

**INFLUÊNCIA DO SILÍCIO NA INTENSIDADE
DA ANTRACNOSE, NA COMPOSIÇÃO
QUÍMICA E NA QUALIDADE DAS
SEMENTES DE FEIJOEIRO**

ANDRÉ DELLY VEIGA

2008

ANDRÉ DELLY VEIGA

**INFLUÊNCIA DO SILÍCIO NA INTENSIDADE DA ANTRACNOSE, NA
COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NA QUALIDADE DAS SEMENTES DE
FEIJOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, área de concentração
Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Veiga, André Delly.

Influência do silício na intensidade da antracnose, na
composição química e na qualidade das sementes de feijoeiro /
André Delly Veiga. -- Lavras : UFLA, 2008.

87 p. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Renato Mendes Guimarães.

Bibliografia.

1. Feijão. 2. Semente. 3. Composição química. 4. Qualidade. 5.
Adubação. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.65221

ANDRÉ DELLY VEIGA

**INFLUÊNCIA DO SILÍCIO NA INTENSIDADE DA ANTRACNOSE, NA
COMPOSIÇÃO QUÍMICA E NA QUALIDADE DAS SEMENTES DE
FEIJOEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, área de concentração
Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 7 de março de 2008

Prof. Dr. João Almir Oliveira	UFLA
Prof. Dr. Messias José Bastos de Andrade	UFLA
Dr. Antônio Rodrigues Vieira	EPAMIG
Dra. Vanda Maria de Oliveira Cornélio	EPAMIG

Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães
DAG/UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

Aos meus familiares e amigos,
A minha namorada Patrícia,

OFEREÇO.

Aos meus pais, Ruben e
Elizabeth e meu irmão, Adriano,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua Divina Providência e Luz em minha vida.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realização do doutorado.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Renato Mendes Guimarães, pela orientação e confiança durante a realização do trabalho.

Ao Professor João Almir Oliveira, pela amizade e colaboração.

À Profa. Édila Vilela de Resende Von Pinho, pelas valiosas contribuições.

À Professora Maria Laene Moreira de Carvalho, pelos ensinamentos.

Ao Professor Messias José de Bastos Andrade, pelos ensinamentos sobre a cultura do feijoeiro.

Aos professores do Departamento de Fitopatologia, Édson Ampélio Pozza e José da Cruz Machado, pelas orientações.

Ao Professor Evaristo Mauro de Castro e ao aluno de doutorado Carlos Vinício Vieira, pelo auxílio na realização nos estudos anatômicos.

Aos amigos Cláudio e Cristiano, pela ajuda nos trabalhos no Laboratório de Patologia de Sementes.

Aos senhores Luís Yabase, Leonardo Queiroz e Vinícius Aguiar, da Agrichem do Brasil, pelo fornecimento do Supa Potássio e pelo auxílio durante a realização do trabalho.

Aos amigos Marcinho e Isidoro, pelo preparo do solo para a implantação do experimento.

Aos funcionários do Setor de Grandes Culturas: João Pila, Manguinho, Alessandro, Júlio e Agnaldo, pelo auxílio na condução do experimento no campo.

Ao Professor Ruben Delly Veiga, meu pai, pela contribuição nas análises estatísticas.

Às funcionárias do Laboratório de Sementes da UFLA, Dona Elza, Elenir, Andréa e Dalva, pela disponibilidade e atenção durante a realização do curso.

Aos bolsistas de iniciação científica, Felipe de Lima Vilela e Rafael Parreira Diniz, pela incansável ajuda.

MUITO OBRIGADO !

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	I
ABSTRACT.....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
2.1 A cultura do feijoeiro.....	2
2.2 A antracnose do feijoeiro.....	4
2.3 O elemento silício e a legislação vigente	5
2.3.1 O silício no solo.....	6
2.3.2 O silício nas plantas.....	10
2.3.3 O silício no controle de doenças.....	15
2.4 Relações entre potássio e resistência a doenças.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Localização, solo e clima.....	26
3.2 Delineamento estatístico, tratamentos e detalhes das parcelas.....	29
3.3 Instalação e condução do experimento.....	30
3.4 Características avaliadas.....	31
3.5 Análises estatísticas.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5 CONCLUSÕES.....	56
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXOS	67

RESUMO

VEIGA, André Delly. **Influência do silício na intensidade da antracnose, na composição química e na qualidade das sementes de feijoeiro.** 2008. 87 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Neste trabalho foi avaliada a influência da adubação silicatada sobre a qualidade fisiológica, sanitária e química, a atividade enzimática, a intensidade da antracnose e a organização estrutural de sementes feijoeiro. A pesquisa foi desenvolvida nos Laboratórios de Análises e de Biotecnologia do Setor de Sementes, na área experimental do Departamento de Agricultura, no Laboratório de Patologia de Sementes, do Departamento de Fitopatologia e no Laboratório de Anatomia Vegetal, do Departamento de Biologia, todos na Universidade Federal de Lavras (UFLA) Sementes de feijoeiro da cultivar BRS MG Majestoso foram produzidas sob 5 doses de aplicação foliar de Supa Potássio[®] (0; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 L . ha⁻¹), o qual possui 20% de SiO₂ e 15% de K₂O, e na presença e ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em parcela subdividida, com quatro repetições, mais um tratamento extra, na parcela com fungo, sendo as plantas pulverizadas com o fungicida Dithane[®]. Foram avaliadas a germinação, a qualidade sanitária pelo blotter test, a condutividade elétrica, a matéria seca de plântulas, a atividade das enzimas esterase, peroxidase e superóxido dismutase e a lixiviação de potássio. Foram realizados, ainda, a germinação em rolo de papel para a detecção de *C. lindemuthianum*, a determinação do conteúdo de lignina e do teor de macro e micronutrientes em folhas e sementes, a descrição morfológica em microscopia de luz e a avaliação da severidade da antracnose nas folhas e nas vagens. Sementes de plantas adubadas com silício na dose 3,2 L.ha⁻¹ têm maior espessura do tegumento. Sementes de plantas adubadas com silício na dose 3,2 L . ha⁻¹ têm menor incidência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. O teor de zinco nas sementes é influenciado pela adubação com silício via foliar. O teor de nitrogênio nas folhas é aumentado pela adubação com silício via foliar. Os teores de cálcio e magnésio nas sementes são influenciados pela presença do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. A aplicação de silício em plantas de feijoeiro diminui a intensidade de ataque do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*, tanto nas folhas quanto nas vagens. Menor incidência de

* Comitê Orientador: Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães- UFLA (Orientador), Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA.

Fusarium é encontrada em sementes oriundas de plantas adubadas com silício. A atividade das enzimas esterase, peroxidase e superóxido dismutase, a germinação e a lixiviação de potássio de sementes de feijoeiro não são afetadas pela adição de silício via foliar.

ABSTRACT

VEIGA, André Delly. **Influence of Silicon on the anthracnose intensity, on the chemical composition and on the quality of bean seeds.** 2008. 87 p. Thesis (Doctorate in Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.*

In this work, the influence of silicon fertilization on the physiological, sanitary and chemical quality, the enzyme activity, the anthracnose intensity and on the structural intensity of bean seeds was evaluated. The research was developed in the Analysis and Biotechnology Laboratories of Seed Sector, in the experimental area of the Agriculture Department, in the seed pathology laboratory of the Phytopathology Department and in the Plant Anatomy laboratory of the Biology Department of the UFLA. Bean seeds of the cultivar BRS MG Majestoso were produced under 5 doses of leaf application of Supa Potássio[®] (0; 0.8; 1.6; 2.4 and 3.2 L . ha⁻¹), which possesses 20% of SiO₂ and 15% of K₂O, and in the presence and absence of the fungus *Colletotrichum lindemuthianum*. The experimental design was the one of randomized blocks in split plot with four replicates, more one additional treatment, in the plot with fungus, the plants being sprayed with the fungicide Dithane[®]. Germination, sanitary quality by blotter test, electric conductivity, dry matter of seedlings, the activity of the enzymes esterase, peroxidase and superoxide dismutase and potassium leaching were evaluated. Further, the paper roll germination for detection of *C. lindemuthianum*, the determination of the lignin content and the content of macro and micronutrients in leaves and seeds, the morphologic report in light microscopy and the evaluation of anthracnose severity on leaves and pods were accomplished. Seeds produced under 3.2 L . ha⁻¹ of Supa Potássio[®] present larger thickness of the seedcoat. Seeds produced under 3.2 L . ha⁻¹ of Supa Potássio[®] present reduced incidence of the fungus *C. Lindemuthianum*. The zinc content in seeds is influenced by the fertilization with silicon via foliar. The nitrogen content in leaves is increased by the fertilization with silicon via foliar. The contents of calcium and magnesium in seeds are influenced by the presence of the fungus *C. lindemuthianum*. The application of silicon on bean plants decrease the intensity of the attack by the fungus *Colletotrichum lindemuthianum* both in leaves and in pods and provides less incidence of *Fusarium* in bean seeds. The activity of the enzymes esterase, peroxidase and superoxide dismutase, germination and

* Guidance Committee: Prof. Dr. Renato Mendes Guimarães - UFLA (Adviser), Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho – UFLA.

potassium leaching of bean seeds are not affected by the addition of silicon via foliar.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de feijão, cultura de grande importância, principalmente social, por ser componente básico da dieta humana e fonte de proteína para as classes menos favorecidas. Na safra 2006/2007, foram cultivados no Brasil mais de 4 milhões de hectares, com uma produção de 3,3 milhões de toneladas de grãos nas três safras (Companhia Nacional de Abastecimento, Conab, 2008). No entanto, a taxa de utilização de sementes certificadas é muito baixa, correspondendo a 13% na safra 2005/2006, o que é explicado pelo fato de a grande maioria dos produtores ser de pequeno porte, além da grande diversidade de tipos de feijão cultivados em cada região do Brasil (Associação Brasileira de Sementes e Mudas, Abrasem, 2006).

Apesar do pequeno interesse das empresas privadas na produção de sementes de feijoeiro em larga escala, devido à pequena demanda por parte dos agricultores, muitas pesquisas têm sido realizadas visando à produção de sementes com elevado potencial de produção, com pureza genética, sanidade e alta qualidade fisiológica.

A qualidade das sementes é a soma dos atributos físicos, fisiológicos e sanitários que podem ser afetados por diversos fatores, como a origem dessas sementes, as condições edafoclimáticas durante o processo de produção, o tipo de colheita, a taxa de secagem, as condições de armazenamento, o tratamento químico, a presença de pragas e de doenças no campo de produção, dentre outros.

A nutrição mineral pode afetar a qualidade das sementes, aumentando a sua capacidade germinativa e o seu vigor, em várias espécies. Especificamente, a adubação com silício visa à deposição de sílica amorfa em paredes celulares e contribui para as propriedades mecânicas das paredes celulares, incluindo rigidez e elasticidade. Muitas espécies de plantas acumulam quantidades

substanciais de silício em seus tecidos, apresentando maior crescimento quando a adubação silicatada é feita de forma adequada. Plantas deficientes em silício são mais suscetíveis ao acamamento e à infecção por fungos (Taiz & Zeiger, 1991).

Porém, poucos trabalhos têm sido realizados para verificar as relações de nutrientes fornecidos às plantas e qualidade das sementes produzidas. Assim, nesta pesquisa, foi avaliada a influência da adubação com silício sobre a qualidade fisiológica e sanitária, sobre a composição química e sobre a organização estrutural de sementes de feijoeiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do feijoeiro

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris L.*) é uma planta cultivada há milhares de anos pelo homem. Sua origem, até hoje, constitui fonte de divergência entre os pesquisadores. Algumas hipóteses tentam explicar não somente a origem da planta, mas também quando teria o homem começado a domesticá-la. Algumas evidências levam à hipótese de que o centro de origem da planta e sua domesticação teriam ocorrido na região da Mesoamérica, por volta de 7000 anos a.C., uma vez que cultivares selvagens foram encontradas nessa região, mais especificamente no México (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, 2008).

A importância do feijão na alimentação humana é comprovada em relatos que remontam aos primeiros registros históricos de que se têm notícia. O feijoeiro era cultivado no Antigo Egito e na Grécia, onde recebia cultos em sua homenagem, por ser considerado símbolo da vida. Já os antigos romanos usavam o feijão em suas festas e, até mesmo, como forma de pagamento para

apostas.

Cultivado por pequenos e grandes produtores, em diversificados sistemas de produção e em todas as regiões brasileiras, o feijoeiro comum reveste-se de grande importância econômica e social. Dependendo da cultivar e da temperatura ambiente, pode apresentar ciclos variando de 65 a 100 dias, o que o torna uma cultura apropriada para compor desde sistemas agrícolas intensivos irrigados, altamente tecnificados, até aqueles com baixo uso tecnológico, principalmente de subsistência (Embrapa, 2008).

Os grãos de feijão representam importante fonte protéica na dieta humana nos países em desenvolvimento das regiões tropicais e subtropicais, particularmente nas Américas (47% da produção mundial) e no leste e sul da África (10% da produção mundial). Seu consumo “per capita” no Brasil, na década de 1970, chegou a alcançar patamares de 23-24 kg hab.⁻¹ ano⁻¹ e situou-se, em 2001, em 14,9 kg hab.⁻¹ ano⁻¹. Esta redução é atribuída, ao longo do tempo, a vários fatores. Há grandes variações regionais quanto ao gosto e à preferência por tipos de grãos consumidos (Embrapa, 2008).

O cultivo dessa leguminosa é bastante difundido em todo o território nacional, no sistema solteiro ou consorciado com outras culturas. É reconhecida como cultura de subsistência em pequenas propriedades, muito embora tenha havido, nos últimos 20 anos, crescente interesse de produtores de outras classes, adotando tecnologias avançadas, incluindo a irrigação e a colheita mecanizada. O sistema de comercialização é o mais variado possível, com predomínio de um pequeno grupo de atacadistas que concentra a distribuição da produção, gerando, muitas vezes, especulações quando ocorrem problemas na produção. A falta de informação para a comercialização do produto é um dos pontos de estrangulamento da cadeia produtiva desta cultura. Com a informatização, os produtores terão maior facilidade de acesso às informações de mercado, criando melhores possibilidades de comercialização do produto e,

conseqüentemente, gerando maior renda.

Dependendo da região, o plantio de feijão no Brasil é feito em três épocas, de tal forma que, em qualquer mês, sempre haverá produção de feijão em algum ponto do país, o que contribui para o abastecimento interno.

Em 2006/2007, a área plantada com o feijão na primeira safra, na ou safra das águas, foi inferior à cultivada na safra anterior em quase 12% e essa retração foi devido aos baixos preços recebidos pelos produtores e às baixas precipitações pluviométricas, seguidas de estiagens prolongadas e baixas temperaturas verificadas no final de agosto e setembro, época do plantio nos principais estados produtores. O estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor brasileiro de feijão, com mais de 16% da produção nacional, superado somente pelo Paraná com quase 30% (Conab, 2008).

2.2 A antracnose do feijoeiro

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) está sujeito a inúmeras doenças incitadas por fungos, podendo grande parte delas ter seus agentes causais transmitidos por sementes (Richardson, 1979). A antracnose, cujo agente causal é o fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scribner, é considerada uma das doenças mais importantes do feijoeiro transmitidas por sementes.

A antracnose apresenta ampla distribuição no Brasil, especialmente nas regiões Sul e Sudeste e em áreas serranas como as da região Sul de Minas Gerais. Nessa região, a ocorrência freqüente de temperaturas moderadas, aliadas à alta umidade, favorece o desenvolvimento da doença.

As perdas causadas pela antracnose são mais severas quando a doença ocorre no início da cultura. Se as condições ambientais forem favoráveis ao desenvolvimento do patógeno, as perdas podem chegar a 100%, inclusive com

depreciação da qualidade dos grãos (Chaves, 1980).

Os sintomas da antracnose são visualizados em todas as partes da planta. Nas sementes contaminadas pelo patógeno, lesões marrom-escuras ou negras podem ser observadas nos cotilédones logo após a emergência das plântulas. No caule e no pecíolo, as lesões têm formato elíptico, são deprimidas e escuras. Nas folhas, os sintomas mais característicos são observados na face inferior das folhas, como escurecimento ao longo das nervuras, podendo também ocorrer necrose nas áreas adjacentes às nervuras. Nas vagens, em que os sintomas são mais típicos e fáceis de serem observados, ocorrem lesões arredondadas, de coloração escura, deprimidas e de tamanho variável. No centro das lesões pode aparecer uma massa de coloração rósea, ocasionada pela produção de esporos do fungo. Algumas vagens podem chegar a murchar e secar. As sementes infectadas apresentam lesões escuras e deprimidas, de tamanhos variáveis (Moraes, 2004).

O *C. lindemuthianum* é um fungo que apresenta grande diversidade de raças patogênicas em todo o mundo (Mahuku & Riascos, 2004). Silva (2004) constatou que a maior variabilidade deste patógeno foi encontrada dentro das raças, especialmente entre isolados da raça 65, coletados no estado de Minas Gerais. Foram encontradas 19 raças, incluindo duas (337 e 593) até então não relatadas no Brasil. As raças 65, seguidas das raças 81 e 73, foram as mais frequentes, devido, principalmente, ao uso intensivo de cultivares suscetíveis ‘Pérola’ e ‘Carioca’.

2.3 O elemento silício e a legislação vigente

A ênfase atual de se fazer uma agricultura com maior sustentabilidade de recursos naturais irá afetar o modo de produção, valorizando a melhor compreensão da importância do silício na plantas. A atuação do silício nos solos e a sua reposição por meio de adubação poderão exercer efeito benéfico na

agricultura, conferindo maior tolerância da cultura ao déficit hídrico, maior resistência ao ataque de pragas e doenças, melhora na arquitetura da planta e, conseqüentemente, sua capacidade fotossintética, gerando incremento na produção das culturas.

