

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

**EFICIÊNCIA DO SILICATO DE CÁLCIO E DO CARBONATO DE
CÁLCIO NO CONTROLE DE DOENÇAS NA CULTURA DA SOJA**

ERNANE MIRANDA LEMES

ANTONIO NOLLA
(Orientador)

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

Uberlândia - MG
Julho - 2005

**EFICIÊNCIA DO SILICATO DE CÁLCIO E DO CARBONATO DE
CÁLCIO NO CONTROLE DE DOENÇAS NA CULTURA DA SOJA**

APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA EM ___/___/_____

Prof. Dr. Antonio Nolla
(Orientador)

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer
(Membro da Banca)

Prof. Lísias Coelho, PhD
(Membro da Banca)

Uberlândia - MG
Julho - 2005

Aos meus Pais,
colegas de classe, técnicos
e professores
que de alguma forma contribuíram
para a conclusão deste trabalho.

*A teia de nossa vida é composta de fios misturados:
bens e males. Nossas virtudes se tornariam orgulhosas
sem os açoites de nossos defeitos,
como os nossos vícios desesperariam,
se não fossem alentados pela virtude.*

Shakespeare

INDICE

RESUMO	5
1. INTRODUÇÃO	6
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4. CONCLUSÕES	25
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

RESUMO

A nutrição mineral da planta pode ser controlada, tornando-se um importante componente no controle de doenças. O silício (Si) tem sido um fator que influencia o grau de susceptibilidade de plantas ao ataque de fungos. Em plantas que acumulam pouco Si, o mecanismo de controle de doenças envolve a acumulação de compostos fenólicos e Si nos sítios de infecção, capazes de desenvolver um mecanismo de defesa contra o ataque de patógenos de plantas, incluindo o *cancro da haste* e a *fusariose* na soja. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de comparar o efeito de doses de carbonato de cálcio e silicato no controle de doenças da soja. Foram coletadas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico, localizado no município de Santa Vitória - MG. Acondicionaram-se 200 kg do solo em tambores colocados em cercado telado e descoberto, onde se procedeu inicialmente a uma adubação (400 kg.ha^{-1} de P_2O_5 e K_2O , 240 kg.ha^{-1} de Mg e 100 kg de micronutrientes). Foi aplicado superficialmente, nas colunas, o equivalente a 0, 1500, 3000, 6000 e 12000 kg.ha^{-1} de carbonato de cálcio ou silicato de cálcio. A soja foi cultivada nos tambores por 120 dias, e procedida a uma avaliação da concentração de silício foliar e a incidência causada pela cercosporiose, míldio e ferrugem asiática. O carbonato de cálcio não reduziu a incidência de *Cercospora sojina*, *Peronospora manshurica* e *Phakopsora pachyrhizi*. A aplicação de silicato de cálcio foi eficiente na redução da incidência de *Peronospora manshurica* aos 47 e 66 dias após a semeadura da soja. O silicato de cálcio foi eficiente no controle de *Cercospora sojina* aos 47, 66 e 79 dias após a semeadura da soja. A aplicação do silicato de cálcio foi pouco eficiente na redução da incidência de *Phakopsora pachyrhizi*.

Termos de Indexação: adubação, silício, fitoalexinas, escórias, mecanismo de resistência, defesa a estresse biótico.

1. INTRODUÇÃO

A nutrição mineral da planta pode ser considerada como um fator ambiental que pode ser manipulado de modo relativamente fácil, tornando-se um componente importante de controle de doenças (MARSCHNER, 1995). Neste aspecto, muitos trabalhos mostram o Si como um fator que influencia o grau de susceptibilidade de cereais, e também de várias dicotiledôneas, ao ataque de fungos (JONES; HANDRECK, 1967; MENZIES; BÉLANGER, 1996).

Diversos estudos independentes confirmam a importância do Si para a resistência aos estresses abióticos (toxidez de Fe, Mn e Na) e bióticos (insetos e principalmente fungos). O acúmulo e deposição de silício nas células da camada epidérmica pode ser uma barreira física efetiva na penetração da hifa. Entretanto, 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, em plantas de pepino, o Si age no tecido hospedeiro 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; MARSCHNER, 1995).

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

A resistência das plantas às doenças pode ser aumentada através da alteração das respostas da planta ao ataque do parasita, aumentando a síntese de toxinas (fitoalexinas), que podem agir como substâncias inibidoras ou repelentes, ou promovendo a formação de barreiras mecânicas (MARSCHNER, 1995). Fitoalexinas são moléculas pequenas produzidas nas plantas após o ataque de microrganismos ou estresse, e desempenham função importante na resistência às doenças de plantas e aos insetos. Frequentemente as fitoalexinas são tóxicas também para o hospedeiro, acumulando-se nas células mortas. A resistência ao patógeno ocorre quando estes compostos acumulam-se rapidamente e em altas concentrações no local de infecção, resultando na morte do patógeno (FOSKET, 1994). Vários flavonóides em exsudatos em raízes de leguminosas, podem atuar como supressores para certos fungos patogênicos, sendo considerados fitoalexinas (DIXON, 1986; HARTWIG, 1994). Nas interações patógeno-planta, certos produtos finais de via de biossíntese dos flavonóides servem como fitoalexinas nas reações de defesa da planta (HAHLBROCK; SCHEEL, 1989; PETERS; VERNA, 1990).

Plantas dicotiledôneas, como a soja, são caracterizadas quanto ao conteúdo de Si e razão Si/Ca como intermediárias, as quais apresentam uma quantidade considerável de Si, quando a concentração do elemento no meio é alta, havendo evidências que a mesma transloca o Si livremente das raízes para a parte aérea semelhante ao pepineiro (MYIAKE; TAKAHASHI, 1995).

