

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

**CONTROLE DE DOENÇAS FÚNGICAS NA CULTURA DO PEPINO COM  
ADUBAÇÃO DE SILÍCIO VIA SOLO E FOLIAR**

**AILTON JÚNIO MANZI GAMA**

**GASPAR HENRIQUE KORNDÖRFER**  
(Orientador)

Monografia apresentada ao Curso de  
Agronomia, da Universidade Federal de  
Uberlândia, para obtenção do grau de  
Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia – MG  
Novembro -2003

**CONTROLE DE DOENÇAS FÚNGICAS NA CULTURA DO PEPINO COM  
ADUBAÇÃO DE SILÍCIO VIA SOLO E FOLIAR**

**APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA EM 25 / 11 / 2003**

---

Prof. Dr. Gaspar Henrique Kondörfer  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Fernando César Juliatti  
(Co-Orientador)

---

Prof. Dr. Regina Maria Quintão Lana  
(Membro da Banca)

Uberlândia – MG  
Novembro - 2003

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado a vida e o Livre Arbítrio para escolher o melhor caminho na minha vida.

A meu pai Ailton Gama Pacheco e “minha querida Mãe” Maria Manzi Pacheco (*in memorian*), os grandes responsáveis pela minha formação moral e os verdadeiros merecedores desta conquista. Saibam que vocês fazem parte de minha vida e sempre estarão presentes em meu coração e pensamento durante todos os momentos de minha vida.

Aos meus avôs José Manzi (*in memorian*) e Epaminondas Luiz Pacheco (*in memorian*), que são em parte os responsáveis pelo meu grande desejo de trabalhar a terra. Nossas conversas afiadas sobre suas experiências de vida e os causos bem contados serviram para reforçar a admiração e respeito que sinto por vocês.

A minha avó Deolinda Gama da Silva uma verdadeira guerreira e batalhadora. Agradeço pelo apoio e por me acolher em sua casa durante todos estes anos.

A minha namorada Cicília Silva Ferreira uma verdadeira companheira dos momentos difíceis. Agradeço pela sua presença, amor, admiração, carinho, incentivo, fé e por sempre acreditar em meu potencial.

Ao meu orientador Dr. Gaspar Henrique Köndorfer pela oportunidade de poder desenvolver este trabalho, pelo incentivo e acima de tudo pela amizade que pode se formar durante todos estes anos.

Ao Prof. Dr. Fernando César Juliatti pela orientação e credibilidade depositada que permitiu a realização deste trabalho.

À toda 27ª Turma de Agronomia, pois durante todos estes anos compartilhamos momentos importantes de nossas vidas.

E finalmente a todos os professores, técnicos e funcionários da Universidade Federal de Uberlândia pela grande contribuição que vocês tiveram em minha vida formação profissional.

## ÍNDICE

<b>RESUMO</b> .....	5
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	8
2.1. Silício no solo.....	8
2.2. Silício nas plantas.....	9
2.3. Silício como defensivo ecológico das plantas.....	12
2.4. Silício no controle de doença.....	12
2.5. Doenças nas plantas de pepino.....	14
2.6. Controle de doenças em plantas de pepino.....	14
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	16
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	21
4.1. Silício no do solo.....	21
4.2. pH, cálcio e magnésio no solo.....	22
4.3. Análises foliares.....	23
4.4. Avaliação das doenças.....	24
4.4.1. Adubação de Si via solo no controle das doenças.....	24
4.4.2. Adubação de Si via foliar no controle das doenças.....	26
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	29
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	30

## RESUMO

O experimento foi conduzido na casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia no ano de 2002. O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de fontes silicatadas em diferentes doses no controle de doenças fúngicas na cultura do pepino e determinar o teor foliar de Si nas plantas. Os tratamentos consistiram de dois tipos de adubação com Si, via solo e via foliar, totalizando 48 tratamentos com 4 repetições. As fontes silicatadas aplicadas no solo foram: silicato de cálcio (Wolastonita), silicato de cálcio e magnésio (Recmix) e silicato de cálcio (Silifertil) nas doses 0, 250, 500 e 1000 Kg.ha<sup>-1</sup>. Nas adubações foliares utilizou-se as fontes silicato de potássio e silicato de sódio em uma única dose de 1000 mg.dm<sup>-3</sup> de Si. O ensaio foi conduzido utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado. As análises estatísticas dos tratamentos com adubação de Si via solo foram realizadas conforme o fatorial 3 x 4 (3 fontes e 4 doses), enquanto nos tratamentos com adubação foliar 2 x 1 (2 fontes e 1 dose) realizou-se o contraste de média pelo teste de t juntamente do tratamento testemunha (Ausência de Si). As análises foram realizadas pelo programa SANEST. O cultivo das plantas de pepino foi realizado com a semeadura do Híbrido Hokushin do tipo japonês, onde após a emergência das plantas inoculou-se o fungo *Colletotrichum gloesporioides f. sp. cucurbitae* causador da doença de antracnose e o fungo *Erysiphe cichoracearum* causador da doença de oídio. As avaliações das doenças foram realizadas semanalmente pelos critérios da incidência e severidade e após a obtenção dos dados realizou-se análise pelo software AVACPD com vistas à obtenção da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). As fontes silicatadas utilizadas mostraram-se eficientes no fornecimento de Si para as plantas de pepino, as quais apresentou um acréscimo quanto o teor foliar deste nutriente. A adubações

de Si via solo proporcionaram uma redução na incidência das doenças de oídio e antracnose, enquanto as adubações foliares apresentaram redução na incidência e severidade das doenças.

## **1. INTRODUÇÃO**

O silício (Si) é o segundo elemento em abundância na crosta terrestre, estando logo após o oxigênio. Apesar de ser um dos elementos presente em consideráveis quantidades na maioria dos solos, os cultivos consecutivos podem diminuir o nível de Si até o ponto em que a adubação com Si seja necessária para maximizar a produção (Arantes, 1997).

Várias classes de solo da região central do Brasil, principalmente nas áreas sob vegetação de cerrado, são pobres em Si solúvel (disponível para as plantas) (Raij & Camargo, 1973). Nessas condições, pode-se esperar respostas para aplicação de Si na forma de fertilizantes e/ou corretivos silicatados.

Até, recentemente, o Si era encarado como a barreira mecânica passiva de defesa da planta contra o estresse ambiental. Fawe et al. (1998) identificaram uma proteção ativa induzida pelo Si dentro das células vegetais. Estes autores demonstraram que o Si inicia uma seqüência de reações que formam mecanismos de defesas bioquímicas na planta de pepino infectada. Epstein (1999) sugere que o Si possa agir como um segundo mensageiro dentro da célula e que os mecanismos de defesa mobilizados pelo Si incluem acumulação de lignina, compostos fenólicos, quitinases e peroxidases.



## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

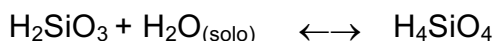
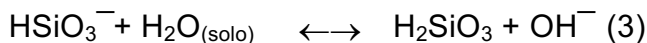
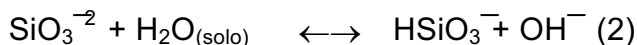
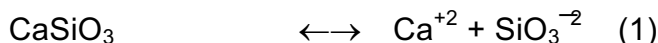
### **2.1. Silício no solo**

Segundo o Serviço Nacional de Pesquisa Agronômica citada por Rajj & Camargo (1973) o silício é segundo elemento mais abundante, em peso, na crosta terrestre e componente majoritário de minerais do grupo dos silicatos (Rajj, 1991). Ocorre em altos teores em solos, principalmente, na forma de silicatos, e no quartzo ( $\text{SiO}_2$  - mineral inerte das areias).

Do ponto de vista agronômico, as principais formas de Si presentes no solo são: Si solúvel ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$  - ácido monossilícico), que desprovido de carga elétrica, tem interessantes conseqüências no comportamento da sílica, com relação aos vegetais (Rajj & Camargo, 1973); Si adsorvido ou precipitado com óxidos de ferro e alumínio e nos minerais silicatados (cristalinos ou amorfos). As solubilidades destes minerais dependem da temperatura, pH, tamanho de partícula, composição química e presença de rachaduras (rupturas) em sua estrutura. A dissolução destes minerais é afetada, também, por fatores de solo tais como: matéria orgânica, umidade, potencial de oxi-redução e teores de sesquióxidos.

Os principais solos sob vegetação de Cerrado apresentam alto grau de intemperismo, com alto potencial de lixiviação, baixa saturação de bases, baixos teores de Si-trocável e baixas relações (Ki)  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  e (Kr) Sílica/Sesquióxidos de Fe e Al, apresentando portanto, baixa capacidade de fornecimento de Si disponível para as plantas (Brady, 1992; Silva, 1973). Estes solos apresentam como características marcantes a baixa fertilidade natural e acidez, além de possuírem elevados teores de sesquióxidos de Fe e Al que contribuem para a alta capacidade de adsorção de fósforo que poderá ser reduzida com a adubação silicatada, se for comprovado seus efeitos benéficos na diminuição do fósforo.

Os silicatos comportam-se de maneira similar aos carbonatos no solo. São capazes de elevar o pH, neutralizando o Al trocável e outros elementos tóxicos. De acordo com Alcarde (1992), as reações de materiais silicatados que ocorrem no solo são:



A hidrólise do ânion silicato promove uma liberação de hidroxilas, conforme mostram as equações acima, promovendo a elevação do pH.

## 2.2. Si nas plantas

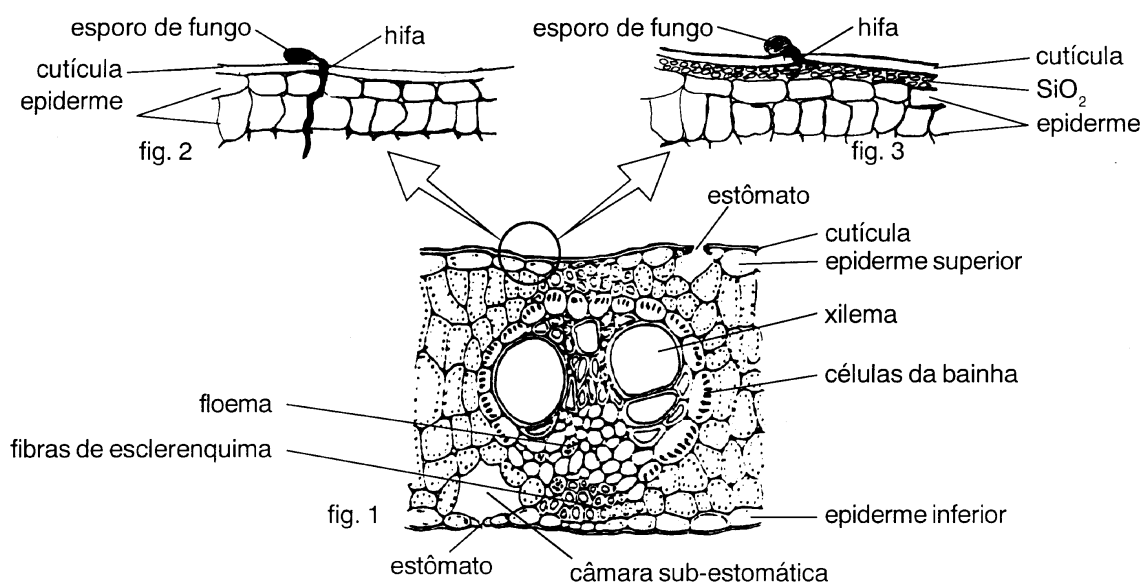
O Si penetra na planta na forma de ácido monossilícico  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  (Yoshida, 1975; Takahashi, 1996). Após ser absorvido pelas plantas, é facilmente translocado no xilema, e tem tendência natural de se polimerizar. No interior da planta, 99% de Si acumulado encontra-se na forma de ácido silícico polimerizado, o restante, 1%, encontra-se na forma coloidal ou iônica (Yoshida, 1975). Frey-Wyssling, citado por Jones & Handreck (1967),

sugere que a sílica é absorvida pelas gramíneas através do fluxo de massa, por processo não seletivo.

Compostos contendo o elemento silício acumulam-se nos tecidos de todas as plantas representando entre 0,1 a 10% da matéria seca. O crescimento e a produtividade de muitas gramíneas como arroz, cana-de-açúcar, sorgo, milho, aveia, trigo, milho, grama kikuyu, grama bermuda, e algumas espécies não gramíneas como alfafa, feijão, tomate, alface e repolho, têm apresentado aumentos de produtividade com o aumento da disponibilidade de Si no solo para as plantas (Elawad & Green, 1979; Korndörfer & Lepsch, 1999).

O Si aplicado via foliar pode ser absorvido e translocado lateralmente, através da folha, para áreas não cobertas pelo silicato, circundando o apressório (Bowen et al., 1992). Mas, é necessário um suprimento contínuo de Si para o aumento da resistência da planta.