O silício é o segundo elemento mais abundante em peso na crosta terrestre, na forma de silicatos e quartzo, em consideráveis quantidades na maioria dos solos. Contudo, o cultivo consecutivo pode diminuir o nível de Si até o ponto em que a adubação com Si seja necessária para maximizar a produção.

A sílica solúvel em solos não tem sido estudada intensamente, principalmente por não ser o silício considerado essencial às plantas. Porém, em vários estudos, tem sido demonstrado o efeito benéfico de sua aplicação em diversas culturas, como cana-de-açúcar, arroz e outras, sendo regularmente utilizado na adubação de arroz no Japão, desde a década de 1950.

A partir da constatação da importância da adubação com silício, o elemento foi incluído formalmente na relação de nutrientes necessários às plantas, o que aconteceu com o Decreto nº 4.954, de 14/01/2004, que regulamenta a Lei 6.894, alterada pela Lei 6.934 e dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes destinados à agricultura. Neste decreto, em seu primeiro capítulo, nutriente é o elemento essencial ou benéfico para o crescimento e produção dos vegetais, sendo o silício (Si) incluído nesta classificação e mais precisamente classificado como micronutriente (Brasil, 2007). A partir deste reconhecimento formal, houve significativo crescimento nas pesquisas com o elemento.

2.3.1 O silício no solo

O silício (Si) é o componente majoritário de minerais do grupo dos silicatados (Raij, 1991). É um elemento com propriedades elétricas e físicas de

um semimetal, desempenhando, no reino mineral, um papel cuja importância pode ser comparável à do carbono nos reinos vegetal e animal. Semelhante a este, porém de modo menos intenso, o Si possui a capacidade de formar longas cadeias, muitas vezes ramificadas (Lima Filho et al., 1999).

O silício é encontrado no solo como sílicas cristalinas e amorfas, como silicatos de (H_4SiO_4) e Mn, e como sílica dissolvida na solução do solo, ou seja, em formas livres e combinadas com o componente dominante da fração sólida e ou dissolvido na solução do solo (Ma et al., 2001).

As principais formas de silício no solo, passíveis de serem absorvidas pelas plantas, são o ácido monossilícico (H_4SiO_4) e o ácido polisilícico, incluindo silício adsorvido, quer seja solúvel ou precipitado junto com óxidos cristalinos de Al, Fe e Mn. A concentração e a disponibilidade de silício na solução do solo são dependentes da rocha de origem, do grau de intemperismo, do pH do solo e do teor de sesquióxidos e de outras partículas adsorventes (Takahashi, 1995).

A desestruturação dos silicatos primários e a formação de substâncias secundárias contendo silício são os principais processos envolvidos no desenvolvimento e na formação dos solos. Este é também o principal processo de fornecimento de Si para a solução do solo. Com o aumento da precipitação, ocorre diminuição da saturação por bases e no conteúdo de silício, acompanhado por uma acumulação de óxidos de ferro (Fe) e alumínio, processo este denominado de dessilicatização (Epstein, 2001).

Em regiões temperadas, os teores de silício, como SiO_2 , excedem os dos sesquióxidos de Al e Fe, ocorrendo o contrário nos solos de regiões tropicais. Alguns solos dos trópicos são altamente intemperizados e os minerais primários contendo silício já não existem mais, podendo apresentar, em alguns casos, quantidades de silício 5 a 10 vezes menores que em solos de regiões temperadas devido à ausência de minerais primários (McKeague & Cline, 1963; Foy, 1992).

Ainda são poucos os trabalhos de avaliação de silício disponível nos solos brasileiros. Rodrigues (2000) encontrou um teor de Si disponível de 14,6 mg dm⁻³, extraído com ácido acético 0,5 M nos primeiros 20 cm de um Latossolo Vermelho-Amarelo álico (LVa), de textura muito argilosa, coletado na região do Triângulo Mineiro. Carvalho (2000) obteve valor de 6 mg dm⁻³ de Si num solo classificado como Latossolo Vermelho-Escuro da região de Botucatu, São Paulo. Faria (2000), trabalhando com dois solos da região do Triângulo Mineiro, encontrou os seguintes teores de Si: no Latossolo Vermelho-Amarelo, 5,7 mg dm⁻³ e na Areia Quartzosa, 3,3 mg dm⁻³.

No Brasil, segundo Korndorfer et al. (1999), em quatro solos estudados, os teores de silício disponível seguiram a ordem decrescente: Latossolo Roxo distrófico > Latossolo Vermelho Escuro álico > Latossolo Amarelo álico > Areia Quartzosa. O nível crítico no solo foi de 9,8 mg dm⁻³ de Si para que a produção de arroz de sequeiro atingisse 90% da produção máxima.

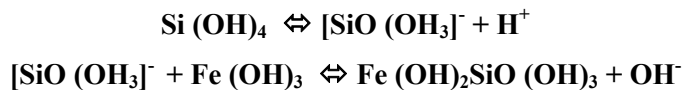
A capacidade do solo em fornecer silício para as plantas é grandemente influenciada pelo teor de argila. Meyer & Keeping (2001) encontraram correlação positiva entre os teores de silício no solo e os teores de argila, isto é, quanto maior o teor de argila do solo, maior o silício disponível para as plantas. Isso ocorre em virtude da sua adsorção aos sesquióxidos, que retêm SiO₂ e pelo grau de intemperismo do solo, mostrando que essa quantidade é diretamente dependente da estabilidade dos minerais da fase sólida. Quanto menor a estabilidade do mineral, maior é a ação do intemperismo do solo.

Quando os silicatos são decompostos, ocorre a liberação do Si na solução do solo na forma de ácido monossilícico, H₄SiO₄, desde que o pH esteja abaixo de 9. Com a troca do fosfato fixado em sesquióxidos pelo íon silicato, ocorre aumento da disponibilidade do fósforo, explicando, em parte, o efeito benéfico do silício no crescimento e na produção de algumas espécies (Malavolta, 1980). A sílica também pode acarretar diminuição da absorção

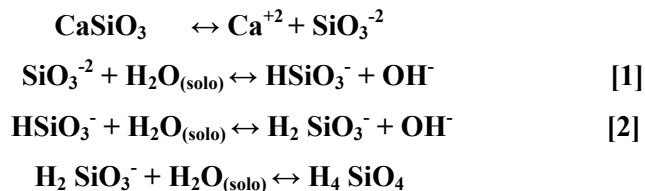
de fósforo, induzida por uma pesada adubação fosfatada.

O teor de silício decresce com o aumento do pH nas mais variadas classes de solo. Segundo Mckeague & Cline (1963), a concentração de silício solúvel em alguns solos foi de 36 e 6 mg dm⁻³, para valores de pH 6 e 9, respectivamente. Ao contrário do solo, os valores de silício na água tendem a permanecer estáveis (120 a 140 mg dm⁻³), para pH de 3 a 6, apresentando pequeno incremento para pH acima de 9 (Mckeague & Cline, 1963; Jones & Handreck, 1967). Em pH neutro e concentração acima de 140 mg dm⁻³ de silício, ocorre precipitação e a solubilidade é retomada com um acréscimo no valor do pH, formando íons silicatados (Jones & Handreck, 1967).

De acordo com Epstein (1994), a concentração de H₄SiO₄ na solução do solo pode variar de 0,1 a 0,6 mmol L⁻¹. O equilíbrio químico do silício no solo depende, principalmente, do pH, como indicado nas equações.



De acordo com Alcarde (1992), a ação neutralizante do silicato pode ser explicada de acordo com as seguintes reações:



A hidrólise do ânion silicato promove liberação de hidroxilas, conforme mostram as equações acima, promovendo a elevação do pH (Equações 1 e 2). Aumenta também o fenômeno da adsorção do silício (H_4SiO_4) com a elevação do pH, uma vez que este fica carregado negativamente, devido à ionização do ácido, tornando-se mais suscetível às forças de adsorção do solo.

2.3.2 O silício nas plantas

As plantas superiores podem ser classificadas, em relação ao acúmulo de Si, como acumuladoras, que incluem o arroz e a cana-de-açúcar, cuja concentração de SiO_2 varia de 100 a 150 g kg^{-1} ; intermediárias, de 10 a 50 g kg^{-1} (cereais e poucas dicotiledôneas) e não acumuladoras, com menos de 5 g kg^{-1} , incluindo a maioria das dicotiledôneas, como as leguminosas e muitas espécies arbóreas (Miyake & Takahashi, 1983).

Segundo Takahashi (1995), o mecanismo de absorção do silício na cultura do arroz era considerado passivo, acompanhando a absorção de água. Entretanto, sabe-se, hoje, que o mecanismo é preferencialmente ativo. A absorção do silício foi reduzida por inibidores respiratórios e outros tipos de inibidores de metabólicos. A absorção do silício se dá por fluxo de massa pelas gramíneas e não é seletivo. Seu transporte na planta é feito pelo xilema, onde se encontra na forma de H_4SiO_4 e a sua distribuição na parte aérea depende da taxa de transpiração desses órgãos (Yassuda, 1989).

Uma vez na planta, o silício é imóvel, ou seja, não se redistribui devido às formas em que ocorre no tecido vegetal. Cerca de 90 a 95 g kg^{-1} de silício é encontrado na forma de SiO_2 gelatinoso, mas também ocorre como polímeros, formando complexos com polifenóis de grande estabilidade e de baixa solubilidade (Mengel & Kirkby, 1982, citados por Barbosa Filho, 1987).

O silício é depositado, principalmente, na parede celular, aumentando a rigidez das células (Adathia & Besford, 1986). As células epidérmicas ficam mais grossas e com um grau maior de lignificação e ou silificação, formando uma barreira mecânica que apresenta as funções de limitar a perda de água e de dificultar a penetração de hifas de fungo e o ataque de insetos. Quando a concentração de silício na planta aumenta, o ácido monossilícico polimeriza-se (Yoshida, 1965). É exatamente essa concentração na epiderme das folhas que aumenta a rigidez da parede celular, proporcionando melhor arquitetura da planta, deixando as folhas mais eretas e aumentando, assim, a interceptação da luz solar e a taxa fotossintética (Marschner, 1995).

Ma et al. (1989) citam que as lâminas foliares são os principais órgãos da fotossíntese e que a folha bandeira do arroz contribui significativamente para a produção. Os autores ainda afirmam que o silício promove a assimilação de CO₂ nas lâminas foliares e a translocação de produtos assimilados para a panícula. As células com silício poderiam servir como “janelas” na epiderme da cana-de-açúcar e essas podem permitir que a luz seja mais eficientemente transmitida para o tecido fotossintético mesófilo, abaixo da epiderme. Portanto, o silício tem um papel importante na promoção da fotossíntese das folhas, especialmente da folha bandeira (Takahashi et al., 1980).

O depósito de silício absorvido é influenciado por vários fatores, dentre eles idade da planta, tipo e localização dos tecidos envolvidos na absorção através das raízes, além da transpiração. A variação ampla dos teores de silício no tecido vegetal é resultado tanto da fisiologia das diferentes espécies quanto do ambiente onde as plantas se desenvolvem. Ma et al. (2001) acreditam que as diferenças de absorção devem-se, principalmente, às características das raízes das plantas envolvidas.

Diversos autores reconhecem a influência do silício na resistência apresentada pelas plantas em resposta a ataques de insetos, nematóides e

doenças, no estado nutritivo, na transpiração e em alguns aspectos de eficiência fotossintética (Epstein, 1994; Marschner, 1995; Takahashi, 1995 e Faria, 2000).

Existem, na planta, três locais reconhecidos de deposição de Si: a parede celular, o lúmen celular e os espaços intercelulares nos tecidos das raízes, talos ou na camada extracelular da cutícula (Sangster et al., 2001). Testes conduzidos com sílica radiotiva (^{31}Si) têm mostrado que o Si é translocado no caule poucas horas após ter sido absorvido pelas raízes, sendo mencionado neste caso, que a translocação é regulada pela taxa de transpiração.

Takahashi (1995) conclui que a sílica aumenta a resistência do arroz às doenças, devido a dois fatores. Primeiro, a sílica é depositada na epiderme, protegendo mecanicamente a penetração das hifas; segundo, fisiologicamente, devido à sílica promover a assimilação de amônio e impedir o aumento de compostos de nitrogênio solúvel, incluindo aminoácidos e amida, que são instrumentos para propagação das hifas.

Agarie et al. (1998) citam que o silício está associado à prevenção do progresso da senescência foliar, devido à manutenção da fotossíntese e à proteção da distribuição de clorofila, principalmente em condições de altas temperaturas e baixa umidade. Os mesmos autores relatam que o silício está envolvido na estabilidade térmica dos lipídeos nas membranas celulares e que, em condições de estresse ambiental, ele previne a deterioração estrutural e funcional das membranas celulares do arroz. Essa estabilidade é que contribui para a prevenção do processo de envelhecimento da folha.

Mengel & Kirkby (1978) citam que tanto o ácido silícico como o ácido bórico reagem com fenóis, como o ácido caféico, um precursor da síntese de lignina, para formar mono, di ou complexos poliméricos de silício. Portanto, possivelmente, o silício afeta a síntese de lignina. Esta possível ligação entre silício e a síntese de lignina é importante foco da função bioquímica do silício.

Fawe et al. (1998) identificaram uma proteção ativa induzida pelo silício dentro das células vegetais, demonstrando que o Si inicia uma seqüência de reações que formam mecanismos de defesa bioquímica na planta infectada de pepino. Epstein (1999) sugere que o silício passa a agir como um segundo mensageiro dentro da célula, afirmando também que os mecanismos de defesa mobilizados pelo Si incluem acumulação de lignina, compostos fenólicos, quitinases e peroxidases, que gera uma estrutura capaz de proteger e resistir ao ataque microbiano.

A peroxidase é uma importante enzima das plantas e está envolvida em diversas reações, ligações de polissacarídeos, oxidação do ácido indol-3-acético, ligações de monômeros, lignificação, cicatrização de ferimentos, oxidação de fenóis, defesa de patógenos, regulação da elongação de células e outras (Kao, 2003).

Peroxidases e polifenoloxidasas lideram a degradação oxidativa de compostos fenólicos próximo ao local da descompartimentalização celular provocada por patógenos. Um dos resultados mais estudados deste fenômeno é o aparecimento de substâncias escuras provenientes da polimerização oxidativa das quinonas (Bindschedler et al., 2002). Somente o primeiro estágio da infecção permite a formação de quinonas a partir de o-difenóis pelo processo enzimático. No entanto, há uma seqüência de reações químicas que são ainda pouco conhecidas.

Segundo Inanaga & Okasaka (1995), o cálcio e o silício podem se combinar com complexos de fenol ou lignina-carboidrato nas paredes celulares da parte aérea do arroz.

Muitos estudos mostram que o silício tem efeito direto e indireto no crescimento do arroz. Lee et al. (1985) verificaram que aplicações de silicato aumentaram o número de folhas e o peso de matéria seca das plantas de arroz. O Si também aumentou o número de espiguetas na panícula de arroz e

favoreceu uma melhor formação da casca dos grãos, influenciando na qualidade destes (Korndorfer & Lepsch, 1999). Ganhos significativos na produção de arroz também têm sido observados no Japão, na Tailândia, na Indonésia, na China, na Colômbia, nas Filipinas e na Flórida (Correa-Victoria et al., 1996; Korndorfer & Lepsch, 1999).

Na maçã, a aplicação de silício (Supa Potássio[®]) e cobre (Supa Cobre[®]) melhorou a coloração dos frutos nas cultivares Gala e Fuji. O peso médio dos frutos da cultivar Fuji também aumentou com a aplicação dos dois produtos. Na cultivar Fuji, o teor de sólidos solúveis totais dos frutos foi superior ao da testemunha sem aplicação dos produtos. Aumento do rendimento também foi verificado em milho, soja e alface. Na soja, a produtividade das plantas adubadas com silício via foliar foi de 53,6 sacas.ha⁻¹, maior que a testemunha sem silício, que apresentou produtividade média de 46,6 sacas.ha⁻¹ (Reis Júnior, 2004).

Em alface, a aplicação de 10,5 L.ha⁻¹ de silício possibilitou o maior retorno, em termos de massa fresca comercial. Para aplicações aos 21 e 28 dias após o transplântio, as doses de 4,3 e 9,8 L.ha⁻¹ de Supa Potássio[®] (23% de Si) propiciaram a melhor conservação pós-colheita da alface (Resende et al., 2005).

Porém, o aumento de produtividade relatado acima não foi observado na cultura do feijoeiro comum. O suprimento via foliar aumentou a matéria seca de plantas, porém, não influenciou o rendimento de grãos e não interferiu nos teores do elemento na planta e nos grãos (Arf et al., 2005). Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Franzote et al. (2005), os quais verificaram que aplicação foliar de Si, nas doses 0; 4,25; 8,50; 12,75 e 17 ppm, não influenciou o crescimento e o rendimento de grãos do feijoeiro.

2.3.3 O silício no controle de doenças

A nutrição de plantas com produtos que contêm o elemento silício é mais estudada na cultura do arroz, principalmente visando ao controle das principais doenças que acometem a planta como, por exemplo, a brusone, a queima-da-bainha e a escaldadura.

