversas propriedades.

Produtor	Índice												IBN
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo	
<b>1</b>	2,48	0,56	-1,35	-1,27	-3,10	3,84	-2,82	-2,20	-8,02	19,14	-1,34	***	<b>52,04</b>
<b>2</b>	3,11	5,40	-0,42	-1,34	-2,68	5,36	-1,89	0,16	-10,09	0,18	7,15	***	42,71
<b>3</b>	3,80	6,51	-0,67	-2,29	-0,79	5,69	-1,54	-1,80	-2,13	-0,71	-3,27	***	32,00
<b>4</b>	2,33	6,71	-1,80	1,92	-0,27	1,81	0,12	-3,11	-1,29	-0,67	-3,49	***	25,79
<b>5</b>	2,82	4,56	-0,28	0,78	-0,89	3,72	0,51	-1,37	-2,26	-0,74	-3,72	***	24,79
<b>6</b>	3,14	3,79	0,01	-0,59	-0,55	4,22	-1,05	-2,03	-2,05	-0,70	-2,50	***	<b>22,31</b>
<b>7</b>	3,92	2,02	-0,36	-0,42	-0,76	4,30	-0,68	-2,17	-5,02	2,71	-0,64	***	25,90
<b>8</b>	2,85	2,67	-1,34	-2,21	-2,49	3,83	-0,77	-0,34	-1,87	-0,16	4,41	***	27,51
<b>9</b>	3,89	2,24	-2,26	1,32	3,96	2,70	-1,96	-2,59	-6,03	3,70	-1,22	***	35,62
<b>10</b>	3,21	2,09	-3,36	1,44	3,57	2,83	0,82	-4,87	-2,90	3,41	-1,94	***	34,75
	Elemento em deficiência												

Valores iguais a zero ou próximo de zero encontram-se em equilíbrio.

IBN ideal = zero

A análise comparativa feita entre os resultados das análises foliares obtidas em lavouras comerciais para avaliar a praticabilidade do uso do Sistema DRIS com os resultados obtidos do experimento conduzido na UEL, indicam que o monitoramento nutricional foi adequado para o manejo das culturas, em especial do morangueiro para obtenção de um balanço nutricional equilibrado, como demonstrado na tabela 08. Com esses dados também foi possível desenvolver um banco de dados para auxiliar na interpretação da análise química foliar (DRIS) na cultura do morango (Tabela 09).

**TABELA 08.** Resultado da análise foliar de morangueiros coletadas nas parcelas do experimento, que serviram de base para criar Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação para a cultura de morangueiro.