O cancro da haste da soja é uma doença causada por um fungo com duas fases de desenvolvimento: a fase imperfeita, denominada *Phomopsis phaseoli* f. sp. *meridionalis*, que ocorre nos tecidos infectados, e que se dissemina na mesma safra através de esporos, denominados conídios, produzidos por picnídios, e a fase perfeita, denominada *Diaporthe phaseolorum* f. sp. *meridionalis* (Dpm) (MORGAN-JONES, 1989), responsável pelas primeiras infecções na safra seguinte. Juliatti et al. (1996) e Grothge-Lima (1998), observaram que o uso de silicato de cálcio no solo, como corretivo e fonte de Si, aumentou a resistência da soja ao cancro da haste. A extensão da lesão, provocada pelo fungo na medula de plantas de soja infectadas, diminuiu em até 90%. A diminuição da lesão foi linear até a adição de 40 mg.kg⁻¹ de Si ao meio nutritivo, cerca de 4000 mg.kg⁻¹ de Si nas folhas, ou 550 mg.kg⁻¹ de Si nas hastes da soja (GROTHGE-LIMA, 1998).

No entanto, não se observou eficiência da aplicação foliar de silício. Isso pode ser atribuído à imobilidade do Si na planta, impossibilitando sua mobilização até o local da infecção, ou a não absorção por via foliar. Por ser uma planta do tipo intermediário, ou seja, absorve e transloca quantidades apreciáveis de Si, quando este está disponível em grandes quantidades no substrato, o fornecimento do Si através da solução nutritiva permitiu a resistência da planta.

O manejo de doenças tem sido feito através de variedades resistentes ou de fungicidas. 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 “*input*” de alta tecnologia, que nem sempre é adequado aos pequenos produtores, além de ser considerado uma ameaça ao meio ambiente. Em consequência, outras estratégias de controle de doenças mais sustentáveis são necessárias. O emprego da nutrição mineral como forma de aumentar a resistência de plantas é sustentável e contribui para a conservação dos solos e preservação da saúde humana. A adubação com silício pode ser uma alternativa para estes problemas, como têm demonstrado os resultados das pesquisas realizadas em vários países.

Este trabalho foi desenvolvido no intuito de comparar o efeito de doses de carbonato de cálcio e silicato no controle de doenças da soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (EMBRAPA, 1999), localizado no município de Santa Vitória - MG, em condições de mata nativa, cuja caracterização química está descrita na Tabela 1. Este solo foi selecionado em função da baixa concentração de silício disponível (textura arenosa) e, conseqüentemente, maior probabilidade de resposta das plantas à aplicação do elemento no solo.

Em função da baixa fertilidade natural do Neossolo Quartzarênico, procedeu-se, inicialmente, à uma adubação prévia do solo, misturando-se ao solo, com auxílio de uma betoneira, o equivalente a $400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 , $400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O , $240 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Mg e 100 kg de micronutrientes na forma de fritas - FTE BR12 (9% de Zn, 1,8% de B, 2% de Mn, 0,8% de Cu, 0,1 % de Mo e 3% de Fe). Posteriormente, acondicionaram-se 200 kg do solo previamente adubado em tambores de 250 litros de 54 cm (diâmetro) \times 83 cm (altura). Os tambores foram colocados em um cercado telado e descoberto. Para evitar o excesso de água nas colunas, foram feitos cinco furos de 1,3 centímetros de diâmetro na porção

superior e na lateral inferior das colunas. O fundo dos tambores foi protegido por pedra britada, evitando a contaminação do solo acondicionado nos vasos.

Tabela 1 - Caracterização química do Neossolo Quartzarênico Órtico típico utilizado para a instalação do experimento.

pH (H ₂ O)	Ca	Mg	Al	P	K	H+Al	T	V	m	M.O.	Si	
1:2,5	-----	cmol _c .dm ⁻³	-----	-	mg.dm ⁻³	--	cmol _c .dm ⁻³	--	-----	%	g.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
4,6	0,1	0,1	0,7	1,3	19	4,5	4,75	5	74	17	0,6	

Ca, Mg, Al = (KCl 1 N); P, K = (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); H+Al = acidez potencial (acetato de cálcio); T = CTC pH 7; V = Saturação por Bases; MO = (Walkley-Black).

Aplicou-se superficialmente, nas colunas, o equivalente a 0, 1500, 3000 (necessidade de calagem), 6000 e 12000 kg.ha⁻¹ de carbonato de cálcio p.a. (99% de CaCO₃) ou silicato de cálcio fornecido pela empresa Rockfibras (18% de CaO e 40% de SiO₂), num delineamento em blocos casualizados com 4 repetições, em esquema fatorial 2 × 5 (dois materiais e cinco doses). As colunas foram deixadas em repouso por 15 dias, ao ar livre, aplicando-se 12 litros de água para proporcionar uma maior reatividade dos materiais corretivos com o solo.

A cultivar de soja utilizada foi a BRS/MG-68 “Vencedora” a qual apresenta um hábito de crescimento determinado; altura média de plantas de 80 cm; altura média de inserção das vagens de 15 cm; flores de coloração roxa; pubescência de coloração marrom; hilo de coloração preta; boa resistência ao acamamento; boa qualidade de sementes; resistência à Mancha “Olho de Rã”, à Pústula Bacteriana, ao Crestamento Bacteriano, ao Oídio, e ao Cancro da Haste. Esta cultivar também se apresenta tolerante ao ataque dos nematóides formadores de galhas (*Meloydogine incognita* e *M. javanica*), porém,

susceptível ao ataque do nematóide do cisto (*Heterodera glycines*). A semeadura desta cultivar na região é indicada a partir de 15 de outubro, exigindo solos de alta fertilidade e população de plantas de 240.000 a 280.000 plantas por hectare (SEMENTES CAROL, 2004).