Visando à indução de resistência de plantas de arroz para o controle da brusone, da escaldadura e o aumento de produtividade de grãos, Seebold et al. (2000) utilizaram cultivares resistentes, parcialmente resistentes e suscetíveis cultivadas em solo adubado com 0, 500 e 1.000 kg.ha⁻¹ de silicato de cálcio, em dois locais. Em cultivares parcialmente resistentes e suscetíveis, a brusone, nas folhas e na panícula, foi reduzida com o aumento das doses de silício. Dependendo do local, a severidade da brusone foi reduzida, em cultivares parcialmente resistentes adubadas com 500 e 1.000 kg.ha⁻¹, para valores próximos aos de cultivares resistentes sem silício. Nos dois locais, os rendimentos aumentaram até 42%, dependendo da cultivar, pela aplicação de 1.000 kg.ha⁻¹ de silício. Além disso, altas doses de silício reduziram o número de grãos quebrados. No geral, a aplicação de silício para complementar a resistência de plantas de arroz à brusone e à escaldadura se mostrou uma efetiva alternativa.

Na Colômbia, a aplicação de silicato em um solo altamente intemperizado reduziu a severidade da escaldadura das folhas e da brusone em 26% e 53%, respectivamente, nas parcelas que não receberam silicato, para 15% quando o silicato foi aplicado (Correa-Victoria et al., 1996).

Já na busca de indução de resistência de plantas de arroz à queima-da-bainha, foram utilizadas cultivares parcialmente resistentes (Jasmine e LSBS-5), moderadamente suscetíveis (Drew e Kaybonnet) e suscetíveis (Lemont e Labelle). O tratamento com silicato de cálcio aumentou a concentração de silício

no tecido da planta em 80%, em todos os experimentos. A adubação com silício reduziu significativamente a severidade da queima-da-bainha nas cultivares moderadamente suscetíveis e suscetíveis, comparadas com aquelas parcialmente resistentes sem silício. A percentagem de perfilhos infectados foi significativamente reduzida de 82%, 42%, 28%, 41%, 26% e 17%, respectivamente, para as cultivares Jasmine, LSBS-5, Drew, Kaybonnet, Lemont e Labelle, quando o silício foi aplicado, em todos os experimentos. Na ausência da doença, o silício aumentou o acúmulo de matéria seca em 15% acima do tratamento controle, valor que dobrou nas plantas infectadas (Rodrigues et al., 2001).

Existem também trabalhos nos quais foi utilizado o silício juntamente com fungicidas, na tentativa de controle de algumas doenças de plantas. Foram feitas duas aplicações de Edifenphos e três aplicações de Tricyclazole, nas doses de 0%, 10%, 255 ou 100% das doses recomendadas destes produtos em solo adubado com silício, para a cultura do arroz. Nos dois locais, o silício, sozinho ou combinado com Edifenphos, reduziu a severidade da brusone em 22% ou 75%, quando comparado com o tratamento não adubado com silício (com a testemunha), e a diminuição da brusone na folha pelo silício sozinho foi igual ou melhor que a dose cheia de Edifenphos sozinho. O silício sozinho diminuiu a brusone na espiga eficientemente, ou melhor, que a dose cheia de Tricyclazole quando a severidade foi baixa. No entanto, quando a severidade foi maior, uma dose de 10% de Tricyclazole foi necessária, em adição ao silício. Nas condições desse trabalho, não foram observadas diferenças no rendimento entre o tratamento adubado com silício e sem fungicidas e os tratamentos com a dose cheia dos fungicidas sem o silício. Foi observado também efeito residual do Silício de um ano para o outro, em termos de controle da doença (Seebold et al., 2004).

Os aspectos ultra-estruturais e citoquímicos, envolvendo a aplicação de silício na resistência de plantas de arroz à brusone, foram estudados por Rodrigues et al. (2003a). O acúmulo de material amorfo que se tornou denso com toluidine blue e reagiu positivamente com o tetróxido de osmium, que foi uma típica reação à infecção de *Manoportha grisea*, em amostras de plantas com silício. Com este resultado, a extensão da colonização do fungo foi reduzida em amostras de plantas adubadas com silicato de cálcio. Em amostras de plantas sem silício, o fungo aumentou sua atividade e colonizou todos os tecidos das folhas. A ocorrência de hifas fúngicas vazias, rodeadas por material amorfo, em amostras de plantas com silício sugere que compostos fenólicos ou fitoalexinas desempenharam o primeiro papel na defesa do arroz contra a infecção por *M. grisea*.

O fortalecimento das células de folhas de arroz é outro possível mecanismo envolvido na resistência de plantas de arroz à brusone, intermediada pelo silício. Kim et al. (2002) utilizou, neste ensaio, o microscópio eletrônico e microanálises de raio x. Uma cultivar suscetível à brusone, a 'Jinmi', e uma cultivar parcialmente resistente, a 'Hwaseong', cresceram sob condições de hidroponia contendo 0, 50, 100 e 200 ppm de silício. O silício estava presente principalmente nas paredes das células epidérmicas, na lamela média e nos espaços intercelulares nos tecidos epidérmicos. Além disso, predominou na superfície da folha, com relativa pequena deposição nas células-guarda dos estômatos nas plantas dos tratamentos com silício. A severidade de brusone na folha foi menor na cultivar Hwaseong que na cultivar Jinmi, mas foi significativamente reduzida em ambas cultivares.

O efeito do silício no controle da queima-da-bainha do arroz foi estudado em diferentes estádios da planta de arroz. Plantas da cultivar Rio Formoso foram cultivadas em solo com baixa quantidade de silício (Wolastonita, CaSiO_3) e incorporado com 0, 0,48, 0,96, 1,44 e 1,92 g/vaso e

inoculadas com *Rhizoctonia solani* Kuhn, nos seguintes dias após a emergência: 45 (estádio de 4 pares de folhas), 65 (estádio de 8 pares de folhas), 85 (perfilhamento), 117 (enchimento de grãos) e 130 (exercção da panícula). Para plantas inoculadas com *R. solani*, em todos os estádios de desenvolvimento, a concentração de silício na palha aumentou com o aumento da dose de silício de 0 para 1,92 g/vaso. Não houve diferença na concentração de cálcio na palha entre plantas em diferentes estádios. As lesões da queima da bainha e a extensão da curva de lesão diminuíram com o aumento das doses de silício. No geral, as plantas sem o silício incorporado no solo ficaram mais vulneráveis à infecção, principalmente aos 45 dias após a emergência (Rodrigues et al., 2003b).

Um mecanismo de resposta específico do hospedeiro contra o ataque de fungos é a presença de fitoalexinas, cuja formação pode ser induzida em plantas inoculadas com *Magnaporthe grisea* e adubadas com silicato de cálcio (Rodrigues et al., 2004).

A aplicação de silício em mudas de cafeeiro, em quatro doses de silicato (0; 0,315; 0,63; 1,26 g kg⁻¹ de substrato) e duas fontes (silicato de cálcio e silicato de sódio), foi estudada por Santos (2002), que constatou aumento linear da área foliar total quando a fonte utilizada foi silicato de sódio. A área abaixo da curva de progresso do total de lesões também foi influenciada pela interação fonte e doses, com menor valor observado na dose 0,84 g de silicato de sódio. As doses de silicato também influenciaram na concentração de lignina nas folhas.

O silício também proporcionou maior peso fresco e maior altura da parte aérea de plantas de limão-rugoso inoculadas artificialmente com *Phytophthora nicotianae* pv. parasítica, em sistema hidropônico com exposição ao silício variando de 0 a 100 ppm de SiO₂, durante quatro semanas. Houve também diferença significativa na concentração de silício em folhas e raízes após 15 dias, com e sem adição de 100 ppm de SiO₂. A aplicação de silício via hidroponia

não proporcionou diferença na atividade das enzimas quitinase e β -1,3 glucanase (Faggiani, 2002).

A cercosporiose, doença causada pelo fungo *Magnaporthe grisea*, pode causar morte de plantas de grama-santo-agostinho. Foi realizado um experimento para avaliar a influência da aplicação de silício no manejo da doença. Foram aplicados 1.000 kg ha⁻¹ de silicato de cálcio antes do plantio da grama, em três locais nos Estados Unidos. Este tratamento foi comparado com a pulverização de clorotalonil, silicato de cálcio, clorotalonil e com a testemunha sem tratamento. Com base na área abaixo da curva de progresso da doença, os valores da doença, para os tratamentos silicato de cálcio sozinho, clorotalonil, e silicato de cálcio mais clorotalonil, diminuíram, respectivamente, em 7%, 65% e 68%, no primeiro local; em 28%, 34% e 59%, no segundo local e, em 41%, 55% e 68%, no terceiro, quando comparado com a testemunha. A aplicação de silicato de cálcio sozinho reduziu significativamente a área abaixo da curva de progresso da doença da cercosporiose, quando comparada com a testemunha, apenas no segundo local. No entanto, quando a severidade da doença foi analisada por semana, o tratamento com silicato de cálcio reduziu a percentagem da doença nas semanas 2, 6 e 8, no primeiro local e nas semanas 3 e 8, no terceiro local, quando comparado com a testemunha. A percentagem de cobertura de solo pela grama-santo-agostinho aumentou em 17% e 34%, nos locais um e dois. O silício foi o único elemento cujo teor aumentou significativamente nas folhas, nos tratamentos com incorporação de silício no solo (Brecht et al., 2004).

Em pepino, o silício está envolvido na resistência ao oídio pelo incremento na atividade antifúngica de folhas infectadas. Esta atividade antifúngica foi atribuída à presença de metabólitos de baixo peso molecular, como, por exemplo, a fitoalexina. Este foi o primeiro relato desta fitoalexina em

pepino, uma defesa química ainda inexistente na família das Cucurbitáceas (Fawe et al., 1998).

O manejo do oídio utilizando o silício também foi estudado por Schuerger & Hammer (2003). Três práticas agrícolas (cultivares, fórmula da solução nutritiva e meio de enraizamento) e dois fatores experimentais (intensidade luminosa e temperatura) foram testados em combinação com o silício na supressão do oídio. As cultivares suscetíveis irrigadas com silicato de potássio a 100, 150 e 200 mg/litro não mostraram redução significativa da doença. As práticas agrícolas não tiveram efeito significativo sobre o rendimento da cultura. Já a temperatura mostrou efeito sinérgico com o silício. O maior efeito da temperatura na diminuição da doença foi observado a 20°C, com silicato de potássio a 100 mg.L⁻¹, com redução significativa no número de colônias de oídio por folha.

Muitas frutas, como a cereja, têm problemas de pós-colheita, muitas vezes causados por fungos que reduzem a vida de prateleira desses produtos. Dois exemplos de patógenos causadores de podridão em cerejas são *Penicillium expansum* e *Monilinia fructicola*. A aplicação exógena de metassilicato de sódio reduziu o desenvolvimento de doenças causadas por estes fungos. A inibição da podridão de frutos foi relacionada diretamente à concentração do silício. O silício inibiu fortemente a germinação de esporos e o crescimento de *Penicillium expansum* e *Monilinia fructicola*, em condições de crescimento “in vitro”. Observado por microscopia eletrônica, o crescimento de ambos os fungos foi reduzido pelo silício nas feridas de frutos de cereja. Comparado com os tratamentos nos quais as cerejas foram feridas e tratadas com água, o tratamento com silício induziu um significativo aumento nas atividades das enzimas fenilalanina amônia liase, polifenoloxidase e peroxidase em cerejas, mas não aumentou o teor de lignina. A aplicação de silício ativou uma reação citoquímica e causou escurecimento de tecido perto do ferimento. Neste estudo, pôde-se

concluir que a melhora no controle biológico combinado com o silício deve ser explicado pelo aumento da população do antagonista (Qin & Tian, 2005).

A severidade da antracnose, uma das principais doenças do feijoeiro, causada pelo fungo *Colletotrichum lindemuthianum*, também foi reduzida pela aplicação de silício via solo. Em altas concentrações de inóculo (10^6 conídios mL^{-1}) de *Colletotrichum lindemuthianum*, plantas adubadas com silicato de cálcio no solo tiveram menores áreas acima da curva de progresso da incidência (AACPI) e área acima da curva de progresso da severidade (AACPS) do que plantas tratadas com CaO. Plantas pulverizadas com NaSiO_3 e plantas da testemunha inoculada tiveram a maior duração da área foliar sadia (HAD) quando comparadas com plantas adubadas com CaSiO_3 e CaO e com a testemunha inoculada. Na microanálise de raio X (MAX) verificou-se maior quantidade de silício em folhas de plantas suplementadas com o elemento, indicando absorção e translocação. Por meio de microscopia eletrônica de varredura, não se observou formação de cera, tanto na superfície abaxial quanto na adaxial das plantas adubadas com silício, mesmo havendo redução na intensidade e na severidade da doença (Moraes, 2004).

Em sistema hidropônico, a resistência da soja ao cancro da haste pode ser induzida por meio do incremento do teor de Si. A diminuição da lesão medular é máxima ao redor de 40 mg L^{-1} ou quando a folha tiver 4.000 mg kg^{-1} , ou 550 mg kg^{-1} de Si nas hastes das plantas da cultivar Garimpo Comum. Na nodulação, a presença de Si em concentrações elevadas no meio (100 mg kg^{-1}), conseqüentemente nos tecidos da soja, pode diminuir o desenvolvimento dos nódulos de *B. japonicum* (Lima, 1998).

A infecção e a colonização de células de trigo pelo patógeno *Blumeria graminis* f. sp. tritici, causador do oídio em plantas de trigo, foram reduzidas com a aplicação de silicato de cálcio via solo. As células epidérmicas de plantas adubadas com os silicatos apresentaram reações de defesa, como

formação de calos e papilas e produção de compostos fenólicos (Bélanger et al., 2003).

A incidência da murcha-bacteriana-do-tomateiro, medida pela área abaixo da curva de progresso da doença, foi reduzida pela presença do silício em 26,8% e 56,1%, nos genótipos L390 (suscetível) e King Kong 2 (moderadamente resistente), respectivamente. A adição de silício reduziu significativamente a população da bactéria *Ralstonia solanacearum*, causadora da murcha-bacteriana, no caule dos genótipos moderadamente resistentes e resistentes (Wydra et al., 2005).

2.4 Relações entre potássio e resistência a doenças

Em várias pesquisas tem sido observado que a fertilidade do solo e a nutrição de plantas também podem influenciar a qualidade sanitária das sementes. Muitos fitopatógenos, na maioria fungos, podem estar associados às sementes e afetar a germinação e o vigor das plântulas, resultando em reduções da emergência e da produtividade (Sinclair, 1991).

Dentre os vários fungos transportados pelas sementes de soja e responsáveis pela baixa qualidade, destacam-se: *Phomopsis* sp., causador da seca da haste e da vagem, além do apodrecimento das sementes; *Colletotrichum dematium* (Pers. Ex Fr.) Grove var. *truncata* (Schw.) Arx., que causa antracnose; *Cercospora kikuchii* (T. Matsu. & Tomoyasu) Gardner, causador do crestamento foliar e da mancha-púrpura da semente; *Fusarium* spp., associado a podridões de sementes e *Peronospora manshurica* (Naum.) Syd. ex Gaum., responsável pelos sintomas de míldio nas plantas e por incrustações de oosporos nas sementes, depreciando o seu valor comercial (Hepperly & Sinclair, 1978; Sinclair, 1991). O efeito exercido pelo ambiente na infecção das sementes pelos microrganismos, tanto de campo como de armazenamento, merece crescente atenção, tendo se tornado evidente que, além do clima, as práticas culturais

adotadas influenciam diretamente a qualidade sanitária das sementes colhidas.

Neste contexto, a nutrição mineral das plantas tem importante papel, que pode afetar a qualidade das sementes produzidas. Em vários estudos, tem sido comprovado que plantas submetidas a adubações desequilibradas, sem um balanço adequado entre os vários nutrientes, tornam-se mais susceptíveis às doenças (Huber & Army, 1985; Marschner, 1986; Perrenoud, 1990) e as sementes produzidas apresentam baixa qualidade sanitária (Henning et al., 1985; Ito et al., 1992).

Em estudos de doses da adubação potássica na qualidade das sementes em solos com 20 ppm de K, França Neto et al. (1987) concluíram que, com doses a partir de 80 kg de K₂O, houve controle com eficiência de *Phomopsis*. Os autores também relataram o controle de percevejo nas doses maiores de K₂O.

Mascarenhas et al. (1995) estudaram o efeito residual da adubação potássica e da calagem sobre a ocorrência de fungos em sementes de soja cultivar IAC-17, no ano agrícola de 1991/92, aplicando doses a lanço de 0, 3,5 e 7 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e de 0, 150, 300, 450 e 600 kg ha⁻¹ de K₂O. As sementes colhidas no terceiro ano de cultivo (1993/94) foram submetidas ao teste de sanidade. Observou-se que a calagem reduziu significativamente a incidência de *Phomopsis* sp., favorecendo, no entanto, a presença de *Aspergillus* sp. e de *Fusarium* sp. Apenas a incidência de *Phomopsis* sp. diminuiu significativamente devido à adubação potássica, sendo menor quando se utilizou a dose de 450 kg ha⁻¹ de K₂O.

Ritchey et al. (1987), estudando o efeito residual de K e Mg sobre a incidência de *Colletotrichum truncatun* e *Phomopsis* spp., não observaram qualquer influencia dos tratamentos sobre a população dos patógenos. Resultados diferentes foram obtidos por Ito et al. (1992), que observaram redução na incidência de *Cercospora kikuchii*, quando o teor de K disponível era alto. Sig et al. (1992), em solos do Texas, observaram que plantas bem

supridas de K apresentam efeito supressor sobre a incidência de antracnose e outras doenças da soja, indicando, inclusive, que a adubação potássica apresenta melhores efeitos do que o uso de fungicida.