Tratamentos	Índice												IBN	Incidência Flor-Preta (%)	Peso Médio fruto (g)	Brix (%)
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo				
01/01	-0,24	0,23	0,34	-0,76	-0,31	0,30	-0,38	0,54	-0,32	1,32	0,55	***	9,89	71,30	12,52	7,23
01/07	-0,97	-0,84	0,92	0,28	0,76	-0,65	0,02	-0,04	-0,57	0,05	0,56	***				
01/17	-3,86	-0,85	-0,10	2,05	0,68	-0,09	0,41	-0,06	-2,20	1,49	1,97	***				
01/21	-1,46	-0,91	1,32	1,62	1,11	0,87	-0,48	0,47	-3,32	-0,08	0,02	***				
01/27	0,10	1,62	-0,78	1,26	1,30	0,45	-0,29	0,25	-3,02	-0,12	-1,31	***				
02/02	-0,37	0,46	-0,43	0,59	0,75	1,22	-0,53	0,04	-0,78	0,06	-0,34	***	7,24	76,50	12,24	7,46
02/12	-0,24	0,86	-0,85	0,78	0,91	-1,13	0,66	0,60	-0,37	0,18	-0,09	***				
02/18	-0,30	-0,46	-0,77	1,34	0,31	0,60	0,00	0,22	-2,08	-0,09	0,70	***				
02/20	-0,37	-0,57	-0,97	1,71	0,31	0,67	-0,95	0,45	-1,95	-0,08	0,81	***				
02/28	1,06	-0,42	0,30	0,79	0,08	0,08	-1,02	-0,06	-0,01	-0,23	-0,34	***				
03/03	0,96	-0,23	-0,30	0,14	0,76	0,16	-0,03	0,25	-4,35	2,23	0,07	***	11,55	79,25	12,68	6,92
03/11	-2,50	-0,02	1,05	0,11	1,07	1,69	-0,09	0,64	-5,47	2,61	0,41	***				
03/13	-0,23	0,66	-1,03	0,48	1,72	0,63	0,63	0,03	-3,44	1,02	-0,19	***				
03/19	-1,54	-1,95	-1,11	1,58	0,27	0,70	0,71	0,28	-1,98	2,55	0,26	***				
03/29	1,29	-1,66	0,63	0,09	-0,04	-0,28	-0,35	0,37	-1,69	1,09	-0,31	***				
04/04	0,23	-0,16	0,07	0,04	0,50	0,07	1,51	0,65	1,21	-2,07	-0,89	***	9,94	73,06	9,55	7,50
04/10	-0,24	1,74	0,90	-0,63	0,35	0,22	-0,57	0,73	-5,12	0,42	1,83	***				
04/14	-0,41	1,26	0,63	-0,27	0,09	-1,23	0,48	1,67	-3,61	0,52	0,65	***				
04/24	1,03	0,82	1,02	-0,93	0,93	-0,47	-0,35	1,21	-4,41	-0,13	1,05	***				
04/30	0,57	0,67	0,05	-0,35	-1,01	-0,19	0,47	-0,27	-1,02	0,11	0,54	***				
05/05	0,27	0,59	-0,43	-0,52	-0,75	1,15	-0,69	0,10	-0,40	0,19	0,32	***	11,19	76,48	12,14	7,72
05/09	0,03	1,76	0,50	-0,58	-0,10	1,16	-0,89	0,60	-4,67	0,60	1,66	***				
05/15	-1,56	1,02	-0,18	1,61	0,63	-0,85	-0,03	0,42	-4,14	1,05	1,48	***				
05/23	1,10	1,99	0,36	0,23	0,55	-0,86	-1,10	1,09	-6,29	-0,19	3,28	***				
05/25	-1,25	1,43	0,20	-0,42	0,86	0,15	0,07	0,48	-1,26	-0,42	-0,22	***				
06/06	-0,64	-0,86	-0,37	-0,23	-0,14	0,40	-0,87	0,34	1,49	0,69	0,49	***	16,99	82,28	10,20	7,20
06/08*	* Amostra contaminada															
06/16	0,31	2,09	-0,41	-1,06	-0,33	-0,61	0,48	0,61	-4,04	1,13	1,01	***				
06/22	0,77	3,75	-1,08	-1,96	0,06	1,44	-0,57	1,50	-7,45	1,53	1,29	***				
06/26	-1,22	4,57	-1,21	-3,45	-1,16	1,96	-1,06	3,88	-4,95	1,74	0,88	***				

**TABELA 09.** Resultados de normas DRIS (médias e desvio padrão) para a cultura do morango, considerando-se a produtividade de 600g/ planta.

CULTURA	X	A	Média	SD	CV	K
<i>Morangueiro</i>	N	Ms	15.53	1.39	0	1
<i>Morangueiro</i>	P	Ms	3.41	0.48	0	1
<i>Morangueiro</i>	K	Ms	19.13	0.83	0	1
<i>Morangueiro</i>	Ca	Ms	8.96	1.12	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mg	Ms	3.28	0.50	0	1
<i>Morangueiro</i>	S	Ms	0.79	0.07	0	1
<i>Morangueiro</i>	B	Ms	39.11	10.33	0	1
<i>Morangueiro</i>	Cu	Ms	7.63	0.92	0	1
<i>Morangueiro</i>	Fé	Ms	221.88	49.02	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mn	Ms	81.33	36.57	0	1
<i>Morangueiro</i>	Zn	Ms	22.59	1.91	0	1
<i>Morangueiro</i>	P	N	0.22	0.02	0	1
<i>Morangueiro</i>	K	N	1.24	0.14	0	1
<i>Morangueiro</i>	Ca	N	0.58	0.06	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mg	N	0.21	0.03	0	1
<i>Morangueiro</i>	S	N	0.05	0.01	0	1
<i>Morangueiro</i>	B	N	2.52	0.60	0	1
<i>Morangueiro</i>	Cu	N	0.49	0.06	0	1
<i>Morangueiro</i>	Fe	N	14.36	3.32	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mn	N	5.29	2.43	0	1
<i>Morangueiro</i>	Zn	N	1.47	0.18	0	1
<i>Morangueiro</i>	P	K	0.18	0.02	0	1
<i>Morangueiro</i>	P	Ca	0.38	0.05	0	1
<i>Morangueiro</i>	P	Mg	1.05	0.17	0	1
<i>Morangueiro</i>	S	P	0.24	0.03	0	1
<i>Morangueiro</i>	P	B	0.09	0.02	0	1
<i>Morangueiro</i>	Cu	P	2.25	0.22	0	1
<i>Morangueiro</i>	P	Fe	0.02	0.00	0	1