As sementes foram previamente inoculadas com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium japonicum*. Nos tambores, foram semeadas em 23/12/2003, 30 sementes de soja cultivar BRS/MG-68, em duas linhas (0,25 cm de espaçamento), permanecendo 5 plantas/linha, após o desbaste. No entanto, as sementes e plantas de soja não foram tratadas com fungicida, em razão de haver um monitoramento do desenvolvimento de doenças no decorrer do ciclo. O experimento foi conduzido ao ar livre, no intuito de simular as condições de plantio direto no campo e de rotação com a cultura da cana-de-açúcar. Para tal, aplicou-se na superfície do solo dos tambores, o equivalente a 10 Mg.ha⁻¹ de palha de cana-de-açúcar. O solo dos vasos foi mantido úmido através da precipitação pluviométrica natural e pela irrigação (água natural) nas épocas de estiagem. Apesar da presença de silício em níveis consideráveis, utilizou-se a água natural na irrigação, porque o grande volume de água necessário (até 5 litros/vaso) para o experimento impossibilitaria o uso de água destilada.

Durante o ciclo da soja não foram feitas aplicações com fungicidas. Aplicou-se apenas inseticida para o controle de pragas (percevejo verde - *Nezara viridula*). A avaliação de doenças (míldio - *Peronospora manshurica*, mancha “Olho de Rã” - *Cercospora sojina* e ferrugem asiática - *Phakopsora pachyrhizi*) na cultura foi realizada aos 47, 66 e aos 79 dias após a emergência (DAE). Selecionaram-se 3 plantas/vaso, efetuando-se a avaliação da doença conforme a metodologia descrita por Kranz (1990). Assim, o critério utilizado foi a

incidência, expressa em termos de percentagem de área foliar (3 plantas/vaso) afetada pelo patógeno.

A coleta das plantas de soja para fins de análise foliar foi realizada na época do florescimento (R_1), colhendo-se 30 folhas recém maduras sem pecíolos (3^a folha a partir do ápice da haste principal). Na soja foi analisado apenas o teor foliar de Si pelo método amarelo (ELLIOT; SNYDER, 1991).

A colheita seria efetuada manualmente aos 120 dias da semeadura. No entanto, a incidência de *Phakopsora pachyrhizi* (ferrugem asiática) comprometeu o desenvolvimento e a produtividade da soja no experimento, inviabilizando as avaliações subseqüentes. Assim, cortou-se a parte aérea das plantas de soja e mantiveram-se os restos culturais na superfície do solo.

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa SANEST e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos teores de silício no tecido vegetal da soja (Figura 1) demonstraram, de modo geral, que a soja, cultivada nos tratamentos onde aplicou-se CaCO_3 , acumulou pouco silício nas folhas, porque o carbonato de cálcio não apresenta silício em sua composição, além de que a soja é uma planta não acumuladora de silício, pois acumula menos de 0,5% de SiO_2 no tecido vegetal (MARCHNER, 1995). No entanto, nos tratamentos onde foi aplicado silicato, observaram-se maiores teores foliares de Si nas parcelas comparativamente ao carbonato de cálcio.

A aplicação de silicato de cálcio aumentou a concentração de silício foliar da soja em até 1,70 vezes variando de 0,34 a 0,55% quando se aplicou silicato, respectivamente, nas doses de 0 e 12 $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Figura 1). Os valores mencionados foram superiores aos encontrados (0,02 a 0,45 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) por Grothge-Lima et al. (1998), quando aplicaram-se doses de 0 e 100 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de Si (metasilicato de sódio - $\text{Na}_2\text{SiO}_3\cdot 5\text{H}_2\text{O}$) em solução nutritiva. Essas diferenças ocorreram porque as folhas foram amostradas no terceiro par de folhas, no período de florescimento da cultura (estádio R_1), enquanto que Grothge-Lima et

al. (1998), realizaram a amostragem nas hastes e folhas no estágio V₁ da cultura. Assim, o maior período de crescimento e as partes da planta analisadas podem explicar os diferentes teores de Si entre os dois trabalhos. Provavelmente, esse incremento nos teores de silício nos tratamentos onde aplicou-se silício foram significativos porque o solo (Neossolo Quartzarênico Órtico) estudado apresenta uma baixa disponibilidade natural de silício (0,6 mg.dm⁻³).

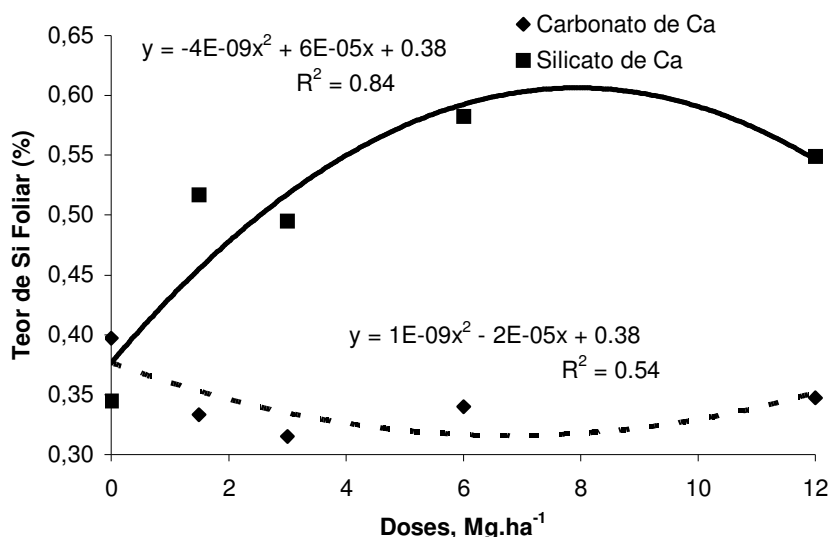


Figura 1. Concentração de silício (%) na folha da soja cultivar BRS/MG-68, em função da aplicação de doses crescentes de carbonato de cálcio e carbonato de cálcio.