Segundo Yamada (1995), a resistência das plantas a patógenos pode ser aumentada por mudanças na sua anatomia e nas propriedades fisiológicas e bioquímicas. A resistência pode ser aumentada pela alteração nas respostas da planta aos ataques parasíticos, pelo aumento da formação de barreiras mecânicas, com a lignificação e da síntese de toxinas, como as fitoalexinas. Uma aparente resistência pode ser alcançada quando existe assincronia entre os estágios de crescimento mais suscetíveis da planta hospedeira e o período de maior atividade dos patógenos e das pragas.

De acordo com Marschner (1995), o potássio provoca o espessamento dos tecidos, conferindo à planta maior resistência ao acamamento e às doenças. Ele é considerado o nutriente que exerce maior influência sobre as doenças, apresentando efeito benéfico na sanidade das sementes.

O efeito específico do potássio é a conversão de açúcares e de nitrogênio intermediários em compostos de alto peso molecular, como celulose, carboidratos e proteínas, em vez de sacarose, frutose e aminoácidos, os quais se acumulam na biomassa das plantas sob baixos níveis do elemento. Essa relação é observada para muitas doenças e pragas.

A diminuição dos danos por doenças, em decorrência da aplicação de potássio, é atribuída ao seu efeito no desenvolvimento estrutural de espessamento de paredes externas da epiderme (Ellet, 1973) e à sua ação em atividades enzimáticas e síntese de proteínas (Kiraly, 1976).

McNew (1953) afirma que muitas doenças de plantas foram controladas pelo uso do adubo potássico, por ser este elemento catalisador de diversas reações celulares.

A influência do potássio sobre a produção de sementes e a qualidade fisiológica e sanitária pode estar associada à participação desse elemento na atividade de várias enzimas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização, solo e clima

A pesquisa foi desenvolvida nos Laboratórios de Análises e de Biotecnologia do Setor de Sementes, na área experimental do Departamento de Agricultura; no Laboratório de Patologia de Sementes, do Departamento de Fitopatologia e no Laboratório de Anatomia Vegetal, do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O município de Lavras situa-se na região Sul de Minas Gerais, nas coordenadas latitude 21°14'S, longitude 40°17'W e clima do tipo Cwa, segundo a classificação de Kopen.

O solo utilizado, um Latossolo Vermelho Escuro de textura argilosa com 42% de argila, foi previamente amostrado e analisado. Alguns resultados relacionados à fertilidade, matéria orgânica e textura do solo estão apresentados na Tabela 1.

Os valores médios de temperatura e umidade relativa, bem como os totais de precipitação no período de julho a dezembro de 2006, obtidos em estação meteorológica localizada na UFLA, são apresentados nas Figuras 1, 2 e 3.

TABELA 1 Alguns resultados relacionados à fertilidade, matéria orgânica e textura do solo (camada 0-20 cm de profundidade), por ocasião da semeadura. UFLA, Lavras, MG, 2006.

Características	Valor
V (%)	32,57
pH (H ₂ O)	5,37
P (mg. dm ⁻³)	1,43
K (mg. dm ⁻³)	56,67
Ca (cmol _c . dm ⁻³)	1,10
Mg (cmol _c . dm ⁻³)	0,37
(T)	5,00
MO (dag . kg ⁻¹)	2,27
Argila (%)	42,33

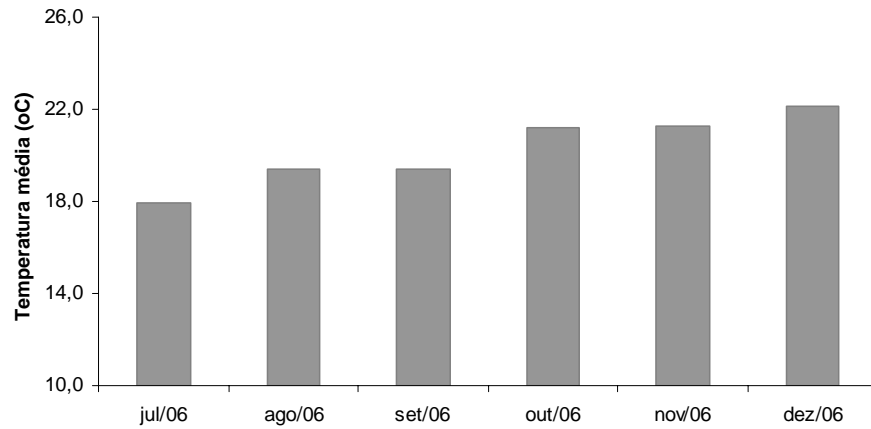


FIGURA 1 Valores de temperatura média, no período de julho a dezembro. UFLA, Lavras, MG, 2006.

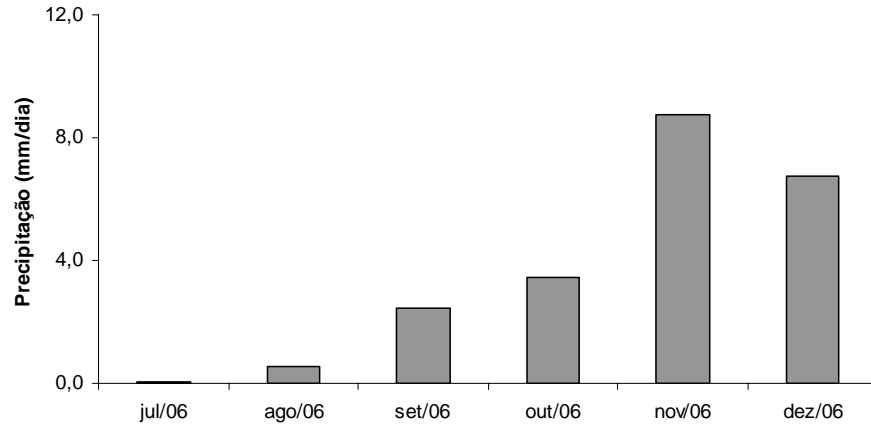


FIGURA 2 Valores de precipitação, no período de julho a dezembro. UFLA, Lavras, MG, 2006.

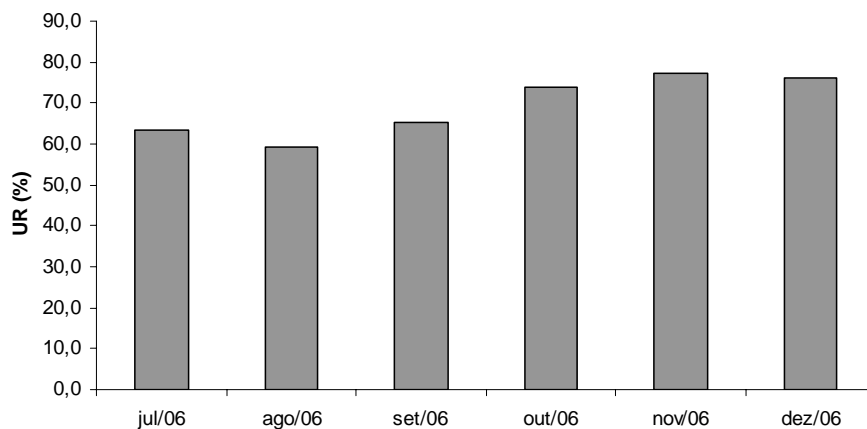


FIGURA 3 Valores de umidade relativa do ar, no período de julho a dezembro. UFLA, Lavras, MG, 2006.

3.2 Delineamento estatístico, tratamentos e detalhes das parcelas

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos ao acaso, em esquema experimental de parcelas subdivididas. Às parcelas foram atribuídas a presença ou a ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum* e às subparcelas, cinco doses de Supa Potássio[®], mais um tratamento extra nas parcelas com o patógeno (pulverização das plantas com o fungicida protetor Dithane), com 4 repetições.

As adubações silicatadas foram realizadas via foliar com Supa Potássio[®] (Agrichem do Brasil Ltda), o qual possui 20% de SiO₂ e 15% de K₂O, nas doses 0; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 litros por hectare em duas aplicações, sendo a primeira aos 30 dias após a emergência (DAE) e a segunda aos 45 DAE. Para evitar a deriva, as pulverizações foram realizadas com a proteção de uma lona plástica.

Aos 38 DAE, parte das plantas do experimento foi pulverizada com a suspensão de conídios nas horas mais frescas do dia. O preparo do inóculo foi feito da repicagem de discos de meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) contendo micélios do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*, raça 65, desenvolvidos em placas de Petri de 90 mm de diâmetro e mantidos em BOD, a $21\pm 1^\circ\text{C}$, para placas de Petri do mesmo tamanho, contendo meio M3 e mantidas à mesma temperatura, até a abundante produção de conídios. A concentração da suspensão de conídios foi determinada mediante emprego de hemacitômetro tipo Neubauer, ajustando-se para, aproximadamente, 1×10^5 conídios por mL de água.

Sementes da cultivar BRS MG Majestoso foram semeadas no espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade de 20 sementes por metro, com posterior desbaste para 15 plantas por metro. Cada parcela teve seis linhas de 5,0 metros de comprimento. O experimento foi irrigado sempre que necessário.

3.3 Instalação e condução do experimento

O preparo da área foi convencional, com uma aração e duas operações com enxadas rotativas. As sementes foram obtidas no Setor de Genética, no Departamento de Biologia da UFLA e foram semeadas no dia 10 de agosto de 2006. Para o controle de plantas daninhas, foram realizadas duas capinas manuais. O experimento foi irrigado sempre que necessário.

A aplicação de calcário e a adubação básica foram realizadas levando-se em consideração as características químicas do solo. Foram aplicados 3 t ha^{-1} de calcário dolomítico, 110 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 40 kg ha^{-1} de K_2O e 30 kg ha^{-1} de N no plantio, mais 50 kg ha^{-1} de N em cobertura, aos 25 DAE, conforme recomendação de Chagas et al. (1999). As fontes de potássio, fósforo e nitrogênio utilizadas foram cloreto de potássio, superfosfatos simples e sulfato de amônio.

No estádio R9, quando houve a modificação da cor das vagens, as plantas foram colhidas manualmente, sendo as vagens secadas à sombra, debulhadas e limpas manualmente quando as sementes apresentavam em torno de 12% de teor de água.

3.4 Características avaliadas

Foram realizadas as seguintes avaliações: qualidade sanitária, pelo teste de germinação em rolo de papel para a detecção de *Colletotrichum lindemuthianum* e pelo método do papel de filtro; determinação do conteúdo de lignina em folhas e sementes; descrição morfológica em microscopia de luz; avaliação da severidade da antracnose nas folhas e nas vagens; quantificação dos macro e dos micronutrientes; teste de germinação e de matéria seca de plântulas, além de condutividade elétrica, lixiviação de potássio e análises eletroforéticas das enzimas esterase, superóxido dismutase e peroxidase.

Na avaliação da qualidade sanitária das sementes de feijoeiro, a detecção de *Colletotrichum lindemuthianum* foi realizada em rolo de papel com 8 repetições de 50 sementes em papel germitest (papel-toalha) umedecido com água destilada esterilizada, 2,5 vezes o peso do papel seco, em germinador regulado à temperatura constante de 25 +/- 2°C, no escuro. Aos sete dias, foram contadas as sementes com sintomas de ataque de *C. lindemuthianum* e calculada a incidência em percentagem. Foi ainda utilizado o método do papel filtro, descrito por Neergaard (1979), utilizando-se 400 sementes por tratamento.

As sementes foram incubadas em placas de Petri de 15 cm de diâmetro, contendo três folhas de papel de filtro esterilizadas e umedecidas com água destilada esterilizada. Adicionou-se o sal de ácido 2,4-diclorofenoxiacético, na concentração de 10 ppm à água destilada, para evitar a germinação das sementes

no período de incubação. As placas foram mantidas em câmara de crescimento sob luz, com fotoperíodo de 12 horas, à temperatura de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, por um período de 7 dias. A observação das sementes para a identificação da micoflora foi realizada com o auxílio do microscópio estereoscópico e, quando necessário, utilizou-se o microscópio ótico para a confirmação das estruturas do fungo.

Para determinar o teor de lignina, as sementes e as folhas, após serem secadas em estufa de circulação forçada a 60°C , foram enviadas ao laboratório do setor de produção vegetal do Departamento de Ciências dos Alimentos, onde foram oxidadas por meio de solução tamponante de ácido acético e permanganato de potássio, contendo ferro trivalente e prata monovalente, com catalisador. Os óxidos de ferro e manganês depositados foram dissolvidos em solução alcoólica contendo os ácidos oxálico e clorídrico (solução de desmineralização), deixando-se no cadinho apenas celulose e minerais insolúveis. A lignina foi calculada por diferença de peso, após estes tratamentos (Silva, 1981). Além dos tratamentos normais, foram incluídas amostras de tegumentos e cotilédones mais embrião de sementes de feijoeiro de plantas produzidas na ausência e na presença de adubação com Supa Potássio, na dose de $3,2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Para a microscopia de luz, as sementes de feijoeiro, de cada tratamento, foram embebidas em água destilada para facilitar os cortes, que foram realizados à mão livre, com a utilização de lâminas de barbear, para a confecção das lâminas para fins de estudos anatômicos. Os cortes, de partes de cotilédones e tegumentos, foram submetidos, em seguida, à coloração com safranina e azul-de-astrea. As lâminas com as seções de sementes foram observadas em microscópio Olympus CBB equipado com câmera fotográfica, sendo as imagens digitais feitas com aumento de 40 X.

A avaliação da antracnose nas plantas de feijoeiro foi realizada mediante atribuição de notas pelo grau de infecção em folhas, caules e ramos,

conforme descrição a seguir: 1 - ausência de sintomas; 2 - até 1% das nervuras apresentando manchas necróticas, perceptíveis somente na face inferior da folha; 3 - maior frequência dos sintomas foliares descritos no grau anterior; 4 - até 1% das nervuras apresentando manchas necróticas, perceptíveis em ambas as faces da folha; 5 - maior frequência dos sintomas foliares descritos no grau anterior; 6 - manchas necróticas nas nervuras, perceptíveis em ambas as faces da folha, apresentando algumas lesões nos caules, ramos e pecíolos; 7 - manchas necróticas na maioria das nervuras e em grande parte do tecido necrótico adjacente que se rompe; presença de abundantes lesões nos caules, ramos e pecíolos; 8 - manchas necróticas quase na totalidade das nervuras, ocasionando numerosas rupturas, desfolhação abundante e redução do crescimento das plantas; lesões muito abundantes nos caules, ramos e pecíolos; 9 - maioria das plantas mortas.

Para a avaliação da antracnose nas vagens, foi utilizada uma escala diagramática de notas de 1 (resistência completa) a 9 (suscetibilidade máxima), proposta por Bergamin Filho et al. (1995). Esta escala de notas é usada rotineiramente por pesquisadores que trabalham com melhoramento de feijão, sendo caracterizada pela percentagem de lesões perceptíveis a olho nu nas vagens. As notas de 1 a 9 representam desde a ausência de lesões necróticas (Nota 1) até a presença de lesões em toda a vagem (Nota 9).

O material seco de sementes e folhas foi também encaminhado ao Laboratório de Análises, no Departamento de Ciência do Solo, para a determinação dos teores de macro e de micronutrientes. Por meio do extrato nítrico-perclórico foram determinados os teores de P, por colorimetria; cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco, por espectrofotometria de absorção atômica; potássio por fotometria de chama; enxofre por turbidimetria do sulfato de bário e nitrogênio total pelo método semimicro Kjeldahl. Os teores de boro, após digestão por via seca, foram determinados por colorimetria (método

da curcumina) (Malavolta et al., 1997). Já os teores de silício em sementes e folhas foram determinados por metodologia proposta por Elliot & Snyder (1991).

O teste de germinação foi avaliado segundo os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento, em rolos de papel tipo Germitest, à temperatura de 25°C, na presença de luz. A quantidade de água adicionada foi de 2,5 vezes o peso do papel, visando obter umedecimento adequado e uniformização do teste. As contagens foram feitas no 4º e no 7º dias após a semeadura.

A determinação da matéria seca de plântulas foi realizada aos sete dias de germinação, quando as plântulas, destacadas dos cotilédones remanescentes, foram pesadas após secagem em estufa de circulação de ar à temperatura de 65°C, até a estabilização dos pesos.

O teste de condutividade elétrica foi realizado com quatro subamostras de 25 sementes, em copos plásticos contendo 75mL de água destilada. As sementes foram colocadas para embeber em BOD, regulada à temperatura de 25°C, pelo período de 12 horas. As leituras foram realizadas em condutivímetro Digimed, modelo CD-21. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mhos cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ de sementes.

Já a lixiviação de potássio foi realizada com quatro subamostras de 25 sementes em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada. As sementes foram colocadas para embeber em BOD, regulada à temperatura de 25°C, pelo período de 12 horas. Alíquotas de 5ml de cada exsudado foram retiradas para a determinação da quantidade de potássio lixiviado, mediante leitura em fotômetro de chama. Os resultados obtidos foram expressos em $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Foram também realizadas análises eletroforéticas das enzimas superóxido dismutase, peroxidase e esterase. Para estas análises, foram

reservadas sementes de cada tratamento, as quais foram, primeiramente, congeladas em submersão em nitrogênio líquido, por 15 segundos e conservadas em “deep-freezer”, a -86°C , até o momento de utilização. Foram retiradas subamostras de 100mg, às quais se adicionou o tampão de extração (Tris HCl 0,2 M pH 8), na quantidade de 2,5 vezes o peso de cada amostra e 0,1% de β -mercaptoetanol. Em seguida, as amostras foram agitadas em vórtex, por 1 minuto. O material foi colocado em geladeira overnight e, depois, foi centrifugado, a 14.000 rpm, por 30 minutos, a 4°C . Foram aplicados 50 μL do sobrenadante no gel de corrida sistema descontínuo, gel separador, poliacrilamida 7,5% e gel concentrador, poliacrilamida 4,5%. O sistema tampão gel/eletrodo utilizado foi a tris-glicina pH 8,9. As corridas foram efetuadas a 150 V, por 5 horas. Após a eletroforese, procedeu-se à revelação das enzimas superóxido dismutase, peroxidase e esterase, segundo metodologia proposta por Alfenas & Brune (1998).