<i>Morangueiro</i>	Mn	P	23.89	10.58	0	1
<i>Morangueiro</i>	P	Zn	0.15	0.02	0	1
<i>Morangueiro</i>	K	Ca	2.15	0.20	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mg	K	0.17	0.02	0	1
<i>Morangueiro</i>	S	K	0.04	0.00	0	1
<i>Morangueiro</i>	K	B	0.51	0.11	0	1
<i>Morangueiro</i>	Cu	K	0.40	0.04	0	1
<i>Morangueiro</i>	Fe	K	11.60	2.54	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mn	K	4.24	1.85	0	1
<i>Morangueiro</i>	Zn	K	1.18	0.10	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mg	Ca	0.36	0.02	0	1
<i>Morangueiro</i>	S	Ca	0.09	0.01	0	1
<i>Morangueiro</i>	Ca	B	0.24	0.05	0	1
<i>Morangueiro</i>	Cu	Ca	0.86	0.09	0	1
<i>Morangueiro</i>	Fe	Ca	24.84	5.23	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mn	Ca	9.16	4.25	0	1
<i>Morangueiro</i>	Zn	Ca	2.54	0.26	0	1
<i>Morangueiro</i>	S	Mg	0.25	0.04	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mg	B	0.09	0.02	0	1
<i>Morangueiro</i>	Cu	Mg	2.35	0.27	0	1
<i>Morangueiro</i>	Fe	Mg	68.07	13.11	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mn	Mg	25.25	11.35	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mg	Zn	0.15	0.02	0	1
<i>Morangueiro</i>	S	B	0.02	0.01	0	1
<i>Morangueiro</i>	Cu	S	9.67	1.19	0	1
<i>Morangueiro</i>	Fe	S	279.61	53.25	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mn	S	102.24	43.50	0	1
<i>Morangueiro</i>	Zn	S	28.69	3.35	0	1
<i>Morangueiro</i>	Cu	B	0.20	0.04	0	1
<i>Morangueiro</i>	Fe	B	5.91	1.71	0	1

<i>Morangueiro</i>	Mn	B	2.26	1.09	0	1
<i>Morangueiro</i>	Zn	B	0.61	0.14	0	1
<i>Morangueiro</i>	Cu	Fe	0.04	0.01	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mn	Cu	10.46	4.28	0	1
<i>Morangueiro</i>	Cu	Zn	0.34	0.02	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mn	Fe	0.38	0.17	0	1
<i>Morangueiro</i>	Zn	Fe	0.11	0.02	0	1
<i>Morangueiro</i>	Mn	Zn	3.55	1.57	0	1

Com os resultados obtidos no trabalho é possível prever que no futuro, o calcário poderá ser substituído pelo silicato de cálcio. Pois, possibilita uma redução de 85% do volume necessário em relação ao calcário; não há necessidade de incorporação ao solo, sendo aplicado diretamente na superfície; e também, o Silicato de Cálcio é 6,78 vezes mais solúvel que o calcário, portanto, ocorrem reações com maior velocidade, resultado em menor espaço de tempo para que se efetue a sua ação corretiva.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no experimento e associando-se às informações contidas na revisão de literatura, pode-se concluir preliminarmente que:

- os nutrientes Ca e Si, podem auxiliar na supressão gradual de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da Flor-preta do morangueiro;
- os nutrientes Ca e Si interferem positivamente no teor de Brix nos frutos de morango;
- os nutrientes Ca e Si influenciam positivamente na qualidade visual do fruto de morango;
- o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) na cultura de morango propiciou melhoria na qualidade nutricional, bem como produção de frutos de melhor qualidade comercial. Fato este, confirmado com o manejo nutricional de Ca e Si, baseado na análise química do solo, o qual proporcionou a melhoria do IBN (índice de balanço nutricional);

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, D. L.; BOWEEN, J. E. **Nutrição da cana-de-açúcar** (Trad. J. Orlando F.) Piracicaba, POTAFOS, 40 p. 1994.

ANTUNES, L.E.C. **Situação da produção integrada de morango (PIMo) no Brasil.** In: III ENCONTRO NACIONAL DO MORANGO E II ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 2006, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Documentos, 167, 2006, v.1. p.101-104.

BALDOCK, J. O.; SCHULTE, E. E. Plant analysis with standardized scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, p. 448-456, 1996.

BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. **Diagnose visual e análise de plantas.** In.: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, 1992. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBCS, 1992. p. 369-404.

BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS).** Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132p. (Soil Science Bulletin, 1).

BÈLANGER, R.R.; BOWEN, P. A.; EHRET, D.L.; MENZIES, J. G. Soluble silicon: Its role in crop and disease management of greenhouse crops. **Plant Disease** 70: 329-335, 1995.

BEVERLY, R. B.; STARK, J. C.; OJALA, J. C.; EMBLETON, T. W. Nutrient diagnosis of "Valencia" oranges by DRIS. **Journal of American Society of Horticultural Sciences**, v.109, p. 649-654, 1984.

BRADY, N.C. **The nature and properties of soils.** 10,ed. New York: Macmillan, 1992. 750p.

COSTA, H.; VENTURA, J.A. **Manejo Integrado de Doenças do Morangueiro.** In: III ENCONTRO NACIONAL DO MORANGO E II ENCONTRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 2006, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Documentos, 167, 2006, v.1. p.17-28.

COSTA, H.; ZAMBONI, L.; VENTURA, J.A. Manejo Integrado das Doenças do Morangueiro, In: ZAMBONI, L. (Ed.), **Produção Integrada Fruteiras Tropicais**, Viçosa: UFV, 2003, p.131-164.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification os flowering plants.** 2 ed. Bronx: The New York Botanical Garden, 1988. 55p.

DANNON, E. A.; WYDRA, K. Interaction between silicon treatment, bacterial wilt development and phenotype of *Ralstonia solanacearum* in tomato genotypes. **Physiology Molecular Plant Pathology** 64: 233-243, 2004.

DATNOFF, L.E.; RAID, R.N.; SNYDER, G.H., JONES, D.B. Evaluation of calcium silicate slag and nitrogen on brown spot, neck rot, and sheath blight development on rice. **Biological and Cultural Tests for Control of Plant Diseases**, St. Paul, v.5, p.65, 1990.

DATNOFF, L.E.; RAID, R.N.; SNYDER, G.H.; & JONES, D.B. 1991. Effect of calcium silicate slag on blast and brown spot intensities and yield of rice. **Plant Disease**, 75:729-732.

DAVEE, D. E.; RIGHETTI, T. L.; FALLAHI, E.; ROBBINS, S. An evaluation of DRIS approach for identifying mineral limitation on yield in 'Napolean' Sweet Cherry. **Journal of American Society of Horticultural Sciences**, v. 111, p.988-993, 1986.

DENOYES, B.; BAUDRY, A. Species identification and pathogenicity of french *Colletotrichum* strains isolated from strawberry using morphological and cultural characteristics. **Plant Disease**, 85:53-57, 1995.