O Si é um elemento químico envolvido em funções físicas de regulação da evapotranspiração e capaz de formar uma barreira de resistência mecânica à invasão de fungos e bactérias no interior da planta, dificultando também, o ataque de insetos sugadores e herbívoros (Epstein, 1999). O efeito da proteção mecânica do Si nas plantas é atribuído, principalmente, ao seu depósito na forma de sílica amorfa ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), na parede celular (Figura 1). A acumulação de sílica nos órgãos de transpiração provoca a formação de uma camada dupla de sílica cuticular, a qual, pela redução da transpiração, faz com que a exigência de água pelas plantas seja menor.



**FIGURA 1.** A) Corte transversal do limbo foliar de monocotiledônea (Bidwell, RGS, 1974). B) Desenvolvimento de hifa de fungo em tecido foliar sem acúmulo de sílica. C) Camada de sílica abaixo da cutícula dificultando o desenvolvimento da hifa.

Na planta, a sílica concentra-se nos tecidos de suporte, do caule e nas folhas, podendo ser encontrada em pequenas quantidades nos grãos. O conteúdo médio de sílica das raízes é um décimo da concentração do caule. No arroz, a sílica é acumulada nas células da epiderme e nas paredes das células e, também, no exudato de transpiração dos órgãos sob a forma de sílica coloidal.

Segundo Miyake & Takahashi (1983) as plantas superiores podem ser classificadas em relação ao acúmulo de Si, como acumuladoras (arroz e cana-de-açúcar), não acumuladores (tomateiro) e intermediárias (curcubitáceas e soja). O arroz e a cana de açúcar apresentam acúmulo de Si em maior abundância sendo consideradas forte acumuladoras de Si (Korndörfer et al., 1998 a, b).

### **2.3. Silício como defensivo ecológico das plantas**

O Si mesmo não sendo considerado um elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, a sua absorção traz inúmeros benefícios. É reconhecido que este elemento influencia a resistência apresentada pelas plantas em respostas a ataques de insetos, nematóides, doenças, estado nutritivo, transpiração e, possivelmente, alguns aspectos de eficiência fotossintética (Deren, 1994).

O investimento das plantas em um sistema de proteção secundária é energeticamente dispendioso, e tais sistemas são ativados, freqüentemente, apenas como resposta a predação ou a outros fatores causadores de estresse, como clima adverso, pragas e doenças. Entre esses compostos podem ser citados os flavanóides, os taninos, os cumarínicos, as saponinas, as cutinas, os alcalóides e o Si (Soest, 1994). Nelson & Moser (1994) afirmam que a síntese e o acúmulo de vários destes compostos naturais evoluíram, conforme as plantas foram se adaptando à grande diversidade de ambiente, sendo observado que, a proteção que o Si fornece às plantas está relacionada com a resistência aos efeitos, tanto bióticos quanto abióticos (Epstein, 1999).

A barreira física proporcionada pelo Si nas células epidérmicas, não é o único mecanismo de combate à penetração das hifas de fungos ou ataque de insetos. Resultados recentes de pesquisa sugerem que, o Si age no tecido das plantas afetando os sinais entre o hospedeiro e o patógeno, resultando em uma ativação mais rápida e extensiva dos mecanismos de defesa da planta (Samuels et al., 1991; Chérif et al., 1994).

### **2.4. Silício no controle de doenças**

A adubação com Si via foliar, assim como acontece via solo, contribui de forma significativa no controle de doenças. Resultados positivos na redução de doenças com a

aplicação de Si foliar foram observados em cultivos hidropônicos de pepino com a aplicação de 100, 500, 1000 e 2000 mg.dm<sup>-3</sup> de SiO<sub>2</sub> (silicato de potássio). As pulverizações com Si foliar foram feitas um dia antes da inoculação com conídios de oídio (Menzies et al., 1991). A dose de 500 mg.dm<sup>-3</sup> de Si foi a que mais afetou o número de colônias de oídio sobre as folhas. Doses superiores a esta (500 mg.dm<sup>-3</sup> SiO<sub>2</sub>) não afetaram significativamente a redução do oídio.

Algumas espécies de plantas, tais como o tomateiro e a videira, são incapazes de transportar o Si do sistema radicular para a parte aérea. Entretanto, Menzies et al. (1991) e Bowen et al. (1992) demonstraram que o Si aplicado via foliar pode controlar doenças nestas culturas. A aplicação foliar de Si pode agir sobre as doenças através da criação de uma barreira física a penetração de hifas ou induzindo a acumulação de fenóis e/ou outros mecanismos de defesa

Pesquisas realizadas em solos orgânicos no sul da Flórida (EUA) 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., 1991). Por outro lado, a adubação com Si pode eliminar ou reduzir o número de aplicações com fungicidas durante o ciclo da cultura.

Compostos fenólicos e Si acumulam-se nos sítios de infecção, cuja causa ainda não está esclarecida. O Si pode formar complexos com os compostos fenólicos e elevar a síntese e mobilidade destes no apoplasto. Uma rápida deposição de compostos fenólicos ou lignina nos sítios de infecção é um mecanismo de defesa contra o ataque de patógeno, e a presença de Si solúvel facilita este mecanismo de resistência (Menzies et al., 1991).

## **2.5. Doenças nas plantas de pepino**

O oídio é uma doença muito comum em cucurbitáceas cultivadas e selvagens. Três diferentes espécies do agente causal podem infectar cucurbitáceas cultivadas: *Sphaerotheca fugilinea*, *Erysiphe cichoracearum* e *Leveillula taurica*. Somente as duas primeiras são de maior importância econômica. Condições ambientais úmidas são mais favoráveis ao desenvolvimento e esporulação de *Erysiphe cichoracearum* e é mais freqüente em culturas de pepino conduzidas em cultivos protegidos.

Outra doença fúngica de importância econômica causada pelo *Colletotrichum gloeosporioides f. sp. cucurbitae* (Antracnose), é altamente prejudicial, não só pela freqüência com que incide, como também pelos danos que causa à cultura do pepino. Condições de alta umidade e temperaturas de 21 a 27° C são favoráveis ao desenvolvimento da doença. Acima ou abaixo dessa faixa de temperatura, a doença pode não se constituir problema devido a seu lento desenvolvimento.

## **2.6. Controle de doenças em plantas de pepino**

Para o controle geral de doenças em cucurbitáceas recomenda-se o uso de fungicidas protetores, sistêmicos e de contato como sendo a forma mais eficiente de manejo. Embora esses métodos diminuam o problema, novas raças de patógenos podem causar a quebra da resistência nos primeiros anos de lançamento de uma variedade. Por outro lado, o uso de fungicidas é considerado um avanço de alta tecnologia, que nem sempre é adequado aos pequenos produtores, além de ser considerado uma ameaça ao meio ambiente. Em conseqüência, outras estratégias de controle de doenças mais sustentáveis são necessárias.