3.5 Análises estatísticas

A análise dos dados foi realizada por meio do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2000). O efeito das doses do produto foi estudado por análises de regressão.

Os dados em percentagem foram transformados utilizando-se a equação $\text{ARCSEN}(\text{RAIZ}(X/100) + 0,5)$. Para a comparação do tratamento caracterizado pela aplicação de Dithane às plantas, análises estatísticas complementares foram realizadas somente dentro da parcela com fungo, sendo os tratamentos diferenciados pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

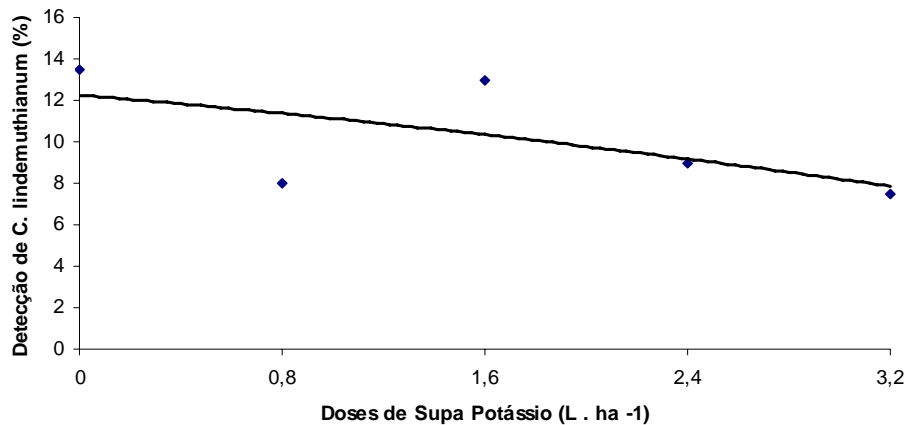
Além dos tratamentos normais, foram incluídas amostras de tegumentos e cotilédones mais embrião de sementes de feijoeiro de plantas produzidas na ausência e na presença de adubação com Supa Potássio na dose de $3,2 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Já a variável severidade da antracnose nas folhas e nas vagens foi comparada, duas a duas, em teste de comparações múltiplas, no pacote computacional SAS[®] (SAS, 1989), em análise de variância não paramétrica, segundo metodologia proposta por Campos (1983).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância, apresentados na (Tabela 1A), revelaram que houve diferença significativa em relação às doses de Supa Potássio[®], para a variável detecção de *Colletotrichum lindemuthianum*.

De fato, houve redução na percentagem de sementes de feijoeiro com sintomas do ataque de *C. lindemuthianum*, quando foram aplicadas doses crescentes de Supa Potássio[®] (Figura 4).



$$y = 0,8055 + 0,0956 x - 0,0452 x^2, R^2 = 0,86$$

FIGURA 4 Representação gráfica da equação de regressão para a detecção de *Colletotrichum lindemuthianum* em sementes de feijoeiro, em função das doses de Supa Potássio[®]. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Resultados equivalentes foram observados em sementes de arroz, nas quais a incidência dos fungos *Piricularia grisea* e *Phoma sorghina* foi reduzida pelo aumento na aplicação das doses de silicato de cálcio no solo (Cornélio et al., 2006).

Além do silício, o potássio, presente no produto Supa Potássio[®], está relacionado com a diminuição do ataque de diversos patógenos que acometem as plantas. Em estudos de doses da adubação potássica na qualidade das sementes em solos com 20 ppm de K, França Neto et al. (1987) concluíram que, com doses a partir de 80 kg de K₂O, houve controle de *Phomopsis* e inversamente proporcional à ocorrência de *Cercospora kikuchi*. Os autores também relataram o controle de percevejo com doses maiores de K₂O, com 42% das sementes danificadas nas testemunhas.

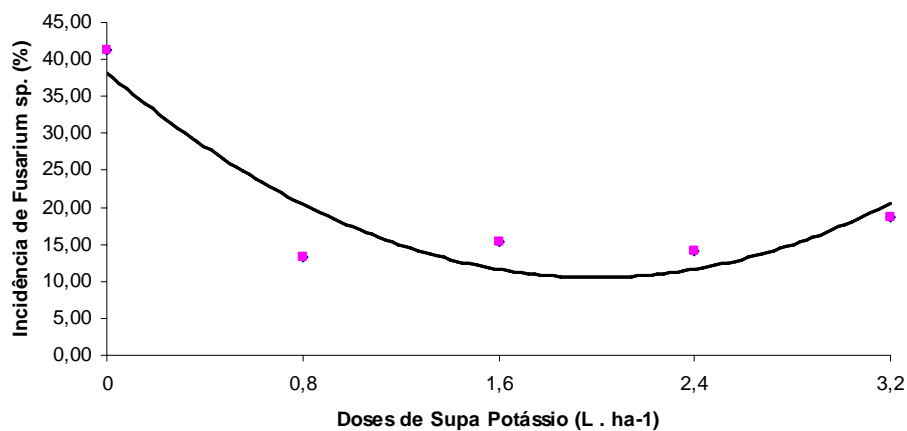
Segundo Yamada (1995), a resistência das plantas a patógenos pode ser aumentada por mudanças na sua anatomia e nas propriedades fisiológicas e bioquímicas. A resistência pode ser aumentada pela alteração nas respostas da planta aos ataques parasíticos, pelo aumento da formação de barreiras mecânicas, com a lignificação e da síntese de toxinas, como as fitoalexinas.

De acordo com Marschner (1995), o potássio provoca o espessamento dos tecidos, conferindo à planta maior resistência ao acamamento e às doenças. Ele é considerado o nutriente que exerce maior influência sobre as doenças, apresentando efeito benéfico na sanidade das sementes.

Por meio da análise de variância (Tabela 3A), não se observaram efeitos significativos das doses de Supa Potássio e da presença ou ausência de *C. lindemuthianum* sobre a germinação (%G) e a incidência de *Alternaria* sp. em sementes de feijoeiro. Em relação à incidência de *Fusarium* sp., houve significância em relação às doses de Supa Potássio[®]. Quando se considerou, na análise de variância, o tratamento caracterizado pela aplicação do Dithane

(Tabela 4A), a incidência de *Fusarium* também foi a única característica influenciada pelos tratamentos.

Menor incidência de *Fusarium* (0,67%) foi observada nas sementes com o aumento das doses do Supa Potássio[®], sendo a mínima percentagem de *Fusarium* observada quando se aplicaram 2,17 L . ha⁻¹ (Figura 5).



$$y = 1,150897 - 0,304912 x + 0,070222 x^2; R^2 = 0,86$$

FIGURA 5 Representação gráfica da equação de regressão para incidência de *Fusarium* sp., em função das doses de Supa Potássio[®]. UFLA, Lavras, MG, 2008.

A redução da infecção por *Fusarium* nas sementes é explicada pela barreira mecânica proporcionada pela adição de silício às plantas, principalmente pela deposição de sílica da camada externa das folhas, dificultando a penetração do patógeno. Em soja, a aplicação de silicato de cálcio granulado ao solo resultou em uma menor infecção de *Fusarium* spp. em

sementes da cultivar Cristalina RCH. (Juliatti et al., 2004).

Na Tabela 2, também se pode observar que houve redução da ocorrência do fungo *Fusarium* quando foi realizada a aplicação do Supa Potássio, independente das doses e também quando foi aplicado o fungicida. Verifica-se, ainda, que a aplicação de Supa Potássio não diferiu da aplicação de Dithane.

TABELA 2 Resultados médios de incidência (%) de *Fusarium* sp. em sementes de feijão produzidas sob diferentes doses de Supa Potássio[®] e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	Incidência de <i>Fusarium</i> sp. (%)	Germinação
Supa Potássio [®] 0 L ha ⁻¹	44,5 B	98,50 A
Supa Potássio [®] 0,8 L ha ⁻¹	10,9 A	98,75 A
Supa Potássio [®] 1,6 L ha ⁻¹	13,0 A	99,25 A
Supa Potássio [®] 2,4 L ha ⁻¹	11,0 A	99,75 A
Supa Potássio [®] 3,2 L ha ⁻¹	19,5 A	98,25 A
Fungicida (Dithane)	12,0 A	99,50 A

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A presença de *Fusarium* nas sementes, principalmente em sementes produzidas por plantas não pulverizadas com Supa Potássio, não foi suficiente para causar perda de germinabilidade (Tabela 2), já que as sementes foram produzidas em ótimas condições de temperatura, umidade relativa e disponibilidade de água, devido à irrigação suplementar, quando necessário.

O regime hídrico é o principal fator climático a ser considerado, em se tratando de qualidade de sementes. Segundo Carvalho & Nakagawa (1988), em duas circunstâncias, a ocorrência de chuvas pode exercer influência decisiva sobre o período de viabilidade das sementes. A primeira refere-se à fase em que a semente está acumulando matéria seca, na qual a baixa disponibilidade de água no solo resulta na formação de sementes de menor densidade ou, até mesmo, “chocha”, as quais terão menor armazenabilidade. Outra fase muito mais sensível ao regime hídrico, ocorre na maturidade, quando o ideal é a menor ou a não incidência de chuva, para que a semente sofra um mínimo de deterioração no campo.

A análise de variância (Tabela 5A) não revelou diferenças significativas entre as percentagens de lignina, tanto em sementes como em folhas de plantas conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio[®], na presença e na ausência do fungo *C. lindemuthianum*.

Nas análises incluindo o tratamento caracterizado pela aplicação de Dithane às plantas (Tabela 6A) também não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, nas sementes e nas folhas. Entretanto, quando foram considerados os valores de percentagem de lignina de tegumentos e cotilédones mais embrião de sementes de feijão sem aplicação e com aplicação de 3,2 L . ha⁻¹ de Supa Potássio, foi observada diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 7A). Maior percentagem de lignina foi observada no tegumento das sementes, quando foi aplicado o Supa Potássio[®]. Considerando-se a semente inteira, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos sem e com a aplicação de Supa Potássio[®], os quais não diferiram do tratamento com pulverização de Dithane (Tabela 3).

O ácido silícico e o ácido bórico reagem com fenóis, como o ácido caféico, um precursor da síntese de lignina, para formar mono, di ou complexos

poliméricos de silício. Portanto, possivelmente, o silício altera a síntese de lignina. Esta possível ligação entre o silício e a síntese de lignina é um importante foco da função bioquímica do silício (Mengel & Kirkby, 1978).

A lignina é considerada substância resistente aos patógenos, pois dificulta sua colonização. Porém, não inviabiliza o acesso dos patógenos ao interior das plantas. Assim, as plantas tentam se defender dos invasores com a formação de novas barreiras estruturais, como a deposição de lignina e de outras substâncias (Agrios, 1997, citado por Silva et al., 2005).

TABELA 3 Resultados médios da quantificação de lignina em sementes oriundas de plantas de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio[®] e com aplicação do fungicida Dithane e de tegumentos e cotilédones mais embrião de sementes de feijoeiro com e sem aplicação de Supa Potássio[®]. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamentos	Lignina (%)
Semente inteira - Supa Potássio [®] 0 L . ha ⁻¹	1,48 C
Semente inteira - Supa Potássio [®] 0,8 L . ha ⁻¹	1,23 C
Semente inteira - Supa Potássio [®] 1,6 L . ha ⁻¹	1,28 C
Semente inteira - Supa Potássio [®] 2,4 L . ha ⁻¹	1,38 C
Semente inteira - Supa Potássio [®] 3,2 L . ha ⁻¹	1,28 C
Semente inteira - Fungicida (Dithane)	1,38 C
Tegumento - Supa Potássio [®] 0 L . ha ⁻¹	1,90 B
Cotilédone + embrião - Supa Potássio [®] 0 L . ha ⁻¹	1,80 B
Tegumento - Supa Potássio [®] 3,2 L . ha ⁻¹	2,32 A
Cotilédone + embrião - Supa Potássio [®] 3,2 L . ha ⁻¹	2,00 B

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Pelas imagens de microscopia de luz, pode-se verificar que a testa das sementes produzidas na presença da dose $3,2L \cdot ha^{-1}$ de Supa Potássio[®] foi mais espessa que a das sementes produzidas na ausência do produto (Figura 6). Este espessamento se deve à deposição de lignina neste local, pois o corante utilizado é específico para a distinção de compostos lignificados.

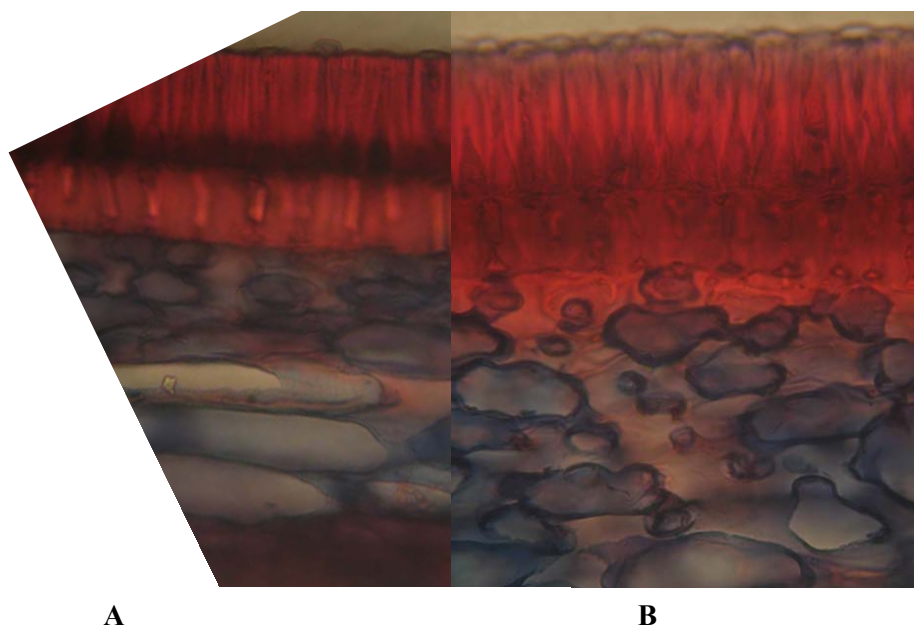


FIGURA 6 Imagens de microscopia de luz de cortes de tegumentos de sementes de feijoeiro oriundas de plantas produzidas na ausência (A) e na presença (B) de Supa Potássio[®] na dose $3,2 L \cdot ha^{-1}$. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Existe uma relação importante entre a organização estrutural e a nutrição do vegetal. Evidentemente, a nutrição mineral contribui com a composição da organização estrutural, ou seja, quando a planta recebe ou deixa de receber macro e micronutrientes, evidenciam-se alterações em sua estrutura. A nutrição mineral, por sua vez, pode ter efeito secundário sobre a resistência de plantas ao ataque de pragas e doenças, ou seja, quando os efeitos da nutrição se manifestaram nas características físicas que possibilitam mais resistência (Marschner, 1995).

Segundo Yamada (1995), a resistência das plantas a patógenos pode ser aumentada por mudanças na sua anatomia e nas propriedades fisiológicas e bioquímicas. A resistência pode ser aumentada pela alteração nas respostas da planta aos ataques parasíticos pelo aumento da formação de barreiras mecânicas, com a lignificação e a síntese de toxinas, como as fitoalexinas.

O tegumento da maioria das sementes é constituído, essencialmente, de estruturas lignocelulósicas, caracterizando uma malha tridimensional entrecruzada de fibras unidas, em que a lignina tem papel fundamental na coesão desta estrutura (Krassig & Bonnett, 1993).

De acordo com a análise de variância não paramétrica (Tabelas 24A e 25A), houve diferença significativa entre os tratamentos para a variável severidade da antracnose, tanto em folhas como em vagens de feijoeiro, com e sem inoculação de *Colletotrichum lindemuthianum*.

Nas plantas como um todo, quando o patógeno foi inoculado às plantas, menor severidade da antracnose foi observada quando as plantas foram pulverizadas com 2,4 e 3,2 L ha⁻¹ de Supa Potássio e com o fungicida. Quando o patógeno não foi inoculado às plantas, menor severidade da antracnose foi observada quando as plantas foram pulverizadas com 2,4 L ha⁻¹ de Supa

Potássio (Tabela 4).

Já nas vagens, quando o patógeno foi inoculado às plantas, menor severidade da antracnose foi observada quando as plantas foram pulverizadas com 0,8 e 2,4 L ha⁻¹ de Supa Potássio e com o fungicida. Quando o patógeno não foi inoculado às plantas, menor severidade da antracnose foi observada quando as plantas foram pulverizadas com 1,6 e 3,2 L ha⁻¹ de Supa Potássio (Tabela 5).

O fato de o silício ter diminuído a severidade da antracnose nas folhas, ramos e, principalmente, nas vagens, explica a redução da percentagem de sementes infectadas com o *C. lindemuthianum* e também com *Fusarium* (Figuras 4 e 5 e Tabela 2), ou seja, o silício promoveu a proteção das plantas ao ataque do patógeno.