DIAS, M. S. C. **Variações patogênicas, morfológicas e culturais entre *Colletotrichum acutatum* Simmonds e *Colletotrichum fragariae* Brooks causadores de antracnose em morangueiro (*Fragaria* sp.)** Botucatu, FCA-UNESP, 1993. 73 p. (Tese de Mestrado).

ELWALI, A.M.O., GASCHO, G.J. Soil testing, foliar diagnosis and DRIS as guide for sugarcane fertilization. **Agronomy Journal**, v. 76, p.466-70, 1984.

EMADIAN, S.F.; NEWTON, R. J. Growth enhanced of loblolly pine (*Pinus taeda* L. seedlings by silicon. **J. Plant. Physiol.** 134:98-103, 1989.

EMBRAPA Arroz e Feijão. **Circular Técnica**, 51. Santo Antonio de Goiás, GO. Dez., 2002

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

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v.91, n. 1, p. 11-17, 1994.

FRIESEN, D.K.; SANZ, J.I.; CORREA, F.J.; WINSLOW, M.D.; OKADA, K.; DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H. **Silicon deficiency of upland rice on highly weathered savanna soils in Colombia. I. Evidence of a major yield constraint.** In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E PARA O CARIBE, 9., Goiânia, 1994.

GUNNELL, P. S.; GUBLE, W. D. Taxonomy and morphology of *Colletotrichum* species pathogenic to strawberry. **Mycologia**, 84: 157-165, 1992.

HENZ, G. P.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A. Outbreak of strawberry caused by *Colletotrichum acutatum* in central Brazil. **Plant Disease**, 76: 212, 1992.

HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Surto de antracnose em morangueiro no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, 8: 28,1990.

HUBER, D.M.; ARNY, D. C. **Interactions of potassium with plant disease**. In.: MUNSON, D. (Ed.). Potassium in Agriculture. Madison: Am. Soc. Agron., 1985. p. 467-488.

HUBER, D.M. Disturbed mineral nutrition. In.; HORSFALL, J. G.; COWLING, E. B. (Eds.). **Plant Pathology – An Advanced Treatise**, v. 3. New York: Academic Press, 1978. p. 163-181.

HUBER, D.M. The role of mineral nutrition in defense. In :Horstall, J.G. & Cowling, E.B.(eds). **Plant Pathology – An Advanced Treatise**, v.5. Academic Press Inc, ed. 1980. p. 381-.406.

IGARASHI, S. **Sensibilidade a fungicidas e caracterização morfológica de *Colletotrichum* spp. do morango (*Fragaria* spp.)**. Piracicaba, ESALQ-USP, 1984. 57 p. (Tese de Mestrado).

JACKSON, M.L. Chemical composition of soils. In: BEAR, S.E. (ed.). **Chemistry of the soil**. 2.ed. New York: Reinhold, 1964. p.71-141.

JONES JÚNIOR, J. B. Modern interpretation system for soil and plant analysis in the USA. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 33, p. 1039-1043, 1993.

MAAS, J.L. **Compendium of strawberry diseases**. 2 ed. St. Paul: APS Press, 98p., 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich, EUA, 1986. 674 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition in higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MELDAL-JOHNSEN, A., SUMNER, M.E. Foliar diagnostic norms for potatoes. *Comunicação. Soil Science Plant Anal.*, v.2, p.569-576, 1980.

MEZALIA, H. **Morango: com dedicação, boas perspectivas**. Balde Branco, São Paulo, v. 21, nº 256. p. 19-21, fev. 1986.

MIYAKE, Y. ;TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry a solution culture. **Soil Sci Plant Nutr.** 32(2) , 321-326, 1986.

OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B.; WREGGE, M.S.; UENO, B.; CASTRO, L. A. S. **Otimização da produção nacional de mudas de morangueiro**, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Documentos, 162, 2006, 28 p.

OLIVEIRA, M.A.C.; SANTOS, A.M. Classificação, Botânica, Origem e Evolução. In: SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M. (Eds.). **Morango: produção**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003, p.40-41,(Frutas do Brasil, 40).

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N./ TOKESHI, H. Seja doutor do seu canavial. **Informações Agronômicas**. Piracicaba, v. 67, p. 1-16, 1994.