Esse incremento na concentração de silício foliar na soja, nos tratamentos onde aplicou-se silício, é desejável, uma vez que o fornecimento do Si tem contribuído na redução dos níveis de infecção de *Fusarium semitectum* e *Phomopsis phaseoli* nas plantas de soja (JULIATTI et al., 2003). Em plantas de pepino, o Si age no tecido hospedeiro afetando os sinais entre o hospedeiro e o patógeno, resultando em uma ativação mais rápida e extensiva dos mecanismos de defesa da planta, provavelmente em função da produção de

fitoalexinas (SAMUELS et al., 1991; CHÉRIF et al., 1994) produzidas nas plantas após o ataque de microrganismos ou estresse, que podem agir como substâncias inibidoras ou repelentes, desempenhando função importante na resistência às doenças de plantas e aos insetos.

Observando-se a incidência de *Peronospora manshurica* - míldio (Figura 2a), nas folhas de soja, aos 47, 66 e 79 dias após a semeadura, percebe-se que a doença não foi controlada nas parcelas onde aplicou-se carbonato de cálcio (Figura 2 b, c, d). No entanto, observa-se que nos tratamentos onde aplicou-se silicato, houve uma redução da incidência do míldio, aos 47 dias após a emergência (Figura 2b), de 85% (Testemunha) para até 65% (12 Mg.ha⁻¹ de silicato), indicando a eficiência do silício no controle da doença na primeira avaliação.

Provavelmente, isso ocorreu em função do maior acúmulo de silício no tecido foliar da soja nos tratamentos onde aplicou-se silicato (Figura 1). É de se esperar que, a nível de campo, essa redução no nível da doença na primeira avaliação possa resultar em uma possível redução no número de aplicações de fungicida, nas áreas onde há aplicação silicato de cálcio no solo.

No entanto, aos 66 dias da semeadura, ocorreu um menor controle da incidência *Peronospora manshurica*, em todo o experimento (Figura 2c). Apesar de não apresentar diferença estatística entre os tratamentos, onde aplicou-se carbonato de cálcio a incidência da doença tendeu a ser maior (90 a 100%) que nos tratamentos onde aplicou-se silicato de cálcio (81 a 92%). Isso era esperado, uma vez que na primeira avaliação a aplicação de silicato foi mais eficiente no controle da doença.

Algum controle da doença pelo carbonato de cálcio já era previsto, uma vez que a maior concentração de cálcio presente no carbonato de cálcio (55% CaO), em relação ao silicato utilizado (18% de CaO), pode ter contribuído no aumento da resistência (pectatos de cálcio) da membrana plasmática à penetração das hifas do fungos nas células do tecido vegetal, reduzindo a incidência do míldio (SALISBURY; ROSS, 1991; MARSCHNER, 1995).