TABELA 4 Resultados das comparações múltiplas não paramétricas da severidade da antracnose em folhas de plantas de feijoeiro não pulverizadas (sem) com Supa Potássio[®], pulverizadas com as doses 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 L ha⁻¹ e em folhas de plantas com aplicação do fungicida Dithane (Fung), na presença e na ausência do fungo *C. lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fungo	Tratamentos					Fung
	Sem	0,8	1,6	2,4	3,2	
Com	4 B	3 B	3 B	2,5 A	2 A	2,25 A
Sem	3 B	2 B	1,75 B	1,25 A	1,75 B	-

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha diferem, pelo teste de comparações múltiplas, a 5% de probabilidade.

TABELA 5 Resultados das comparações múltiplas não paramétricas da severidade da antracnose em vagens de plantas de feijoeiro não pulverizadas com Supa Potássio[®], pulverizadas com as doses 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 L ha⁻¹ e em vagens de plantas com a aplicação do fungicida Dithane, na presença e na ausência do fungo *C. lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fungo	Tratamentos					Fung
	Sem	0,8	1,6	2,4	3,2	
Com	5,75 B	1,25 A	2,5 B	1,25 A	2 B	2,5 A
Sem	3,25 B	2,25 B	1 A	1,5 B	1,25 A	-

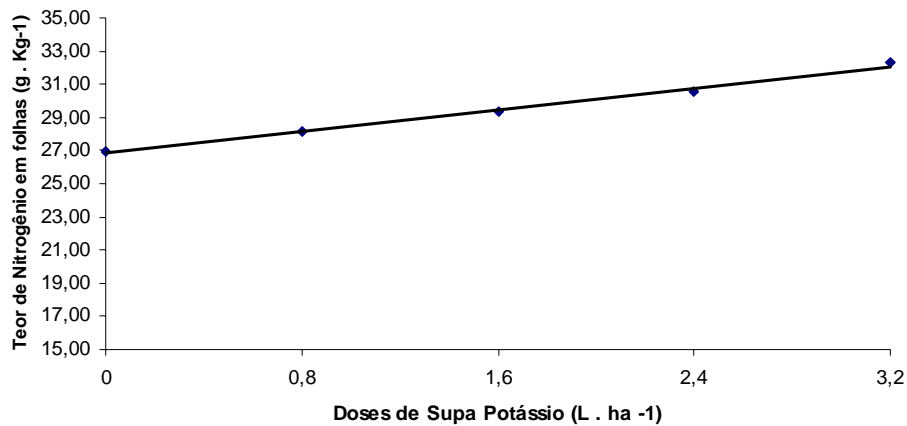
Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha diferem, pelo teste de comparações múltiplas, a 5% de probabilidade.

A severidade de diversas doenças que causam perdas às diversas culturas pode ser diminuída com a aplicação de produtos à base de silício, principalmente em plantas acumuladoras. No arroz, a cultura mais estudada em relação ao silício, doenças, como brusone, escaldaura e queima-da-bainha, têm seus prejuízos reduzidos quando existe a aplicação de silício (Seebold et al., 2000; Rodrigues et al., 2003a e 2003b). Porém, plantas classificadas como intermediárias ou não acumuladoras também podem ser beneficiadas com esta adubação, como o cafeeiro e o feijoeiro (Santos, 2002 e Moraes, 2004).

Por meio da análise de variância (Tabelas 8A, 10A, 12A e 14A), não se observaram diferenças significativas em relação aos teores de potássio (K), cálcio (Ca), enxofre (S), fósforo (P) e nitrogênio (N), nas sementes e potássio (K), magnésio (Mg), enxofre (S) e fósforo (P), nas folhas de plantas conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio[®], na presença e na ausência do fungo *C. lindemuthianum*. Já para as variáveis magnésio (Mg) nas sementes e cálcio (Ca)

nas folhas, houve efeito da presença e da ausência do fungo. Efeito significativo das doses foi observado para o parâmetro teor de nitrogênio (N) nas folhas.

O teor de nitrogênio nas folhas aumentou quando aumentaram as doses de Supa Potássio® (Figura 7). Este aumento é facilmente explicado pela relação direta entre nitrogênio e potássio, já que o Supa Potássio® fornecido às plantas de feijoeiro contém 20% de SiO₂ e 15% de K, sendo também classificado como silicato de potássio. Conforme Malavolta (1980), as funções fisiológicas do potássio nas plantas estão associadas ao papel no metabolismo e na formação de carboidratos; à quebra e à translocação do amido; à atuação no metabolismo do nitrogênio e na síntese de proteínas; à regulação da atividade de vários nutrientes; à neutralização de ácidos orgânicos e ao ajuste da relação entre movimento estomatal e água, por meio da turgidez da célula.



$$y = 26,9713 - 1,4754 x, R^2 = 0,70$$

FIGURA 7 Representação gráfica da equação de regressão para teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro, em função das doses de Supa Potássio®. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Maior teor de magnésio foi observado em sementes de feijoeiro oriundas de plantas que não foram inoculadas com *Colletotrichum lindemuthianum*. Maior teor de cálcio foi observado folhas de plantas de feijoeiro oriundas de plantas que foram inoculadas com *Colletotrichum lindemuthianum* (Tabela 6)

TABELA 6 Resultados médios do teor de magnésio em sementes e cálcio em folhas de plantas de feijão produzidas na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fungo	Teor de magnésio (g . kg semente⁻¹)	Teor de cálcio (g . kg semente⁻¹)
Com	1,88 B	28,59 A
Sem	2,06 A	26,47 B

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Quando o tratamento caracterizado pela aplicação de Dithane às plantas foi incluído na análise (Tabelas 9A, 11A, 13A e 15A), não foi observada diferença significativa entre os tratamentos, nas variáveis teores de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) enxofre (S), fósforo (P) e nitrogênio (N), tanto em sementes como em folhas.

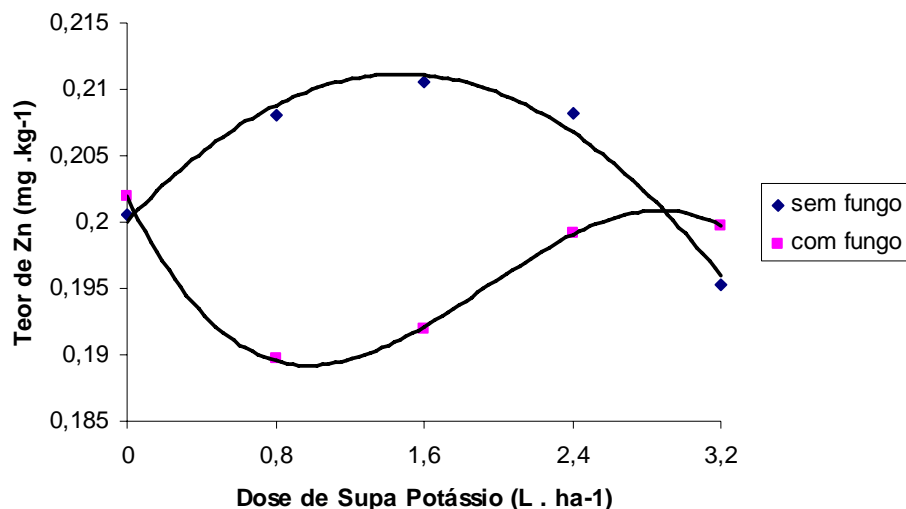
Por meio da análise de variância (Tabelas 16A, 18A, 20A e 22A), não se observaram efeitos significativos da antracnose e doses para os parâmetros teores de silício (Si), boro (B), ferro (Fe), cobre (Cu) e manganês (Mn), nas sementes e silício (Si), boro (B), ferro (Fe), Zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn), nas folhas de plantas conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio® na presença e na ausência do fungo *C. lindemuthianum*. A interação doses de

Supa Potássio® e presença e ausência do fungo foi significativa para a variável zinco (Zn) nas sementes.

Quando o tratamento caracterizado pela aplicação de Dithane às plantas foi incluído na análise (Tabelas 17A, 19A, 21A e 23A), não foi observada diferença significativa entre os tratamentos, em todas as variáveis analisadas, sendo elas teores de silício (Si), boro (B), zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu) e manganês (Mn), tanto em sementes como em folhas.

Quando não houve a inoculação de *Colletotrichum lindemuthianum* nas plantas, maior teor de zinco nas sementes ($0,21 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) foi obtido quando se aplicou $1,6 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Supa Potássio®. Na presença do fungo, houve, inicialmente, diminuição do teor de zinco nas sementes até um valor mínimo de $0,189 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, quando foram aplicados $0,93 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ do produto, seguido de aumento no teor deste elemento até o valor máximo $0,203 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, quando se aplicaram $3,16 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Figura 8).

Maior teor de zinco foi observado em sementes oriundas de plantas sem inoculação de *Colletotrichum lindemuthianum*, quando, nestas plantas, foi aplicado o Supa Potássio®, nas doses $0,8$ e $1,6 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$, não sendo encontrada diferença significativa nas demais doses testadas (Tabela 7).



Legenda: sem: $y = 0,2019 - 0,0280x + 0,01843x^2 - 0,003x^3$, $R^2 = 0,80$
 com: $y = 0,2005 + 0,0125x - 0,0039x^2 + 0,0125x$, $R^2 = 0,87$

FIGURA 8 Representação gráfica da equação de regressão para teor de zinco em sementes, em função das doses de Supa Potássio®. UFLA, Lavras, MG, 2008.

TABELA 7 Resultados médios do teor de zinco em de sementes de feijão produzidas sob diferentes doses de Supa Potássio®, na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fungo	Doses de Supa Potássio® (L . ha ⁻¹)				
	0	0,8	1,6	2,4	3,2
Com	0,20 A	0,19 B	0,20 B	0,20 A	0,20 A
Sem	0,20 A	0,20 A	0,22 A	0,21 A	0,20 A

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Em análise complementar, com acréscimo dos valores do teor de silício em tegumentos e cotilédones mais embriões de sementes de feijão sem aplicação e com aplicação de 3,2 L . ha⁻¹ de Supa Potássio[®], diferença significativa foi encontrada entre os tratamentos (Tabela 7A). Os maiores teores de silício foram observados em amostras de sementes inteiras sem e com aplicação de Supa Potássio[®], em todas as doses, além de sementes oriundas de plantas sem aplicação do produto à base de silício, mas pulverizadas com Dithane, que não diferiram entre si, quando comparados com aos teores de tegumentos e de cotilédones com e sem aplicação de Supa Potássio[®] (Tabela 8).

TABELA 8 Resultados médios do teor de silício em sementes oriundas de plantas de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio[®], com aplicação do fungicida Dithane e de tegumentos e cotilédones de sementes de feijoeiro com e sem aplicação de Supa Potássio[®]. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamentos	Teor de silício (g kg⁻¹)
Semente inteira - Supa Potássio [®] 0 L . ha ⁻¹	2,42 A
Semente inteira - Supa Potássio [®] 0,8 L . ha ⁻¹	2,50 A
Semente inteira - Supa Potássio [®] 1,6 L . ha ⁻¹	1,99 A
Semente inteira - Supa Potássio [®] 2,4 L . ha ⁻¹	2,79 A
Semente inteira - Supa Potássio [®] 3,2 L . ha ⁻¹	3,01 A
Semente inteira - Fungicida (Dithane)	2,42 A
Tegumento - Supa Potássio [®] 0 L . ha ⁻¹	1,08 B
Cotilédone + embrião - Supa Potássio [®] 0 L . ha ⁻¹	0,80 B
Tegumento - Supa Potássio [®] 3,2 L . ha ⁻¹	0,80 B
Cotilédone+ embrião - Supa Potássio [®] 3,2 L . ha ⁻¹	1,08 B

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Mesmo havendo diferença no acúmulo de silício quando as sementes de feijão foram subdivididas em tegumento e cotilédones, os valores são ainda pequenos comparados, com o acúmulo deste elemento em espécies classificadas com acumuladoras de silício, que têm concentração de SiO₂, variando entre 100 e 150 g kg⁻¹ de silício.

Porém, os teores encontrados neste trabalho são compatíveis aos utilizados por Miyake & Takahashi (1983), para classificar as leguminosas, como o feijão, como planta não acumuladora, com concentrações inferiores a 5 g kg⁻¹. Embora não tenha havido grande acúmulo de silício nas folhas e nas sementes de feijoeiro, a adubação com Supa Potássio[®] foi suficiente para reduzir a incidência do *C. lindemuthianum* e de *Fusarium* sp. (Figuras 4 e 5 e Tabela 2).

Assim como no feijão, outras plantas não acumuladoras de Si são beneficiadas com a adubação com produtos à base de silício, como tomate, grama-santo-agostinho e cafeeiro. A adição de silício reduziu significativamente a população da bactéria *Ralstonia solanacearum*, causadora da murcha-bacteriana em tomateiros, no caule dos genótipos moderadamente resistentes e resistentes (Wydra et al., 2005). A aplicação de silicato de cálcio reduziu significativamente a área abaixo da curva de progresso da doença da cercosporiose, doença causada pelo fungo *Magnaporthe grisea*, em plantas de grama-santo-agostinho (Brecht et al., 2004). A intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro também foi reduzida pela aplicação de silicato de sódio no solo, sendo essa redução também relacionada ao maior teor de lignina nas folhas (Santos 2002).

Por meio da análise de variância, não se observaram quaisquer efeitos significativos sobre a matéria seca de plântulas e a lixiviação de potássio em lixiviado de sementes (Tabelas 1A e 5A).

Quando a análise de variância considerou o tratamento caracterizado pela aplicação de Dithane (Tabela 2A), diferença significativa entre os tratamentos foi verificada apenas na variável matéria seca de plântulas.

Verifica-se que as maiores doses de Supa Potássio[®] (2,4 e 3,6 L . ha⁻¹), assim como o fungicida Dithane, reduziram a matéria seca de plântulas. As doses 0, 0,8 e 1,6 L . ha⁻¹ não diferiram quanto a esta variável (Tabela 9).

TABELA 9 Resultados médios de matéria seca de plântulas oriundas de sementes de feijão produzidas sob diferentes doses de Supa Potássio[®] e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Tratamento	Matéria seca (g)
Supa Potássio [®] 0 L . ha ⁻¹	2.30 A
Supa Potássio [®] 0,8 L . ha ⁻¹	2.27 A
Supa Potássio [®] 1,6 L . ha ⁻¹	2.40 A
Supa Potássio [®] 2,4 L . ha ⁻¹	2.06 B
Supa Potássio [®] 3,2 L . ha ⁻¹	2.05 B
Fungicida (Dithane)	2.07 B

As médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Em relação à variável condutividade elétrica, houve efeito do fungo *C. lindemuthianum* (Tabela 1A), tendo maior valor sido observado em lixiviado de sementes oriundas de plantas que não foram inoculadas com o fungo (Tabela 10).

TABELA 10 Resultados médios de condutividade elétrica de massa, após 12 horas de embebição de sementes de feijão produzidas na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fungo	Condutividade elétrica
Com	49,44 A
Sem	55,72 B

As médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Pela avaliação dos sistemas enzimáticos revelados para as enzimas esterase, superóxido dismutase e peroxidase (Foto não apresentada), não foram observadas diferenças entre os padrões eletroforéticos das sementes submetidas aos diferentes tratamentos (Figuras 9 e 10).

No entanto, o fato de não ter havido acúmulo de potássio nas sementes de feijoeiro com a adubação de Supa Potássio pode explicar a não alteração da atividade das enzimas estudadas neste trabalho. Em soja, por exemplo, a atividade da enzima esterase foi influenciada pela adubação com cloreto de potássio no solo. Essa enzima pode estar envolvida no desdobramento de lipídeos, durante o processo de germinação das sementes. Esse processo é importante para a retomada do crescimento do eixo embrionário.

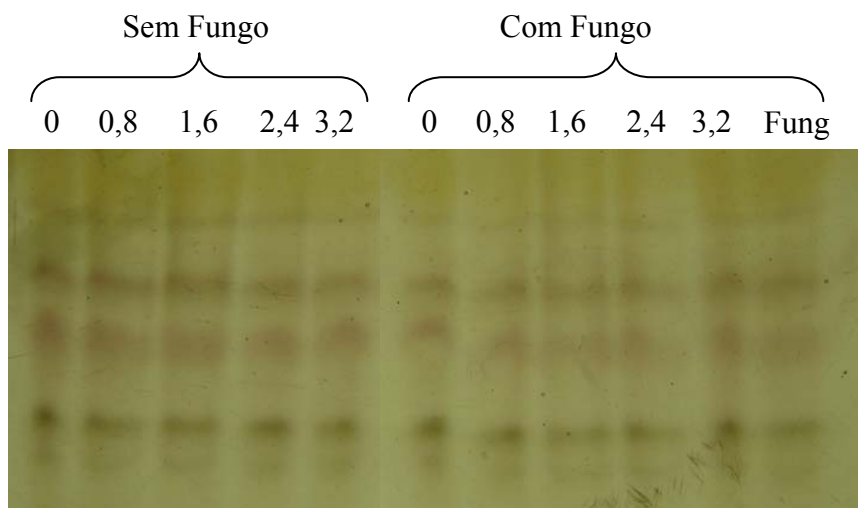


FIGURA 9 Padrões da enzima esterase em sementes de feijoeiro produzidas sob diferentes doses Supa Potássio[®] (0; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 l . ha⁻¹), na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

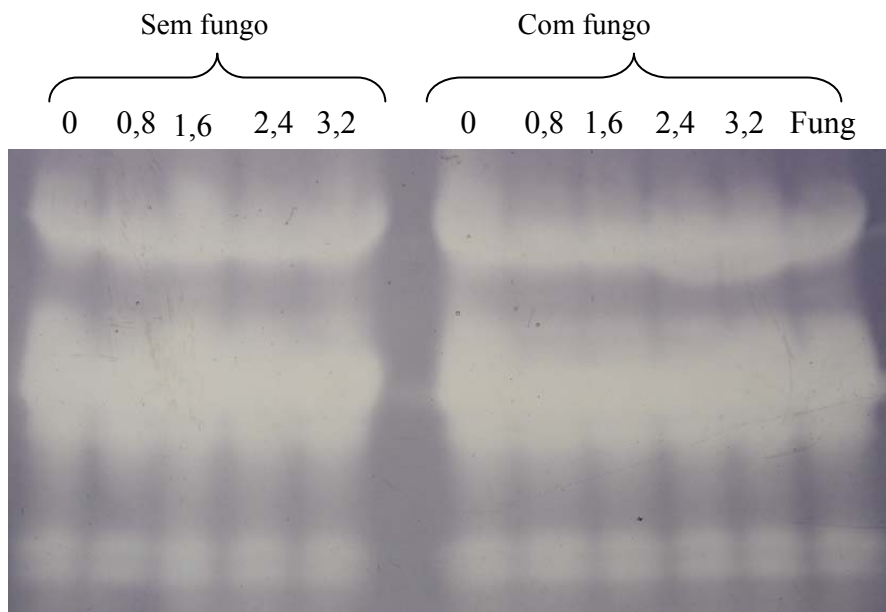


FIGURA 10 Padrões da enzima superóxido dismutase em sementes de feijoeiro produzidas sob diferentes doses Supa Potássio[®] (0; 0,8; 1,6; 2,4 e 3,2 l . ha⁻¹), na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

De forma geral, na presença de silício, houve maior acumulação de silício no tegumento, maior espessura de células e menor incidência da antracnose.