Um moderno sistema de produção exige a necessidade de unir a produção eficiente com baixo custo, conjugando um melhor uso de ferramentas disponíveis com um mínimo de impacto ao meio ambiente. O emprego da nutrição mineral é sustentável como forma de aumentar a resistência das plantas e contribui para a conservação dos solos e preservação da saúde humana. Assim, a adubação com Si pode ser uma alternativa para um melhor controle de doenças em plantas, como têm demonstrado os resultados das pesquisas realizadas em vários países.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido em Casa de Vegetação no Instituto de Ciências Agrárias na Universidade Federal de Uberlândia (MG) no ano de 2002. Utilizaram-se amostras de solo Latossolo-Vermelho-Escuro álico (LEa) de textura média (27 % de argila), coletadas nas proximidades do município nos primeiros 20 cm de profundidade, com análise química apresentada na Tabela 1. O solo foi homogeneizado e misturado com as diferentes fontes e, em seguida, distribuídos em vasos plásticos com capacidade para 5 Kg de solo, onde permaneceram incubados por 30 dias na capacidade de campo de 80%.

TABELA 1. Análise química do solo do experimento, referente à camada de 0 – 20 cm.

Solo	pH água	Si	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	M	MO
	1 ; 2,5	-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						----%----			dag. kg <sup>-1</sup>
<b>LE</b>	5,0	8,1	1,9	57	0,7	0,1	0,1	5,0	0,3	1,05	5,39	6	63	4,3

Obs: Si extraído com ácido acético 0,5 mol.L<sup>-1</sup>(Kondorfer et al., 1999 b), P e K extraídos com HCl 0,05 mol.L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol.L<sup>-1</sup>; Al<sup>+3</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> extraído com (KCl 1 mol.L<sup>-1</sup>); Método Walkley-Black. SB% = Soma de bases; t % = CTC efetiva; T % = CTC a pH 7,0; V % = Saturação de bases; m % = saturação de alumínio; M.O = Matéria orgânica (Walkley-Black). (VETTORI, 1969).

Os tratamentos consistiram de dois tipos de adubação com Si, via solo e via foliar, totalizando 48 tratamentos com 4 repetições. As fontes silicatadas aplicadas no solo foram: silicato de cálcio (Wolastonita), silicato de cálcio e magnésio (Recmix) e silicato de cálcio

(Silifertil) nas doses 0, 250, 500 e 1000 Kg.ha<sup>-1</sup>. Nas adubações foliares utilizou-se as fontes silicato de potássio e silicato de sódio em uma única dose de 1000 mg.dm<sup>-3</sup> de Si, aplicados semanalmente durante o ciclo do pepino.

TABELA 2: Teor de Si solúvel das fontes aplicada via solo e via foliar.

<b>Fontes</b>	<b>Teor de Si (%)</b>	<b>CaO (%)</b>	<b>MgO (%)</b>
Wolastonita	23,5	42,0	2,0
Silifertil	18,0	30,0	7,5
Recmix	10,8	37,0	9,4
Silicato de K	14,0	-	-
Silicato de Na	29,4	-	-

Todos os tratamentos foram balanceados com CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub> (P.A) antes do plantio com objetivo de manter os mesmos níveis de cálcio e magnésio para todos os tratamentos mantendo a relação de 3:1 em todos os tratamentos. O Balanceamento dos tratamentos foi feito com base na dose de 1000 Kg.ha<sup>-1</sup> de Si da fonte Recmix pelo fato desta fonte apresentar os maiores teores de magnésio entre as fontes silicatadas aplicadas no solo (Tabela 2). Assim, todos os outros tratamentos apresentaram seus níveis de cálcio e magnésio balanceados conforme o tratamento da fonte Recmix na dose 1000 Kg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 3). Após o balanceamento todos os tratamentos tiveram seus níveis de saturação de bases (V) elevados de 6 % para 190 %.

A adubação de manutenção das plantas de pepino foi realizada a partir da aplicação de 260 mg.dm<sup>-3</sup> de N, 384 mg.dm<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O e 192 mg.dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, incluindo uma solução contendo micronutrientes. As fontes utilizadas foram: nitrato de amônio, cloreto de

potássio, ácido fosfórico e FTE-BR12. Esta adubação foi dividida em 8 aplicações, distribuídas em todos os tratamentos na forma de solução.

TABELA 3: Balanceamento dos tratamentos com CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub> em relação às diferentes doses de Si aplicadas, para manter os mesmos níveis de Ca e Mg no solo.

Tratamentos		Fontes Silicatadas (Kg.ha <sup>-1</sup> )			Carbonatos(Kg.ha <sup>-1</sup> )	
Fonte	Dose [Si]	Fonte	CaO	MgO	CaCO <sub>3</sub>	MgCO <sub>3</sub>
Wolastonita	250	1064	451	2,0	5243	1820
	500	2127	903	4	4435	1816
	1000	4255	1805	8	2819	1807
Recmix	250	2303	845	217	4538	1368
	500	4606	1690	434	3025	912
	1000	9212	3380	869	-	-
Silifertil	250	1394	420	105	5299	1604
	500	2787	840	210	4548	1384
	1000	5574	1680	419	3044	944
Testemunha	0	0,0	0,0	0,0	6051	1824
Silicato K	0	0,0	0,0	0,0	6051	1824
Silicato Na	0	0,0	0,0	0,0	6051	1824

Após a incubação do solo semeou-se o pepino japonês híbrido Hokushin, específico para cultivo protegido em estufas e conduzido tutorado. O cultivo foi realizado nos meses de maio e julho, com duas plantas em cada vaso, as quais, posteriormente foram inoculadas com fungo *Colletotrichum gloeosporioides f. sp.cucurbitae*, causador da doença antracnose, no estágio do segundo par de folhas e na concentração de 10<sup>6</sup> conídios.ml<sup>-1</sup>. Quando as plantas atingiram o estágio de 5 pares de folhas foi inoculado o fungo *Erysiphe cichoracearum*, causador da doença de oídio, na concentração de 10<sup>4</sup> conídios.ml<sup>-1</sup>. A

inoculação de *Colletotrichum gloesporioides f. sp. cucurbitae* foi realizada uma única vez, enquanto que para o fungo *Erysiphe cichoracearum* foram utilizadas três inoculações espaçadas de uma semana cada. O espalhante adesivo Tween 20 na concentração de 0,01% foi utilizado em todas as inoculações.



FIGURA 2: Mostra a disposição dos tratamentos sobre a bancada da casa de vegetação com as plantas de pepino tutoradas.