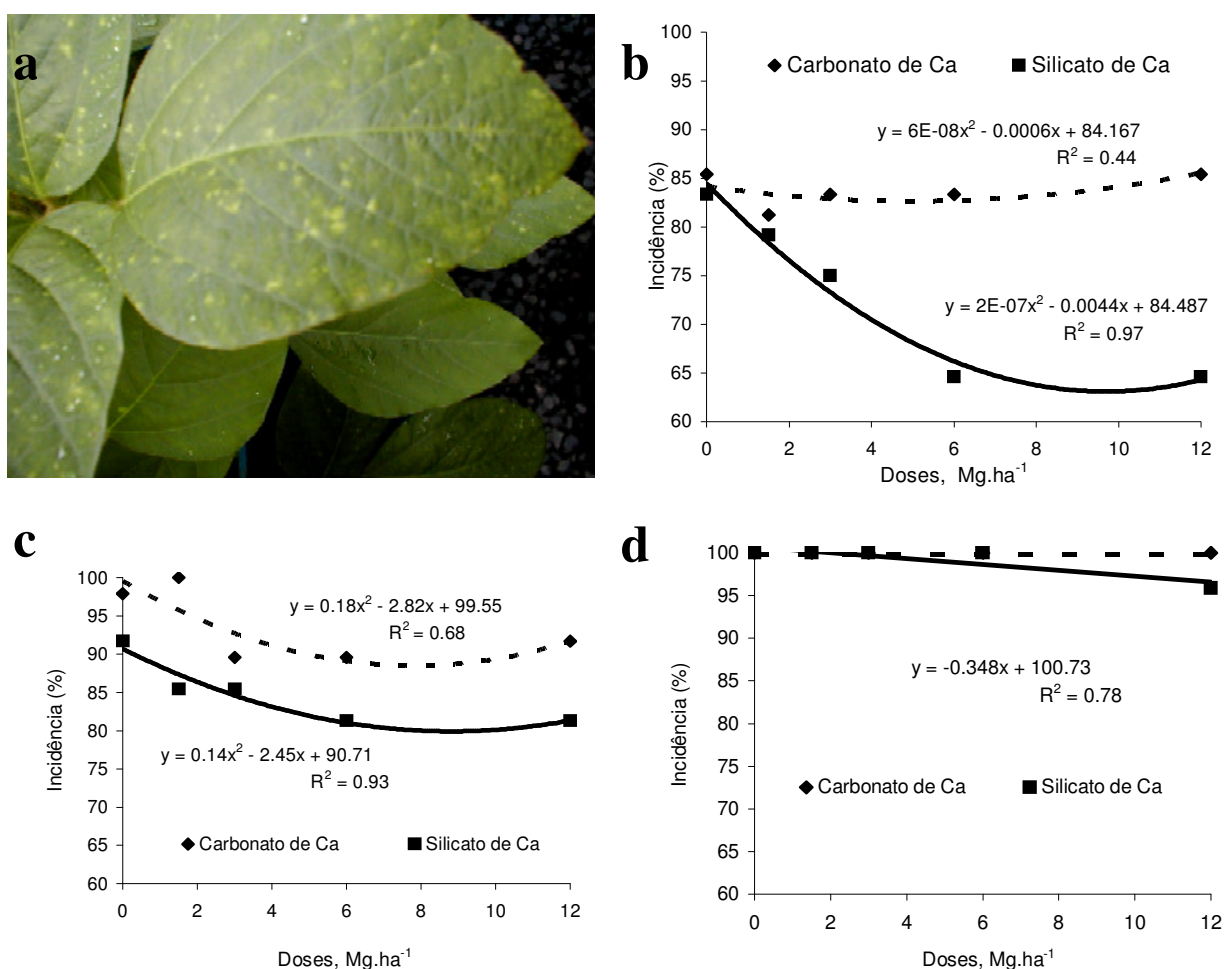


Figura 2. Diagnose visual (a) e incidência (%) de *Peronospora manshurica* na folha da soja cultivar BRS/MG-68 aos 47 (b), 66 (c) e aos 79 (d) dias após a emergência em função da aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio e carbonato de cálcio.

Já aos 79 dias após a semeadura, a incidência do míldio onde aplicou-se carbonato de cálcio foi de 100% em todas as parcelas (Figura 2d). Da mesma forma, nos tratamentos onde se aplicou silicato, a incidência aproximou-se de 100% em todas as parcelas, variando de 96 a 100%.

Conforme já observado por Korndörfer et al. (2003), a utilização de fontes de silício no solo não elimina completamente a incidência de doenças, no entanto, conforme observado no presente trabalho, o uso de silício pode auxiliar na redução de doenças nos períodos iniciais. Isso é desejável, uma vez que o controle da doença com fungicidas pode ser retardado, sendo possível, a redução no número de aplicações, o que reduz o custo de produção da lavoura e possibilita um maior retorno econômico ao produtor.

A *Cercospora sojina* foi outra doença que surgiu durante o ciclo da cultura (Figura 3a). Apesar da variedade de soja BRS/MG-68 apresentar resistência à Mancha “Olho de Rã” (SEMENTES CAROL, 2004), observou-se a incidência da doença no experimento, provavelmente devido às condições do meio-ambiente e a condução do trabalho em vasos.

De modo geral, comparando-se a incidência nas folhas de soja, aos 47, 66 e 79 após a semeadura, observa-se que o carbonato de cálcio controlou muito pouco a doença (Figura 3b, c, d). Nos tratamentos onde aplicou-se silicato, porém, houve uma redução significativa da incidência da cercosporiose aos 47 dias (Figura 3b), de 81% (Testemunha) para até 14% (12 Mg.ha⁻¹ de silicato), indicando a importância do uso de silício controle da mancha “Olho de Rã” na primeira avaliação. Esse efeito na redução da doença é interessante, pois caso não seja controlada, a cercosporiose pode reduzir o rendimento da soja em até 22% (GUPTA, 2004).

Comparativamente ao míldio (redução de 85% para 65% - 12 Mg.ha⁻¹ de silicato - Figura 2b), pode-se afirmar que o uso de silício foi muito eficiente no controle de *Cercospora* (redução de até 14% - Figura 3b). Essa redução na incidência de mancha “Olho de Rã” (Figura 3b) é inversamente proporcional à concentração de silício folhar (Figura 1), ou seja, o aumento na concentração de silício reduziu a incidência de *Cercospora sojina*.