PAULUS, A.O. Fungal diseases of strawberry. **Hort Science**, Alexandria, v.25, n.8, p.885- 889, 1990.

PERRENOUD, S. **Potassium and Plant Health**. 2 ed. Berne, International Potash Institute, 1990. 363p.

RAIJ, B.van; CAMARGO, O.A. Sílica solúvel em solos. **Bragantia**, v.32, p.223-236, 1973.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Meiose e Reprodução Sexuada. In.: **Biologia vegetal**. 6 ed. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro-RJ. 906 p., 2003. Cap. 9. p. 165-177.

RAVEN, J.A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v.58, p.179-207, 1983.

REBELO, A.; BALARDIN, R. S. **A cultura do morangueiro**. 3 ed. Ver. Amp. Florianópolis: EPAGRI, 1997. 44 p. (EPAGRI, Boletim Técnico, 46).

RIGON, L.; CORRÊA, S.; REETZ, E.; VENCATO, A.; ROSA, G.R.; BELING, R.R. Pequenas frutas. **Anuário Brasileiro da Fruticultura**, Santa Cruz do Sul, v.1, n.1, p.90-97, 2005.

RODGERS-GRAY, B. S.; SHAW, M. W. Substantial reductions in winter wheat diseases caused by addition of rice straw but not manure to soil. **Plant Pathology** 49:590-599, 2000.

RODGERS-GRAY, B. S.; SHAW, M. W. Effects of straw and silicon soil amendments on some foliar stem-base diseases in pot-grown winter wheat. **Plant Pathology** 53: 733-740, 2004.

RONQUE, E. R. V. **Cultura de morangueiro: Revisão e Prática**. Curitiba: EMATER-PR. 1998. p. 205.

SANTOS, A.M. Cultivares. In: SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M. (Eds.). **Morango: produção**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003, p.24-30. (Frutas do Brasil, 40).

SAVANT, N.K.; SNYDER, G.H; DATNOFF, L.E. Silicon management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy**, New York, v.58, p. 151-199, 1997.

SMITH, B.J.; BLACK, L. L. Morphological, Cultural and Pathogenic variation among *Colletotrichum* species isolates from strawberry. **The American Phytopathological Society**. 1990.

SUMNER, M.E. Interpretation of foliar analysis for diagnostic purposes. **Agronomy Journal**, v. 71, p. 343-8, 1979.

TANAKA, M.A.S. Controle das doenças causadas por fungos e bactérias em morangueiro. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R.; MONTEIRO, A.J.A.; COSTA H. (Eds.) **Controle de Doenças de plantas: fruteiras**. Viçosa: UVF, 2002, p.69-140.

UENO, Bernardo. Instituto Agronômico do Paraná. **Antracnose do morangueiro ("Flor preta") causada por *Colletotrichum acutatum***. Londrina-PR. 1996.

WALWORTH, J. L.; SUMNER, M. E.; ISAAC, R. A.; PLANK , C. O. Preliminary DRIS norms for alfalfa in the Southeastern United States and a comparison with the Midwest norms. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, p.1046-1052, 1986.

WALWORTH, J.L., SUMNER, M.E. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). **Advanced Soil Science**, v. 6, p. 149-88, 1987.

WANG, S.Y.; Galletta, G.J. 1998. Foliar application and potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. **J. Plant. Nutr.** 21(1):157-167.

WERNER, D.; ROTH, R. Silica metabolism. In: LÄUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. (ed.). **Encyclopedia of plant physiology. New Series**, Berlin: Springer-Verlag, v.15B, p.682-694, 1983.

ZAMBELLO JÚNIOR, E., ORLANDO FILHO, J. **Aplicação do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) em soqueiras de 3 variedades de cana-de-açúcar. *Saccharum STAB***, v. 3, n. 10, p. 23-8, 1979.

ZAMBOLIM, L.; ÁVILA, F. R.; CAPUCHO, A. S. Resistência a doenças de plantas induzida pela nutrição mineral. In.: VENZON, M.; DE PAULA JR., T.J.; PALLINI, A. **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa: EPAMIG/CTZM: UFV, 2005. 362 p.