Após a inoculação do fungo da antracnose os vasos foram revestidos por sacos plásticos e mantidos desta forma por 24 horas, permitindo assim a germinação e infecção pelo patógeno. As adubações foliares com as fontes de silicato foram realizadas um dia antes da inoculação.

As avaliações das doenças foram realizadas semanalmente pelos critérios da incidência e severidade. A incidência correspondeu ao número de folhas afetadas pelo patógeno em cada planta. A severidade referiu-se à porcentagem da média da área foliar visual lesionada pelo patógeno nas folhas infectadas em cada planta e foi realizada por dois avaliadores simultaneamente. Foram realizadas 3 avaliações tanto da incidência como também da severidade no decorrer do experimento. Após a coleta dos dados sobre doenças foi realizada a análise pelo software AVACPD do Departamento de Fitopatologia da UFV com vistas à obtenção da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Após a obtenção desta variável realizou-se a análise de variância pelo programa SAS com base no teste de Tukey a 5 e 1 %. Seguida do contraste de médias pelo teste de t pelo programa SANEST para a comparação dos tratamentos e a testemunha.

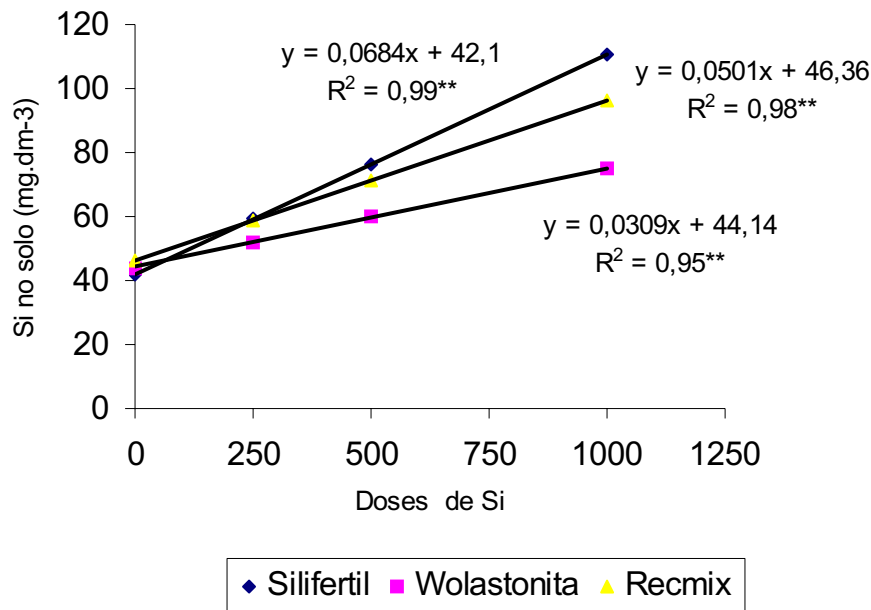
Os solos de cada vaso foram amostrados ao final do experimento, e analisados quanto ao pH ( $\text{CaCl}_2$ ), Si (Korndörfer et al., 1999), Ca e Mg (EMBRAPA, 1997). As amostras foliares foram analisadas segundo o método descrito por Elliott & Snyder (1991).

Em todas as variáveis (pH, Ca, Mg, Si no solo, Si foliar, incidência e severidade das doenças) observadas no experimento realizou as análises de variância, o teste de média e as análises de regressão para comparação dos tratamentos que receberam adubação de Si via solo e o tratamento testemunha, com base no teste de Tukey a 5 e 1 %. Seguida do contraste de médias pelo teste de t pelo nos tratamentos que receberam adubação foliar de Si e a testemunha. As análises foram realizadas com auxílio do programa do programa SANEST.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Silício no do solo**

As fontes Silifertil, Wolastonita e Recmix aplicadas via solo proporcionaram um incremento no teor de Si solúvel no solo com o aumento das doses aplicadas, demonstrando serem eficientes no fornecimento de Si solúvel (Figura 3). A fonte Silifertil disponibilizou os maiores teores de Si solúvel no solo entre as fontes aplicadas via solo na dose 1000 Kg.há<sup>-1</sup> de Si, elevando os níveis de Si para 111 mg.dm<sup>-3</sup>, enquanto as fontes Recmix e Wolastonita elevaram os níveis para 97 e 75 mg.dm<sup>-3</sup>, respectivamente.



\*\* - diferem entre si a 1% de probabilidade pelo teste F

FIGURA 3. Efeito das doses de Si (Silifertil, Wolastonita e Recmix) sobre o teor de Si solúvel no solo, extraído com extrator ácido acético (0,5 M).

#### 4.2. pH, cálcio e magnésio no solo

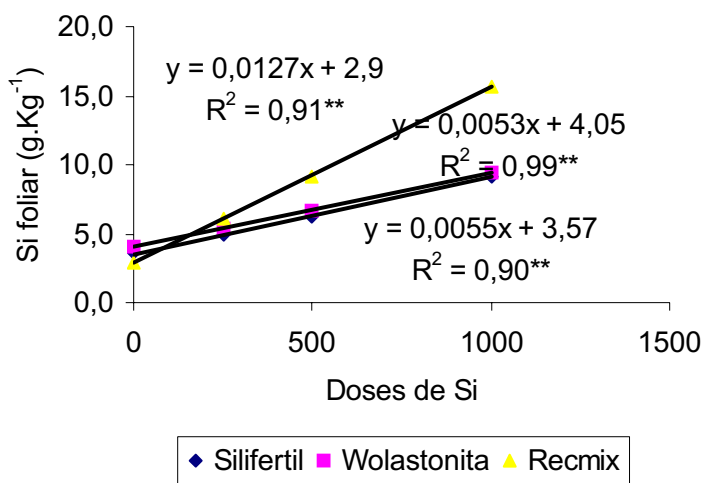
Os valores de pH, cálcio e magnésio no solo praticamente não se alteraram com as doses de silicato aplicadas no solo (Tabela 2). Isto se explica pelo fato dos tratamentos terem sido balanceados com  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$  antes do plantio conforme já citado no material e métodos. Entretanto, pode-se observar que os valores de pH, cálcio e magnésio no solo foram levemente superior no tratamento testemunha quando comparados aos tratamentos com aplicação de silicato (Tabela 2). Provavelmente porque na testemunha o balanceamento das bases foi feito exclusivamente com  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ , os quais comparados aos silicatos, são levemente mais reativos.