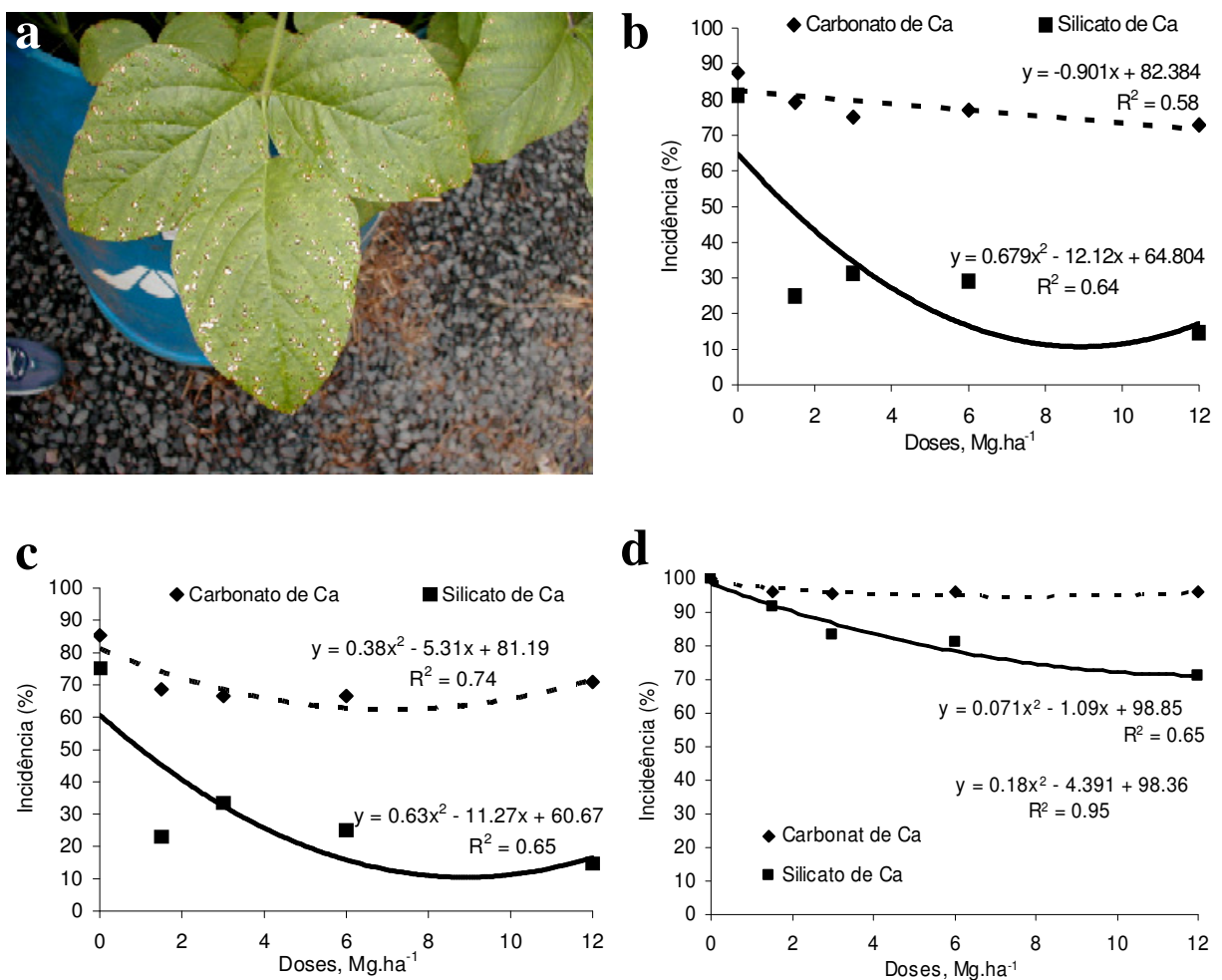


Figura 3. Diagnóse visual (a) e nível de incidência (%) de *Cercospora sojina* na folha da soja cultivar BRS/MG-68 aos 47 (b), 66 (c) e aos 79 (d) dias após a emergência em função da aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio e carbonato de cálcio.

Apesar de a soja acumular pouco silício no tecido foliar (até 0,55%), os resultados obtidos neste trabalho parecem indicar que o Si reduziu o ataque do fungo (*Cercospora sojina*) nas folhas de soja. Provavelmente o acúmulo de silício no tecido foliar afetou os sinais entre o hospedeiro e o patógeno, contribuindo para dificultar o metabolismo do fungo e ativar rapidamente as formas de defesa da planta, da mesma forma como observado em plantas de pepino (SAMUELS et al., 1991; CHÉRIF et al., 1994; MARSCHNER, 1995; KORNDÖRFER et al., 2003).

Assim, é importante destacar que a presença de silício no tecido foliar pode ser fundamental para o aumento da resistência das plantas às doenças em função da síntese de toxinas (fitoalexinas), que pode agir como substâncias inibidoras ou repelentes dos agentes causadores de moléstias (MARSCHNER, 1995; GROTHGE-LIMA, 1998; KONRDÖRFER et al., 2003).

Aos 66 dias da semeadura, como esperado, o uso de carbonato de cálcio foi pouco eficiente no controle de *Cercospora sojina* (Figura 3c). Já a maior resistência à cercosporiose nos tratamentos onde aplicou-se silicato se manteve no mesmo nível de controle aos 47 (Figura 3b) e 66 dias (Figura 3c) da semeadura, variando de 75% (Testemunha) para até 14% (12 Mg.ha⁻¹ de silicato) - (Figura 3c). Essa redução significativa na incidência da doença demonstra a eficiência do silício durante parte do ciclo da cultura (47 a 66 DAE).

Esses resultados concordam com Juliatti et al. (1996), que encontrou maior controle de *Cercospora carotae* e *Alternaria dauci* nos tratamentos onde aplicaram-se fontes de silício. Assim, pode-se esperar uma expectativa de redução do número de aplicações de fungicidas para controlar a mancha “Olho de Rã” quando aplica-se silício. Na cultura da

soja, Juliatti et al. (2004) também observaram o controle de até 50% na infecção por *Fusarium semitectum* e *Phomopsis phaseoli* quando aplicaram-se fontes de silício no solo. Santos (2002) e Pozza e Pozza (2003) também observaram a eficiência do silício na redução da intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em plantas de café. Provavelmente, o mecanismo de resistência do hospedeiro contra o patógeno tenha sido pela barreira bioquímica (BÉLANGER; BEHAMOU; MENZIES, 2003), ou seja, pela produção de compostos fenólicos, quitinases e peroxidases (CHÉRIF et al., 1994; FAWE, et al., 1998; EPSTEIN, 1999).

Da mesma forma como observado para o míldio, a incidência da cercosporiose aumentou aos 79 dias da semeadura (Figura 3d). Nos tratamentos onde aplicou-se carbonato de cálcio não houve controle da cercosporiose, pois a incidência da doença foi superior a 96% em todas as parcelas.

Nos tratamentos onde aplicou-se silicato, por sua vez, houve um pequeno controle na incidência, variando de 100 (testemunha) a 71% (12 Mg.ha⁻¹ de silicato). Provavelmente isso ocorreu em função de não ter sido utilizada nenhuma medida de controle de doenças, além de o ensaio ter sido conduzido ao ar livre, o que favorece a proliferação dos fungos. Além disso, é importante observar que aos 79 dias de semeadura, a soja já estava em floração (R₁), e na fase entre a floração e o enchimento de grãos a necessidade de água e nutrientes é máxima (COSTA, 1996).