5 CONCLUSÕES

Sementes de plantas adubadas com silício na dose 3,2 L . ha⁻¹ têm maior espessura do tegumento.

Sementes de plantas adubadas com silício na dose 3,2 L . ha⁻¹ têm menor incidência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*.

O teor de zinco nas sementes é influenciado pela adubação com silício via foliar.

O teor de nitrogênio nas folhas é aumentado pela adubação com silício via foliar.

Os teores de cálcio e magnésio nas sementes são influenciados pela presença do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*.

A aplicação de silício em plantas de feijoeiro diminui a intensidade de ataque do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*, tanto nas folhas quanto nas vagens.

Menor incidência de *Fusarium* é encontrada em sementes oriundas de plantas adubadas com silício.

A atividade das enzimas esterase, peroxidase e superóxido dismutase, a germinação e a lixiviação de potássio de sementes de feijoeiro não são afetadas pela adição de silício via foliar.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADATHIA, M.H.; BESFORD, R.T. The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. **Annals of Botany**, v. 58, p. 343-351, 1986.

AGARIE, S.; AGATA, W.; KAUFMAN, P.B. Involvement of silicon in the senescence of rice leaves. **Plant Production Science**, v. 1, n.2, p.104-105, 1998.

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

ALFENAS, A.C.; BRUNE, W. Eletroforese em gel de poliacrilamida. In: ALFENAS, A. C. **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins**: fundamentos e aplicações em plantas e microrganismos. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1998. p. 151-182.

ARF, O.; BUZETTI, S.; ARF, M.V.; SILVA, M.G.; BINOTTI, F.F.S. Aplicação de silício e nutrientes via foliar em feijoeiro de inverno. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Resumo expandido...** Goiânia, GO, 2005. p. 945-948.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Anuário Abrasem 2006**. Brasília, 2006. 86 p.

BARBOSA FILHO, M.P. **Nutrição e adubação do arroz**: sequeiro e irrigado. Piracicaba, SP: Associação Brasileira de Potassa e do Fosfato, 1987. 129p. (Boletim Técnico, 9).

BÉLANGER, R.R.; BEHAMOU, N.; MENZIES, J.G. Cytological evidence of an active role of silicon in wheat resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. tritici). **Phytopathology**, v. 93, n. 4, p. 402-412, 2003.

BERGAMIN FILHO, A.; LOPES, D.B.; AMORIM, L.; GODOY, C.V.; BERGER, R.D. Avaliação de danos causados por doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 3, p.133-184, 1995.

BINDSCHEDLER, L.F.; BLEE, K.A.; BUTT, V.S.; DAVIES, D.R.; GARDNER, S.L.; GERRISH, C.; MINIBAYEVA, F. The apoplastic oxidative burst in response to biotic stress in plants: a threecomponent system. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 1357-1376, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/Legislação>>. Acesso em: 20 fev. 2007.

BRECHT, M.O.; DATNOFF, L.E.; KUCHAREK, T.A.; NAGATA, T.A. Influence of silicon and chlorothalonil on the suppression of gray spot and increase plant growth in St. Augustinegrass. **Plant Disease**, v. 88, n. 4, p. 338-344, 2004.

CAMPOS, H. de. **Estatística experimental não paramétrica**. 4.ed. Piracicaba, SP: ESALQ, 1983. 349 p.

CARVALHO, J.G. **Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência de Solo) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

CARVALHO, N.M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3.ed.rev. Campinas: Fundação Cargil, 1988. 424p.

CHAGAS, J.M.; BRAGA, J.M.; VIEIRA, C.; SALGADO, L. T.; NETO, A. J.; ARAÚJO, G.A.A.; ANDRADE, M.J.B.; LANA, R.M.Q.; RIBEIRO, A.C. Feijão. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 306-309.

CHAVES, G. La antracnosis. In: SCWARTZ, H.F.; GALVES, G.E. **Problemas de producción del frijol: enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris***. Cali, Colombia: CIAT, 1980. p. 37-53.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conabweb//>>. Acesso em: 11 fev. 2008.

CORNÉLIO, V.M.O.; MATOS, C.S.M.; SOARES, A.A.; REIS, M.S.; CORRÊA, C.L. Efeito da adubação com silício na qualidade sanitária de sementes de arroz. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE SEMENTES, 9., 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo, RS: 2006. v. 9.

CORREA-VICTORIA, F.; DATNOFF, L.E.; WINSLOW, M.D.; OKADA, K.; FRIESEN, D.K.; SANZ, J.I.; SNYDER, G.H. Deficiência de silício em arroz de sequeiro em solos de savana altamente degradados da Colômbia. II. Doenças e qualidade de grão. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMERICA LATINA E O CARIBE: Arroz na America Latina: perspectivas para o incremento da produção e do potencial produtivo, 9., 1994, Goiânia. **Anais...** Goiânia, GO: EMBRAPA-CNPAP, 1996. v. 2, p. 161. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 62).

ELLIOTT, C. L.; SNYDER, G. H. Autoclave-induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 34, p.1118-1119, 1991.

ELLET, C.W. Soil fertility and diseases development. **Better Crops**, Atlanta, v. 57, n. 3, p. 6-8, 1973.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas de produção**. Disponível em: <<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2008.

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

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

EPSTEIN, E. Silicon in plants: Facts vs. Concepts. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G.H; KORNDORFER, G.H. **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. p. 149-158.

FAGGIANI, E.P. **O silício na defesa de limão rugoso (*Citrus jambhiri*) a *Phytophthora nicotianae* pv. *parasitica***. 2002. 66p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) – Universidade de São Paulo. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP.

FARIA, R. **Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FAWE, A.; ABOU-ZAID, M.; MENZIES, J.G; BELANGER, R.R. Silicon-mediated accumulation off flavonoide phytoalexins in cucumber. **Phytopatology**, v. 88, p. 396-401, 1998.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: UFSCAR, 2000. p.255-258.

FOY, C.D. Soil chemical factors limiting plant root growth. **Advances in Soil Science**, v. 19, p. 97-149, 1992.

FRANÇA NETO, J.B.; COSTA, N.P.; HENNING, A.A.; SFREDO, G.J.; BOERKET, C.M.; OLIVEIRA, M.C.N. Efeito de doses e métodos de aplicação de cloreto de potássio sobre a qualidade da semente de soja. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa Soja. **Resultados de pesquisa de soja 1985/1986**. Londrina, 1987. p. 180-183.

FRANZOTE, B.P.; SILVEIRA, L.S.M.; ANDRADE, M.J.B.; VIEIRA, N.M.B.; SILVA, V.M.P.; CARVALHO, J.G. Aplicação foliar de silício em feijoeiro comum. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 8., 2005, Goiânia. **Resumo expandido...** Goiânia, GO: 2005. p. 957-960.

HENNING, A.A.; YORINORI, J.T.; FRANÇA NETO, J.B.; COSTA, N.P.; PALHANO, J.B.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. Efeito do potássio sobre a incidência de doenças da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 4., 1985, Brasília. **Resumos...** Brasília: ABRATES, 1985. p. 138.

HEPPERLY, P.R.; SINCLAIR, J.B. Quality losses in *Phomopsis* infected soybean seeds. **Phytopathology**, v.68, p.1684-1687, 1978.

HUBER, D.M.; ARNY, D.C. Interactions of potassium with plant disease. In: MUNSON, R.O. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: ASA/CSSA/SSA, 1985. p. 467-88.

INANAGA, S.; OKASAKA, A. Does silicon exist in association with organic compounds in rice plant? **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 41, n. 1, p. 111-117, 1995.

ITO, M.F.; TANAKA, M.A.S.; MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T.; DUDIENAS, C.; GALLO, P.B. Potassium reduces incidence of soybean leaf blight caused by cercospora kikuchii. **Better crops International**, Atlanta, v. 8, n. 1, p. 16-17, 1992.

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. ; PEDROSA, M.G. ; LANNA, R.M.Q. ; BRITO, C.H. de ; MELO, B. de . Influencia do silicio na redução da podridão de sementes por *Fusarium semitectum* na cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 57-63, 2004.

KAO, C.H. Differential effect of sorbitol and polyethylene glycol on antioxidant enzymes in rice leaves. **Plant Growth Regulation**, v. 39, p. 83-89, 2003.

KIM, S.G.; KIM, K.W.; PARK, E.W.; CHOI, D. Silicon-induced cell wall fortification of rice leaves: A possible cellular mechanism of enhanced host resistance to blast. **Phytopathology**, v. 92, n. 10, p.1095-1103, 2002.

KIRALY, Z. Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients in fertilizers. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 12., 1976, Berne. **Proceedings...** Berne: International Potash Institute, 1976. p.33-46.

KORNDORFER, G.H.; ARANTES, V.A.; CORRÊA, G.F.; SNYDER, G.H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p. 623-629, 1999.

KORNDÖRFER, G.H. & I. LEPSCH. 1999. **Effect of silicon on plant growth and yield**. Silicon in Agriculture. 26- 30 Sept., Fort Lauderdale.

KRASSIG, H.A.; BONNETT, R. **Cellulose: structure, accessibility and reactivity**. London: Taylor and Francis, 1993. 376 p. (Polymer Monographs, 11).

LEE, K.S.; AHN, S.B.; RHEE, G.S.; YEON, B.Y.; PARK, J.K. Studies of silica application to nursery beds on rice seedling growth. **Research Report Rural Development Administration, Plant Environment, Mycology, Farm Product Utilization of the Korea Republic**, v. 27, n. 1, p. 23-27, 1985.

LIMA, M.T.G. **Interrelação cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum f. sp. Meridionalis*), nodulação (*Brasyrhizobium japonicum*) e silício em soja [*Glycine max* (L) Merrill]**. 1998. 58 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Universidade de São Paulo. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP.

LIMA FILHO, O.F.; LIMA, M.T.G.; TSAI, S.M. O silício na agricultura. **Informativo Agrônômico**, n. 87, p. 1-7, 1999. Encarte Técnico.

MA, J.F.; MYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDORFER, G.H. **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. p. 17-39.

MA, J.; NISHIMURA, K.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth of rice plant at different growth stages. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 35, p. 347-356, 1989.

MAHUKU, G.S.; RIASCOS, J.J. Virulence and molecular diversity within *Colletotrichum lindemuthianum* isolates from Andean and Mesoamerican bean varieties and regions. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 110, n. 3, p. 253-263, Mar. 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1986. p. 369-390.

MARSCHENER H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 889 p.

MASCARENHAS, H.A.A.; PATRÍCIO, F.R.A.; TANAKA, M.A.S.; TANAKA, R.T.; PIANOSKI, J. Ocorrência de fungos em sementes de soja produzidas sob calagem e adubação potássica residuais. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 3, p.426-430, set./dez. 1995.

MCKEAGUE, J.A.; CLINE, M.G. Si in soil solutions (I) Form and concentration of dissolved Si in aqueous extracts of some soils. (II) Adsorption of monosilic acid by soil and other substances. **Advances in Agronomy**, v. 15, p. 339-396, 1963.

MCNEW, G.L. **Plant diseases**. Washington: USDA, 1953. 940p.

MENGEL, K.; HIRKBY, M.G. **Principles of plants nutrition**. 4.ed. Bern: International Potash Institute, 1978. 687 p.

MEYER, J.H.; KEEPING, M.G. Past, present and future research of role of silicon for sugarcane in Southern Africa. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDORFER, G.H. **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. p. 257-275.

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

MORAES, S.R.G. **Fontes e doses de silício na intensidade da antracnose do feijoeiro**. 2004. 89 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

NEERGAARD, P. **Seed pathology**. London: The Mac Millan, 1979. 839 p.

PERRENOUD, S. **Potassium and plant health**. 2.ed. Berne: International Potash Institute, 1990. 363p.

QIN, G.Z.; TIAN, S.P. Enhancement of biocontrol activity of *Cryptococcus laurentii* by silicon and the possible mechanism involved. **Phytopathology**, v. 95, n. 1, p.69-75, 2005.

RAIJ, B van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres/Potafós, 1991. 343 p.

REIS JUNIOR, R.A. **Produtividade de soja em função da pulverização com Supa Potássio**. Chapadão do Sul, MS: Fundação de Apoio à Pesquisa de Chapadão, 2004.

RESENDE, G.M.; YURI, J. E; MOTA, J.H.; R. JUNIOR, J.C.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J.G. Produção de alface americana em função de doses e época de aplicação de Supa Potássio. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 174-178, 2005.

RICHARDSON, M.S. An annotated list of seed borne diseases. 3.ed. **Proc. Int. Seed Test. Assoc.**, v. 11, p. 9-279, 1979.

RITCHEY, K.D.; CERKAUSKAS, R.F.; SILVA, J.E. da; VILELA, L. Residual effects of potassium and magnesium on soybean yield and on disease incidence in cerrado dark red latosol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 8, p. 825-32, ago. 1987.

RODRIGUES, F.A. **Fertilização silicatada na severidade da queima das bainhas (*Rhizoctonia solani* K.) do arroz**. 2000. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RODRIGUES, F.A.; DATNOFF, L.E.; KORNDORFER, G.E.; SEEBOLD, K.W.; RUSH, M.C. Effect of silicon and host resistance on sheath blight development in rice. **Plant Disease**, v. 85, n. 8, p. 827-832, 2001.

RODRIGUES, F.A.; BENHAMOU, N.; DATNOFF, L.E.; JONES, J. B.; BÉLANGER, R. R. Ultrastructural and cytochemical aspects of silicon-mediated rice blast resistance. **Phytopathology**, v. 93, n. 5, p.535-546, 2003a.

RODRIGUES, F.A.; VALE, F.X.R.; DATNOFF, L.E.; PRABHU, A.S.; KORNDORFER, G.E. Effect of rice growth stages and silicon on sheath blight development. **Phytopathology**, v. 93, n. 3, p. 256-261, 2003b.

RODRIGUES, F.A.; MCNALLY, D.J.; DATNOFF, L.E.; JONES, J.B.; LABBÉ, C.; BEHAMOU, N.; MENZIES, J.G.; BÉLANGER, R.R. Silicon enhances the accumulation of dipteroid phytoalexins in rice: A potential mechanism for blast resistance. **Phytopathology**, v. 94, n. 2, p. 177-183, 2004.

SANGSTER, A.G.; HODSON, M.J.; PARRY, D.W. Silicon deposition and anatomical studies in the inflorescence bracts of four *Phalaris* species with their possible relevance to carcinogenesis. **New Phytologist**, v. 93, p. 105-122, 2001.

SANTOS, D.M. dos. **Efeito do silício na intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. e Cooke) e mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2002. 43 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SAS[®] Institute Inc. **SAS/STAT[®] user's guide: version 6**. 4.ed. Cary, NC, 1989. v.2, 846 p.

SCHUERGER, A.C.; HAMMER, W. Suppression of powdery mildew on greenhouse-grown cucumber to hydroponic nutrient solution is inhibited at high temperature. **Plant Disease**, v. 87, n. 2, p. 177-185, 2003.

SEEBOLD, K.W.; DATNOFF, L.E.; CORREA-VICTORIA, F.J.; KUCHAREK, T.A.; SNYDER, G.H. Effect of silicon rate and host resistance on blast, scald, and yield of upland rice. **Plant Disease**, v. 84, n. 8, p. 871-876, 2000.

SEEBOLD, K.W.; DATNOFF, L.E.; CORREA-VICTORIA, F.J.; KUCHAREK, T.A.; SNYDER, G.H. Effects of silicon and fungicides on the control of leaf and neck blast upland rice. **Plant Disease**, v. 88, n. 3, p. 253-258, 2004.

SIG, J.W.; TURNER, F.T.; WHITNEY, N.G. Suppression of anthracnose on soybeans with potassium fertilizer and benomyl. **Better Crops With Plant Food**, Atlanta, v.77, n.1, p.12-13, 1992.

SILVA, D.L. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa, MG: UFV, 1981.

SILVA, K.J.D. **Distribuição e caracterização de isolados de *Colletotrichum lindemuthianum* no Brasil**. 2004. 86p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, L.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V.J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botânica Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 183-194, 2005.