TABELA 2: Teores de pH, Ca e Mg no solo (Média das 3 fontes)

Doses de Si, Kg.ha <sup>-1</sup>	pH H <sub>2</sub> O	Cálcio cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	Magnésio cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>
0	5,9	2,7	0,9
250	5,6	2,3	0,8
500	5,6	2,4	0,8
1000	5,5	2,1	0,7
CV (%)	4,0	11,5	16,4
Prob. F	ns	ns	ns

### 4.3. Análises foliares

O aumento nas doses das fontes aplicado via solo (Recmix, Silifertil e Wolastonita) propiciou um aumento linear no teor foliar de Si conforme mostrado na figura 4. Os maiores teores foliares de Si ocorreram na dose 1000 Kg.ha<sup>-1</sup> de Si para todas as fontes aplicadas via solo. A fonte Recmix proporcionou o maior teor de Si foliar entre as fontes aplicadas via solo na dose 1000 Kg.ha<sup>-1</sup> de Si, elevando os níveis de foliares de Si para 15,6 g.Kg<sup>-1</sup>, enquanto que as fontes Silifertil e Wolastonita apresentaram os teores foliares de Si de 9,1 e 9,4 g.Kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 4).



\*\* - diferem entre si a 1% de probabilidade pelo teste F

FIGURA 4. Efeito das doses de Si aplicadas no solo (Silifertil, Wolastonita, Recmix) sobre o teor de Si foliar nas plantas de pepino.



A Tabela 3 mostra que, dentre os tratamentos de Si aplicados via foliar, apenas o tratamento com silicato de potássio apresentou um acréscimo no teor foliar de Si diferindo estatisticamente do tratamento testemunha e do tratamento foliar com silicato de sódio. O tratamento foliar com uso de silicato de sódio não diferiu do tratamento testemunha em relação ao teor de Si foliar acumulado. A fonte silicato de potássio mostrou-se mais eficiência em fornecer Si via adubação foliar para as plantas de pepino em relação à fonte silicato de sódio.

TABELA 3: Análise dos contrastes não ortogonais entre os tratamentos com aplicação de Si via foliar e o tratamento testemunha.

Variáveis	Test. x Sil. K	t calculado	Test. x Sil. Na	t calculado	Sil. K x Sil. Na	t calculado	C.V.
Si no solo (g.kg <sup>-1</sup> )	44 x 34	1,5 <sup>ns</sup>	44 x 35	1,3 <sup>ns</sup>	34 x 35	0,2 <sup>ns</sup>	15,0
Si foliar (g.kg <sup>-1</sup> )	4,3 x 16,5	9,1 <sup>**</sup>	4,3 x 6,2	1,4 <sup>ns</sup>	16,5 x 6,2	7,7 <sup>**</sup>	23,0

ns – não diferem significativamente entre si pelo teste t ( média de 4 repetições)

\*\* - diferem entre si a 1% de probabilidade pelo teste t (média de 4 repetições)

Sil. K – Tratamento com aplicação foliar de silicato de potássio

Sil. Na – Tratamento com aplicação foliar de silicato de sódio

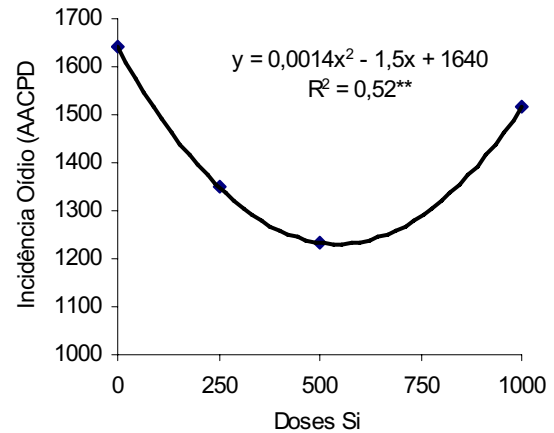
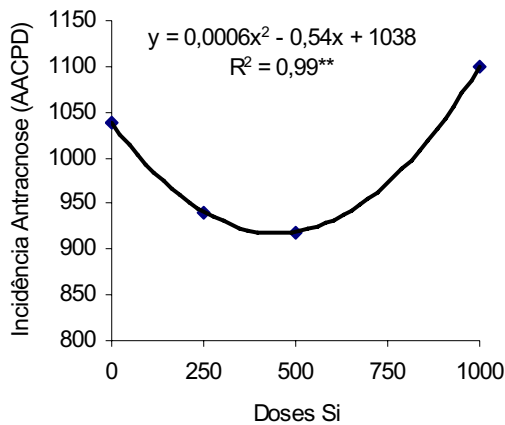
Test. – tratamento testemunha

#### 4.4. Avaliação das doenças

##### 4.4.1. Adubação de Si via solo no controle das doenças

As adubações de Si via solo proporcionaram uma redução no número de folhas infectadas pelos fitopatógenos nas plantas de pepino, não afetando a severidade das doenças. As maiores incidências das doenças ocorreram no tratamento testemunha (Ausência de Si). O aumento das doses de Si na fonte Recmix reduziu a incidência da doença antracnose (Figura 6), enquanto o aumento das doses de Si nas fontes Wolastonita e Silifertil reduziram a incidência da doença de oídio (Figuras 7 e 8) . Segundo Kondörfer et

al. (1999) o Si aumenta a resistência da parede celular (cutícula) dificultando a penetração do esporo.

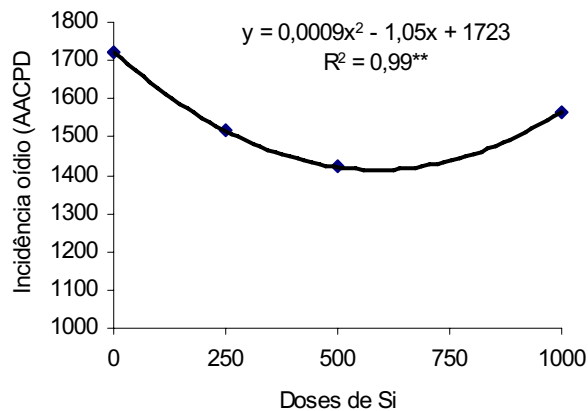


\*\* - diferem entre si a 1% de probabilidade pelo teste F

\*\* - diferem entre si a 1% de probabilidade pelo teste F

FIGURA 6: Efeito das doses de Si (Recmix) aplicadas no solo sobre a incidência da doença antracnose.

FIGURA 7: Efeito das doses de Si (Wolastonita) aplicadas no solo sobre a incidência da doença de oídio.



\*\* - diferem entre si a 1% de probabilidade pelo teste F

FIGURA 8: Efeito das doses de Si (Wolastonita) aplicadas no solo sobre a incidência da doença de oídio.