Assim, pode-se inferir que a alta demanda por nutrientes pela soja nessa fase possa estar reduzindo a resistência natural da soja ao ataque de doenças como o míldio (Figura 2d) e cercosporiose (Figura 3d).

Conforme já observado por Korndörfer et al. (2003), a utilização de fontes de silício no solo não elimina a incidência de doenças. No entanto, da mesma forma como observado por Juliatti & Korndörfer (2003), os resultados da incidência de doenças na soja podem indicar que, a nível de campo, o uso de silício no solo tem sido importante para a redução do número de aplicações de fungicidas para o controle de doenças no início do cultivo, o que pode aumentar a economia do produtor rural.

Atualmente, a *Phakopsora pachyrhizi* é uma doença que tem preocupado a comunidade científica (Figura 4), pois em função da agressividade e rápida capacidade de disseminação na soja, na safra de 2003, fizeram-se necessárias no mínimo duas aplicações de fungicida em 80% da área de soja, exigindo ação imediata e gastos elevados (YORINORI, 2004; OLIVEIRA, 2004; JULIATTI et al., 2004).



Figura 4. Diagnose visual de *Phakopsora pachyrhizi* na folha aos 79 dias após a emergência da soja cultivar BRS/MG-68.

No ensaio testado, não houve incidência da ferrugem asiática aos 47 e 66 dias após a emergência. No entanto, em função da rápida infecção e desenvolvimento da doença, aos 79 dias, a incidência já era superior a 96,5% em todos os tratamentos, inclusive onde

aplicou-se silicato de cálcio (Figura 5). Provavelmente, esse aumento na disseminação da ferrugem asiática aos 79 dias de semeadura ocorreu porque a soja estava na fase de floração (R1) e, segundo Julliat et al. (2004), é comum ocorrer nessa fase a incidência da ferrugem asiática. Esperava-se que a acumulação de silício nas folhas de soja (Figura 1) cultivada nos tratamentos onde aplicou-se silicato de cálcio, como observado para a cercosporiose e o míldio, apresentasse eficiência no controle da ferrugem.

No intuito de testar a ação do silício no controle das doenças, inicialmente a doença não foi controlada. Porém, a doença foi tão severa que em 7 dias a doença se propagou em todo experimento (Figura 5), levando à queda prematura das folhas, abortamento das vagens e ao comprometimento total da produção das sementes. E conforme observado por Yorinori (2004), a maneira recomendada para controle da *Phakopsora pachyrhizi*, é a utilização correta de dosagens adequadas de fungicidas, capazes de controlar a doença.

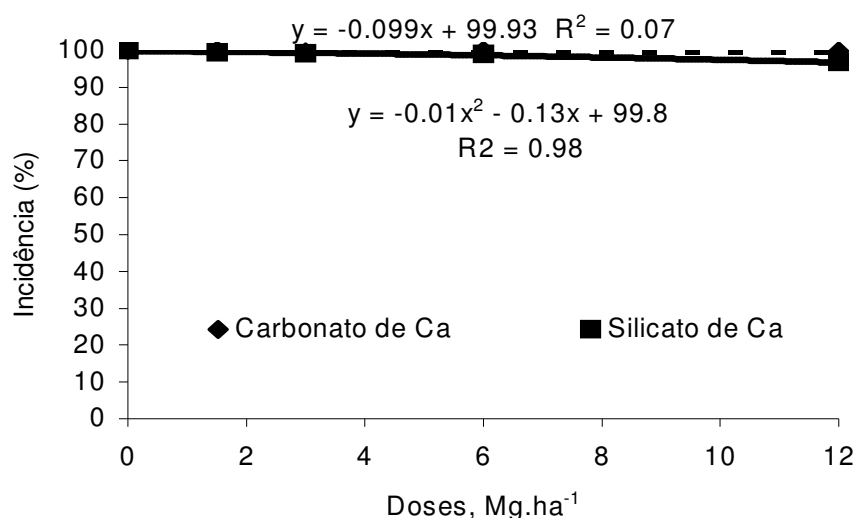


Figura 5. Nível de incidência (%) de *Phakopsora pachyrhizi* na folha da soja cultivar BRS/MG-68 aos 79 (d) dias após a emergência, em função da aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio e carbonato de cálcio.

Pode-se inferir que um dos fatores que levaram ao aumento na incidência de *Cercospora sojina* (Figura 2) e *Peronospora manshurica* (Figura 3) aos 79 dias após a semeadura pode ter sido a ação agressiva da ferrugem asiática na soja (Figura 5), o que afetou o desenvolvimento normal das culturas e favoreceu a ação das doenças, inclusive nos tratamentos onde aplicaram silicato. Isso indica que o uso de silício pode ser eficiente no controle da incidência de doenças que não sejam agressivas, como a cercosporiose e o míldio.

4. CONCLUSÕES

A aplicação de doses crescentes de silicato de cálcio proporcionou um aumento na concentração de silício no tecido foliar.

O carbonato de cálcio não reduziu a incidência de *Cercospora sojina*, *Peronospora manshurica* e *Phakopsora pachyrhizi*.