SINCLAIR, J.B. Latent infection of soybean plants and seeds by fungi. **Plant Disease**, v. 75, n. 3, p. 220-224, 1991.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: The Benjamin/Cummings, 1991. 559 p.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHI, R. **Science of the rice plant: physiology**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, 1995. cap. 5, p. 420-433.

TAKAHASHI, E.; KANAREUGSA, C.; SOMBOONDUMRONGKUL, J.; PRASITTIKHET, J. The effect of silicon, magnesium and zinc on the yield of rice. In: SYMPOSIUM ON PADDY SOILS, 1980, Nanjing. **Proceedings...** Nanjing, China: 1980. p. 82-83.

WYDRA, K.; DIOGO, R.; DANNON, E.; SEMRAU, J. Soil amendment with silicon and bacterial antagonists induce resistance against bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* in tomato. In: CONFERENCE ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH FOR DEVELOPMENT, 2005, Stuttgart. **Proceedings...** Stuttgart, Hohenheim: 2005.

YAMADA, T. A nutrição mineral e a resistência das plantas as doenças. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.72, p. 1-4, dez. 1995.

YOSHIDA, S. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. **Bulletin of the National Agronomic Science of Japan Serie B**, v. 15, p. 1-58, 1965.

YASSUDA, M. **Comportamento de fosfatos em solos de cerrado**. 1989. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba, SP.

ANEXOS

	Página
TABELA 1A	
Resumo da análise de variância dos resultados da detecção do fungo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> em sementes, matéria seca de plântulas e condutividade elétrica de massa, após 12 horas de embebição de sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> . UFLA, Lavras, MG, 2008.....	75
TABELA 2A	
Resumo da análise de variância dos resultados da detecção do fungo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> em sementes, matéria seca de plântulas e condutividade elétrica de massa, após 12 horas de embebição de sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.....	75

TABELA 3A	Resumo da análise de variância dos resultados de incidência de <i>Fusarium</i> sp. e <i>Alternaria</i> sp., e de germinação (%) de sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> UFLA, Lavras, MG, 2008.....	76
TABELA 4A	Resumo da análise de variância dos resultados de incidência de <i>Fusarium</i> sp. e <i>Alternaria</i> sp. e de germinação (%) de sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.....	76
TABELA 5A	Resumo da análise de variância dos resultados quantificação de lignina em folhas e sementes oriundas de plantas de feijoeiro conduzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio na presença e na ausência do fungo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> . UFLA, Lavras, MG, 2008.....	77
TABELA 6A	Resumo da análise de variância dos resultados de quantificação de lignina em folhas e em sementes e de lixiviação de potássio de lixiviado de sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.....	77

TABELA 7A	Resumo da análise de variância dos resultados de quantificação de lignina e teor de silício em sementes oriundas de plantas de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane e de tegumentos e cotilédones de sementes de feijoeiro com e sem aplicação de Supa Potássio. UFLA, Lavras, MG, 2008.....	78
TABELA 8A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> . UFLA, Lavras, MG, 2008.....	78
TABELA 9A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em sementes de feijão produzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.....	79

TABELA 10A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> . UFLA, Lavras, MG, 2008.....	79
TABELA 11A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.....	80
TABELA 12A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de enxofre (S), fósforo (P) e nitrogênio (N) em sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> . UFLA, Lavras, MG, 2008.....	80

TABELA 13A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de enxofre (S), fósforo (P) e nitrogênio (N) em sementes de feijão produzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.....	81
TABELA 14A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de enxofre (S), fósforo (P) e nitrogênio (N) em folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> . UFLA, Lavras, MG, 2008.....	81
TABELA 15A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de enxofre (S), fósforo (P) e Nitrogênio (N) em folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.....	82
TABELA 16A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de silício (Si), boro (B) e zinco (Zn) em sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> . UFLA, Lavras, MG, 2008.....	82

TABELA 17A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de silício (Si), boro (B) e zinco (Zn) em sementes de feijão produzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008..	83
TABELA 18A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de silício (Si), boro (B) e zinco (Zn) folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> . UFLA, Lavras, MG, 2008.....	83
TABELA 19A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de silício (Si), boro (B) e zinco (Zn) em folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.	84
TABELA 20A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de ferro (Fe), cobre (Cu) e manganês (Mn) em sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> . UFLA, Lavras, MG, 2008.....	84

TABELA 21A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de ferro (Fe), cobre (Cu) e manganês (Mn) em sementes de feijão produzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.....	85
TABELA 22A	Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de ferro (Fe), boro (B) e manganês (Mn) em folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> . UFLA, Lavras, MG, 2008.....	85
TABELA 23A	Resumo da análise de variância (QM) não paramétrica de severidade de ataque de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> em plantas e vagens de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane, na presença do fungo <i>C. lindemuthianum</i> . UFLA, Lavras, MG, 2008.....	86
TABELA 24A	Resumo da análise de variância (QM) não paramétrica de severidade de ataque de <i>Colletotrichum lindemuthianum</i> em plantas e vagens de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane, na presença do fungo <i>C. lindemuthianum</i> . UFLA, Lavras, MG, 2008.....	86

TABELA 25A Resumo da análise de variância (QM) não paramétrica de severidade de ataque de *Colletotrichum lindemuthianum* em plantas e vagens de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane, na ausência do fungo *C. lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008..... 87

TABELA 1A. Resumo da análise de variância dos resultados da detecção do fungo *Colletotrichum lindemuthianum* em sementes, matéria seca de plântulas e condutividade elétrica de massa, após 12 horas de embebição de sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Detecção	Matéria seca	Condutividade
Blocos	3	0,003087	0,053883	90,143500
Fungo	1	0,059290	0,232563	393,630760 *
Erro 1	3	0,006937	0,062749	12,496420
Doses	4	0,136940 *	0,089221	54,953831
Dose X Fungo	4	0,021815	0,028581	84,125454
Erro 2	24	0,011349	0,046501	56,697122
Total	39			
CV 1 (%)		10,80	11,72	6,72
CV 2 (%)		13,82	10,09	14,32

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 2A. Resumo da análise de variância dos resultados da detecção do fungo *Colletotrichum lindemuthianum* em sementes, matéria seca de plântulas e condutividade elétrica de massa, após 12 horas de embebição de sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Detecção	Quadrados médios	
			Matéria seca	Condutividade
Tratamentos	5	0,034128	0,088754 *	86,986548
Blocos	3	0,005293	0,051138 *	34,227126
Erro	15	0,028170	0,014368	90,673536
Total	23			
CV (%)		20,01	5,47	19,24

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 3A. Resumo da análise de variância dos resultados de incidência de *Fusarium* sp. e *Alternaria* sp., e de germinação (%) de sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum* UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		<i>Fusarium</i> sp.	<i>Alternaria</i> sp.	Germinação
Blocos	3	0,060950	0,000390	0,010809 *
Fungo	1	0,003240	0,034810	0,003423
Erro 1	3	0,006967	0,003750	0,001129
Doses	4	0,158928 *	0,054690	0,008753
Dose X Fungo	4	0,010753	0,055110	0,002348
Erro 2	24	0,019025	0,004137	0,008240
Total	39			
CV 1 (%)		8,82	10,59	2,23
CV 2 (%)		14,57	11,12	6,02

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 4A. Resumo da análise de variância dos resultados de incidência de *Fusarium* sp. e *Alternaria* sp. e de germinação (%) de sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		<i>Fusarium</i> sp.	<i>Alternaria</i> sp.	Germinação
Tratamentos	5	0,102730 *	0,005390	0,003604
Blocos	3	0,020961	0,000817	0,005004
Erro	15	0,007421	0,005390	0,008458
Total	23			
CV (%)		9,34	13,29	6,05

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 5A. Resumo da análise de variância dos resultados quantificação de lignina em folhas e sementes oriundas de plantas de feijoeiro conduzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios			
	GL	Lignina semente	Lignina folhas	Lixiviação de potássio
Blocos	3	0,000033	0,000183	135,681723
Fungo	1	0,000090	0,003063	45,559496
Erro 1	3	0,000137	0,002709	15,165162
Doses	4	0,000048	0,000035	3,904979
Dose X Fungo	4	0,000065	0,000113	16,408379
Erro 2	24	0,000116	0,000119	10,120469
Total	39			
CV 1 (%)		1,91	6,81	6,80
CV 2 (%)		1,76	1,43	5,55

TABELA 6A. Resumo da análise de variância dos resultados de quantificação de lignina em folhas e em sementes e de lixiviação de potássio de lixiviado de sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios			
	GL	Lignina semente	Lignina folhas	Lixiviação de potássio
Tratamentos	5	0,000050	0,000093	10,810427
Blocos	3	0,000100	0,002331	69,814450 *
Erro	15	0,000137	0,000215	14,385980
Total	23			
CV (%)		1,90	1,86	6,82

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 7A. Resumo da análise de variância dos resultados de quantificação de lignina e teor de silício em sementes oriundas de plantas de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane e de tegumentos e cotilédones de sementes de feijoeiro com e sem aplicação de Supa Potássio. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios		
	GL	Lignina semente	Silício
Tratamentos	9	0,000876 *	2,970574 *
Blocos	3	0,000079	0,419569
Erro	27	0,000088	0,177532
Total	39		
CV (%)		1,50	22,31

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 8A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios			
	GL	K	Ca	Mg
Blocos	3	123,333333	0,028229	0,010396
Fungo	1	10,000000	0,061622	0,311522 *
Erro 1	3	283,333333	0,072202	0,011323
Doses	4	133,750000	0,032359	0,003371
Dose X Fungo	4	191,250000	0,008904	0,010629
Erro 2	24	232,500000	0,022118	0,005563
Total	39			
CV 1 (%)		11,04	14,57	5,41
CV 2 (%)		10,00	8,06	3,79

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 9A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em sementes de feijão produzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		K	Ca	Mg
Tratamentos	5	244,166667	0,029477	0,009784
Blocos	3	159,722222	0,014372	0,000404
Erro	15	139,722222	0,026659	0,006944
Total				
CV (%)	23	7,72	8,94	

TABELA 10A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios			
	GL	K	Ca	Mg
Blocos	3	3,142433	6,545700	0,755129
Fungo	1	1,383840	45,028840 *	0,023522
Erro 1	3	0,745967	3,501513	0,315383
Doses	4	0,835454	10,850485	0,540006
Dose X Fungo	4	0,824996	20,006190	0,488266
Erro 2	24	0,746508	10,156394	1,239183
Total	39			
CV 1 (%)		19,44	6,80	11,55
CV 2 (%)		19,45	11,58	22,89

* significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 11A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) em folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		K	Ca	Mg
Tratamentos	5	0,648557	9,775227	0,874467
Blocos	3	2,223900	14,917893	0,994033
Erro	15	0,994177	7,698756	1,778993
Total	23			
CV (%)		21,57	9,59	26,76

TABELA 12A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de enxofre (S), fósforo (P) e nitrogênio (N) em sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		S	P	N
Blocos	3	0,047649	0,098109	23,025000
Fungo	1	0,885062	0,535922	0,025000
Erro 1	3	0,443722	0,058223	9,091667
Doses	4	0,064144	0,057394	16,337500
Dose X Fungo	4	0,039994	0,052454	10,212500
Erro 2	24	0,039550	0,063189	9,225000
Total	39			
CV 1 (%)		39,56	13,88	10,57
CV 2 (%)		11,81	14,46	10,65

TABELA 13A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de enxofre (S), fósforo (P) e nitrogênio (N) em sementes de feijão produzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios			
	GL	S	P	N
Tratamentos	5	0,059784	0,032450	4,066667
Blocos	3	0,305893 *	0,476311 *	2,944444
Erro	15	0,037106	0,086148	3,511111
Total	23			
CV (%)		10,44	10,03	6,59

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 14A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de enxofre (S), fósforo (P) e nitrogênio (N) em folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios			
	GL	S	P	N
Blocos	3	3,142433	0,098109	11,300000
Fungo	1	1,383840	0,535922	22,500000
Erro 1	3	0,745967	0,058223	12,366667
Doses	4	0,835454	0,057394	53,412500 *
Dose X Fungo	4	0,824996	0,052454	12,562500
Erro 2	24	0,746508	0,063189	18,020833
Total	39			
CV 1 (%)		19,44	13,88	11,94
CV 2 (%)		19,45	14,46	14,41

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 15A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de enxofre (S), fósforo (P) e Nitrogênio (N) em folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios			
	GL	S	P	N
Tratamentos	5	0,648557	0,076184	18,966667
Blocos	3	2,223900	0,071115	8,944444
Erro	15	0,994177	0,115129	10,411111
Total	23			
CV (%)		21,57	18,29	11,29

TABELA 16A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de silício (Si), boro (B) e zinco (Zn) em sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios			
	GL	Si	B	Zn
Blocos	3	0,000067	8,633087	0,000017
Fungo	1	0,000160	1,062760	0,000640
Erro 1	3	0,000080	4,558487	0,000153
Doses	4	0,000060	0,635772	0,000135
Dose X Fungo	4	0,000035	1,575410	0,000215 *
Erro 2	24	0,000044	1,590518	0,000068
Total	39			
CV 1 (%)		1,62	19,43	6,18
CV 2 (%)		1,20	11,48	4,12

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 17A. Resumo da análise de variância (QM) dos dados relativos à avaliação dos teores de silício (Si), boro (B) e zinco (Zn) em sementes de feijão produzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do Fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios			
	GL	Si	B	Zn
Tratamentos	5	0,000067	0,628027	0,000160
Blocos	3	0,000094	12,114911	0,000078
Erro	15	0,000051	2,467244	0,000078
Total	23			
CV (%)		1,30	14,20	4,52

TABELA 18A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de silício (Si), boro (B) e zinco (Zn) folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios			
	GL	Si	B	Zn
Blocos	3	0,000010	8,256220	0,001577
Fungo	1	0,000010	15,600010	0,000010
Erro 1	3	0,000010	8,081603	0,000683
Doses	4	0,000004	6,932291	0,000334
Dose X Fungo	4	0,000004	2,569479	0,000054
Erro 2	24	0,000004	4,894345	0,000482
Total	39			
CV 1 (%)		0,55	11,04	12,97
CV 2 (%)		0,33	8,59	10,90

TABELA 19A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de silício (Si), boro (B) e zinco (Zn) em folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Si	B	Zn
Tratamentos	5	0,000007	4,011970	0,000194
Blocos	3	0,000017	2,915883	0,000760
Erro	15	0,000007	7,810023	0,000350
Total	23			
CV (%)		0,45	11,04	9,37

TABELA 20A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de ferro (Fe), cobre (Cu) e manganês (Mn) em sementes de feijoeiro produzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Fe	Cu	Mn
Blocos	3	0,045857	0,000007	0,000529
Fungo	1	0,054760	0,000006	0,001823
Erro 1	3	0,043847	0,000003	0,000189
Doses	4	0,006741	0,000002	0,000091
Dose X Fungo	4	0,001991	0,000002	0,000104
Erro 2	24	0,009633	0,000003	0,000118
Total	39			
CV 1 (%)		140,06	5,85	20,92
CV 2 (%)		65,65	5,51	16,49

TABELA 21A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de ferro (Fe), cobre (Cu) e manganês (Mn) em sementes de feijão produzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Fe	Cu	Mn
Tratamentos	5	0,003228	3,88750000E-0007	0,000057
Blocos	3	0,096649 *	0,000008	0,000500
Erro	15	0,013419	0,000004	0,000077
Total	23			
CV (%)		62,20	6,75	15,01

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 22A. Resumo da análise de variância dos resultados da avaliação dos teores de ferro (Fe), boro (B) e manganês (Mn) em folhas de plantas de feijoeiro conduzidas sob adubação com diferentes doses de Supa Potássio, na presença e na ausência do fungo *Colletotrichum lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Fe	Cu	Mn
Blocos	3	0,004436	0,000009	0,024137
Fungo	1	0,000003	0,000003	0,057760
Erro 1	3	0,000523	0,000029	0,009180
Doses	4	0,003471	0,000006	0,024415
Dose X Fungo	4	0,001359	0,000009	0,001160
Erro 2	24	0,001092	0,000011	0,023304
Total	39			
CV 1 (%)		10,64	25,41	18,66
CV 2 (%)		15,39	15,49	29,73

TABELA 23A. Resumo da análise de variância (QM) não paramétrica de severidade de ataque de *Colletotrichum lindemuthianum* em plantas e vagens de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane, na presença do fungo *C. lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Fe	Cu	Mn
Tratamentos	5	0,003467	0,000060	0,006648
Blocos	3	0,001744	0,000028	0,019238
Erro	15	0,001398	0,000044	0,021108
Total	23			
CV (%)		17,66	29,63	30,67

TABELA 24A. Resumo da análise de variância (QM) não paramétrica de severidade de ataque de *Colletotrichum lindemuthianum* em plantas e vagens de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane, na presença do fungo *C. lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios	
		Plantas	Vagens
Tratamentos	5	2,041667 *	11.141667 *
Erro	18	0,430556	3.236111
Total	23		

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 25A. Resumo da análise de variância (QM) não paramétrica de severidade de ataque de *Colletotrichum lindemuthianum* em plantas e vagens de feijoeiro conduzidas sob diferentes doses de Supa Potássio e com aplicação do fungicida Dithane, na ausência do fungo *C. lindemuthianum*. UFLA, Lavras, MG, 2008.

Fontes de variação	Quadrados médios		
	GL	Plantas	Vagens
Tratamentos	4	1,675000 *	3,325000 *
Erro	15	0,416667	0,616667
Total	19		

* significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.