Entre as fontes silicatadas aplicadas no solo apenas a Wolastonita apresentou uma redução na incidência das doenças de antracnose e oídio, diferindo estatisticamente das fontes Recmix e Silifertil (Tabela 4).

TABELA 4: Efeito das fontes aplicadas via solo sobre a incidência e severidade das doenças estudadas na cultura do pepino

Fonte	Incidência	Severidade	Incidência	Severidade
	Oídio	Oídio	Antracnose	Antracnose
Recmix	1623 a	378 a	999 a	96 a
Silifertil	1557 a	361 a	978 a	77 a
Wolastonita	1434 b	408 a	888 b	76 a
C.V. (%)	9	34	9	50
DMS 5%	122	111,1	76	36

#### 4.4.2. Adubação de Si via foliar no controle das doenças

As adubações de Si via foliar possibilitaram uma redução na incidência e severidade das doenças de antracnose e oídio. Os tratamentos com adubação de Si via foliar representados pelas fontes Silicato de Sódio e Silicato de Potássio apresentaram as menores incidências da doença e oídio, diferindo estatisticamente da testemunha. Enquanto, em relação à doença antracnose apenas a fonte Silicato de Potássio reduziu a sua incidência, diferindo estatisticamente do tratamento com ausência de aplicação de Si e do tratamento foliar com Silicato de Sódio (Tabela 4). Isto pode ser explicado pela maior eficiência do silicato de potássio em fornecer Si para as plantas de pepino e/ou elevada salinidade do elemento sódio presente no silicato de sódio. O efeito no controle da doença pode ser explicado pela barreira mecânica exercida pela acumulação do Si na forma de polímeros na

cutícula das folhas dificultando a penetração dos esporos, mas também existe a teoria de que a absorção do Si possa induzir a formação de fenóis (fitoalexinas) de ação fungicida.

TABELA 4: Análise dos contrastes não ortogonais entre os tratamentos aplicados silício via foliar e o tratamento testemunha em relação a incidência e severidade das doenças de antracnose e oídio.

Variáveis	Test. x Sil. K	t calculado	Test. x Sil. Na	t calculado	Sil. K x Sil. Na	t calculado	C.V.
Incid. Antr. (AACPD)	1042 x 819	2,9 **	1042 x 949	1,2 <sup>ns</sup>	819 x 949	1,7 <sup>ns</sup>	12,0
Sev. Antr. (AACPD)	89 x 130	1,2 <sup>ns</sup>	89 x 241	4,3 **	130 x 241	3,1 **	51,0
Incid. Oídio (AACPD)	1726 x 760	8,8 **	1726 x 1062	6,0 **	760 x 1062	2,7 **	11,0
Sev. Oídio (AACPD)	380 x 123	3,0 **	380 x 206	2,1 *	123 x 206	1,0 <sup>ns</sup>	35,0

ns – não diferem significativamente entre si pelo teste t ( média de 4 repetições)

\* - diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t ( média de 4 repetições)

\*\* - diferem entre si a 1% de probabilidade pelo teste t (média de 4 repetições)

AACPD : área abaixo da curva de progresso da doença

Incidência: número de folhas infectadas pelo patógeno ( por planta)

Severidade: número médio de área foliar infectada das folhas com sintomas de doença ( por planta)

Incid. Antr.: incidência da doença antracnose

Sev. Antr.: severidade da doença antracnose

Incid. Oídio: incidência da doença de oídio

Sev. Oídio: severidade da doença de oídio

test. – tratamento testemunha

A adubação de Si via foliar possibilitou a redução na severidade da doença de oídio, não afetando a severidade da doença antracnose (Tabela 4). Mostrando que, as adubações foliares com Si proporcionaram um menor progresso da doença de oídio em relação à doença antracnose, comparados à testemunha (Figura 9). Segundo Menzies et al. (1991) ocorre deposição ativa de compostos fenólicos nos sítios de infecção quando as plantas são nutridas com Si. Outra hipótese para o efeito positivo da adubação foliar sobre as doenças e que nada tem haver com o Si é a possibilidade do efeito salino do adubo prejudicar a multiplicação dos esporos. Quanto maior a concentração salina sobre as folhas pior para a multiplicação do fungo.

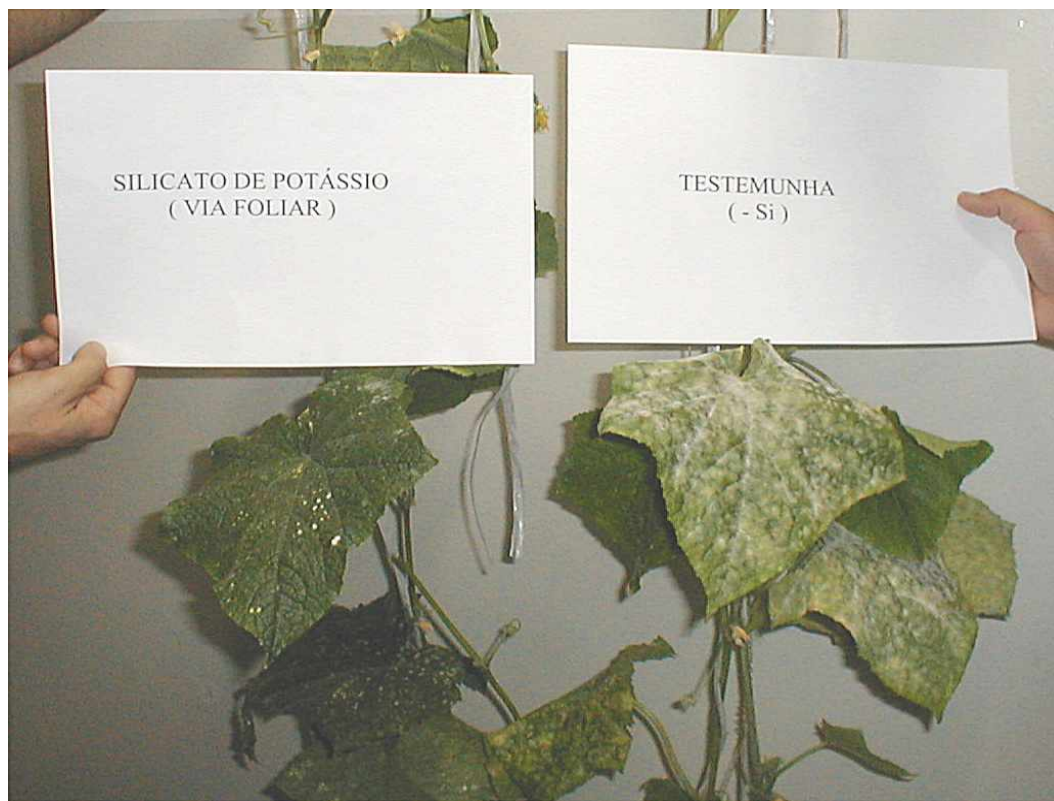


FIGURA 9: Mostra o progresso da doença de oídio nos tratamentos testemunhas e foliar com silicato de potássio.