A aplicação de silicato de cálcio foi eficiente na redução da incidência de *Peronospora manshurica* aos 47 e 66 dias após a semeadura da soja, assim como foi eficiente no controle de *Cercospora sojina* aos 47, 66 e 79 dias após a semeadura da soja, no entanto aplicação do silicato de cálcio demonstrou-se pouco eficiente na redução da incidência de *Phakopsora pachyrhizi*.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BÉLANGER, R.R.; BEHAMOU, N.; MENZIES, J.G. Cytoilological evidence of an active role of silicon on Wheat resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis f.sp. tritici*) **Phytopathology**, St.Paul, v. 23, p. 402-412, 2003.
- CHÉRIF, M.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R.R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. **Phytopathology**, v. 84, n.3, p.236-42, 1994.
- COSTA, J. A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: Evangraf, 1996. 233p.
- DIXON, R.A. The fitoalexin response: elicitation, signaling and control of host gene expression. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v.61, p. 239-291, 1986.
- ELLIOTT, C.L.; G.H. SNYDER. 1991. Autoclave-induced digestion for the colometric determination of silicon in rice straw. **Journal of agriculture food chem**, v. 39, p.1118-1119.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of plant physiology and plant molecular biology**. Palo Alto, v.50, n.7, p. 729-732, 1999.
- FAWE, A.; ABOU-ZAID, M.; MENZIES, J.G. et al. Silicon-mediated accumulation on flavonoid phytoalexins in cucumber. **Phytopatology**, St Paul, v. 88, n. 5, p. 396-401, 1998.
- FOSKET, D.E. **Plant growth and development: a molecular approach**. San Diego: Academic Press, 1994. 580p.
- GROTHGE-LIMA, M.T. **Interrelação cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum f. sp. meridionalis*), nodulação (*Bradyrhizobium japonicum*) e silício em soja [*Glycine max (L.) Merrill*]**. Piracicaba, 1998. 58p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- GUPTA, G.K. Major soybean diseases in India: economic impact and control strategies adopted. In: VII WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, IV INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, III BRAZILIAN SOYBEAN CONGRESS. **Proceedings...**, Foz do Iguaçu - PR, 2004, p 624-630.
- HAHLBROCK, K.; SCHEEL, D. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.40, p.347-369, 1989.

- HARTWIG, E.E. Registration of near isogenic soybean germoplasm lines D68-0099 and D68-0102, differing in ability to form nodules. **Crop Science**, v.34, n.3, p.822, 1994.
- JONES, L.H.P.; HANDRECK, K.A. Silica in soils, plants, and animals. **Advances in agronomy**, v. 19, p. 107-149, 1967.
- JULIATTI, F.C.; KORNDÖRFER, G.H. Uso do silício no manejo integrado de doenças de plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, Lavras, 2003. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003. (CD ROM).
- JULIATTI, F.C.; BORGES, E.N.; PASSOS, R.R.L et al. Doenças da soja. **Cultivar**, Pelotas, v.45, p. 3-14, 2003.
- JULIATTI, F. C., POLIZEL, A. C., JULIATTI, F.CRISTINA **Manejo Integrado de doenças na cultura da soja**. Uberlândia: Composer Gráfica e editora, 2004, 327 p.
- JULIATTI, F.C.; RODRIGUES, F. de A; KORNDÖRFER, G.H.; SILVA, O de A; PEIXOTO, J.R. Efeito do silício na indução de resistência a *Diaporthe phaseolorum* f.sp. *meridionalis* em cultivares de soja com diferentes níveis de resistência. **Fitopatologia Brasileira**, v.21 (suplemento), 1996.
- KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. - **Silicatos de Cálcio e Magnésio na Agricultura**. 3.ed. Uberlândia, GPSi/ICIAG/UFU, 2003. 28 p. (Boletim Técnico, 1).
- KRANZ, J. Monitoring epidemics: disease. In: CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease**, New York: John Wiley & Sons, 1990. p.107-128.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of higher plants**. 2^a ed. New York: Academic Press Inc., 1995. 887p.

- MENZIES, J.G.; BELANGER, R.R. Recent advances in cultural management of diseases of greenhouse crop. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 18, p. 186-93, 1996.
- 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.
- MORGAN-JONES, G. The Diaporthel Phomopsis complex: taxonomic considerations. In: WORLD RESEARCH CONFERENCE, 4, Buenos Aires, 1989. **Proceedings**. Buenos Aires: Asociacion Argentina de la Soya, 1989. p. 1694-706.
- MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of soybean plants in a solution culture. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 31, p.625-636, 1995.
- OLIVEIRA, A.C.B. de Ferrugem da soja: safra 2002/2003 na Bahia In: VII WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, IV INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, III BRAZILIAN SOYBEAN CONGRESS. **Proceedings...**, Foz do Iguaçu - PR, 2004, p 1308-1312.
- PETERS, N.K.; VERMA, D.P.S. Phenolic compounds as regulators of gene expression in plant-microbe interaction. **Molecular Plant Microbe Interactions**, v.3, p.4-8, 1990.
- POZZA, E.A.; POZZA, A. A. A. Manejo de doenças de plantas com macro e micronutrientes. **Fiopatologia brasileira**, v. 28 (suplemento), p. S52-S54, 2003.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4.ed. California: Wadsworth Publishing, 1991. 682 p.
- SAMUELS, L.; GLASS, A.D.M.; EBRET, D.L.; IMNZIES, J.G. Mobility and deposition of silicon in cucumber - plants. **Plant and Cell Environment**, v. 14, p. 485-92, 1991.

SANTOS, D.M. **Intensidade do silício na intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**, 2002, 43 f.
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SEMENTES CAROL, **Cultivares de soja**. Disponível em:

<<http://www.carol.com.br/cj11.htm>> Acesso em 01 ago. 2004.

YORINORI, J.T. Ferrugem da soja: panorama geral. In: VII WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, IV INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, III BRAZILIAN SOYBEAN CONGRESS. **Proceedings...**, Foz do Iguaçu - PR, 2004, p 1299-1307.