A doença antracnose apresentou sua maior severidade no tratamento com adubação foliar com silicato de sódio diferindo estatisticamente do tratamento testemunha e foliar com silicato de potássio, os quais não diferiram entre si (Tabela 4). Isto pode ser explicado pelo efeito da elevada salinidade do elemento sódio que pode de certa forma ter comprometido o desenvolvimento vegetal e ter favorecido um aumento na infecção do fungo *Colletotrichum gloesporioides f. sp. cucurbitae*, causador da doença antracnose.

## 5. CONCLUSÕES

- As plantas de pepino mostraram-se eficientes na absorção do Si com as fontes de Si aplicadas via solo e via foliar;
- As adubações de Si via solo proporcionaram uma redução na incidência das doenças de oídio e antracnose em relação a ausência de aplicação de Si, não afetando a severidade das doenças;
- As adubações de Si via foliar proporcionaram uma redução na incidência e severidade da doença de oídio, e na incidência na doença antracnose;
- A adubação com Si via solo e foliar demonstrou poder controlar o progresso de doenças fúngicas na cultura do pepino.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas.** São Paulo: ANDA. 1992. (Boletim Técnico, 6).

ARANTES, V. A de. **Aplicação de silício para arroz de sequeiro cultivado em material de solos fase Cerrado.** 81 f. Monografia - Universidade Federal de Uberlândia, 1997.

BOWEN, P.; MENZIES, J.G.; EIWT, D.L.; GLASS, A.D.M. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 117 p. 906-912, 1992.

BRADY, N.C. **The nature and properties of soil.** 10.ed., New York: Macmillan Publishing Co, p. 179 – 200, 1992.

CHÉRIF, M.; ASSENLIN, A.; BELANGER, R.R. **Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Phythium spp.*** *Phytopathology*, v. 84, nº 3, p. 236 – 42, 1994.

DATNOF, L.E. et al. **Effect of calcium silicate on bruzone and intensities, and yield of rice.** Plant Disease. St Paul, v. 75, n.7, p. 729-732, July, 1991.

DEREN, C.W.; DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; MARTIN, F.G. **Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols.** Crop Sci. v. 34, p. 733-737. 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 212 p, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura 212 p, 1997.

ELAWAD, S.H., GREEN, V.E. Jr. **Silicon and the rice plant environment: A review of recent research.** Revista IL Riso, v.28, p.235-253, 1979.

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

ELLIOTT, C.L. & SNYDER, G.H. **Autoclave - Induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw.** J. Agric. Food. Chem., v.39, p.1118-1119, 1991.



FAWE,A.; ABOW-ZAID,M.; MENZIES,J.G.; BELANGER,R.R. **Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber.** *Phytopathology*, v.88; p. 396-401, 1998.

JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. **Silica in soils, plants, and animals.** *Advances in Agronomy*, v.19, p.107-149, 1967.

KONDORFER. G.H.: PEREIRA, H.S.: CAMARGO, M.S. **Silicato de cálcio e magnésio na agricultura.** 1º edição. Uberlândia, 23 p., 2002.

KORNDÖRFER, G.H.; DATNOFF, L.; & CORRÊA, G.F.. **Influence of Silicon on Grain Discoloration and Upland Rice Growth in Four Savanna Soils of Brazil.** *J. Plant Nutri.* New York. v.1, n.22, p.93-102, 1999.

KORNDÖRFER, G.H. & I. LEPSCH. **Effect of silicon on plant growth and yield.** In: Conference Silicon in Agriculture 1, 1999, Fort Lauderdale, *Silicon in agriculture*, Fort Lauderdale, University of Florida. P.111-115, 1999.

KORNDÖRFER, G.H.; COLOMBO, C.A.; & RODRIGUES, L.L.. **Effect of thermo-phosphate as silicon source for sugarcane.** *Inter-American Sugar Cane Seminar.* Annais 9-11 Sept., Miami, Fl, 1998 a.

KORNDORFER, G.H.; CORREA, G.F.; SNYDER, G.H.; DATNOFF, L.E.. **Silicon availability in soil cultivated with upland rice in Brazil. Abstract.** *Annual Meeting Soil Sci. Soc. of America*. Baltimore, MD. 18-22 Oct., p.229, 1998 b.

MENZIES, J.G.; EHRET, D.L.; GLASS, A.D.M.;SAMUELS, A.L. **The influence of silicon on cytological interactions between *Sphaerotheca fuliginea* and *Cucumis sativus*.** *Physiology Molecular and Plant Pathology*, v. 39, p. 403 – 414, 1991.

MIYAKE & TAKAHASHI, E. **Effect of silicon on the growth of solution-cultured cucumber plant.** *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, v.29, n.1, p.71-83, 1983.

NELSON, C.J.; MOSER, L.E. **Plant factors affecting forage quality.** In: FAHEY JUNIOR, G.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison: ASA, CSA, SSSA, cap.3, p.115-154, 1994.

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

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Ed. Agronômica Ceres & POTAFOS, 343 p, 1991.

SAMUELS, L.; GLASS, A.D.M.; EBRET, D.L.; MENZIES, J.G. **Mobility and deposition of silicon in cucumber plants.** *Plant and Cell environment*, v. 14, p. 485 – 92, 1991.

SILVA, J.A. **Plant, mineral nutrition: Yearbook of Science and technology.** McGraw-Hill Book. 1973.

SILVA, M.F. **Avaliação de fontes de Si através de testes biológicos e de incubação,** 42 f. Monografia – Universidade Federal de Uberlândia, 2002.

SOEST, P. J van. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2.ed. New York: Cornell University Press, 476p, , 1994.

TAKAHASHI, E. **Uptake mode and physiological functions of silica.** In: SCIENCE OF THE RICE PLANT: Physiology. Food and Agric. Policy Res. Center, Tokyo, v.2, p.420-433, 1240p, 1996.

VIDAL, A.A. **Fontes de Si para a cultura do arroz,** 34 f. Monografia – Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

VETTORI, L. **Métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Equipe de Pedologia e fertilidade do solo, 24 p., 1969. (Boletim Técnico, 7)

YOSHIDA, S. **Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant.** Bulletin National Institute of Agriculture and Science, Ser. B. v.15,p. 1-58, 1975.