

RAFAELA CAROLINA CONSTANTINO ROMA

**DIVERSIDADE DE FUNGOS ASSOCIADOS A MANCHAS EM
SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO COM APLICAÇÃO DE
SILICATO DE CÁLCIO E CINZA DE CASCA DE ARROZ**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitopatologia, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R756d
2010

Roma, Rafaela Carolina Constantino, 1985-

Diversidade de fungos associados a manchas em sementes de arroz irrigado com aplicação de silicato de cálcio e cinza de casca de arroz / Rafaela Carolina Constantino Roma.

– Viçosa, MG, 2010.

x, 36f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Olinto Liparini Pereira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 30-36.

1. Arroz - Doenças e pragas. 2. Fitopatologia. 3. Fungos fitopatogênicos. 4. Arroz - Efeito do silício. 5. Sementes - Doenças. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 633.1894

RAFAELA CAROLINA CONSTANTINO ROMA

**DIVERSIDADE DE FUNGOS ASSOCIADOS A MANCHAS EM
SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO COM APLICAÇÃO DE
SILICATO DE CÁLCIO E CINZA DE CASCA DE ARROZ**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitopatologia, para obtenção
do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 10 de fevereiro de 2010.

Prof. Fabrício de Ávila Rodrigues
(Co-orientador)

Prof. Onkar Dev Dhingra
(Co-orientador)

Prof. José Rogério de Oliveira

Prof^a. Denise Cunha Fernandes dos
Santos Dias

Prof. Olinto Liparini Pereira
(Orientador)

*“Mas é preciso ter manha
É preciso ter graça
É preciso ter sonho sempre
Quem traz na pele essa marca
Possui a estranha mania
De ter fé na vida.”*

Maria, Maria – Milton Nascimento

“Por tudo que vivemos, obrigado. Por tudo que viveremos, sim!”

Ivna Sá

Aos meus pais, Onivaldo e Ana Lúcia,
Aos meus irmãos, Pedro, Adriana e André, e
A minha família

DEDICO E OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pelo Seu imenso amor, por Sua providência e Seu cuidado sempre constantes e por me dar forças pra sempre seguir em frente.

Aos meus pais, Onivaldo e Ana Lúcia, pelos exemplos de fé, sabedoria, coragem e por serem sempre meu porto seguro.

Aos meus irmãos, Pedro, Adriana e André, pela alegria e pelo companheirismo, mesmo na distância durante todo esse tempo.

À minha avó Clarinda, aos meus tios, tias, primos e primas pelo apoio e carinho.

Ao Olinto, primeiramente por descobrir a Fitopatologia em mim muito antes que eu me descobrisse nela. À amizade, companheirismo, incentivo, confiança e exemplo que levarei para sempre.

Ao Professor Fabrício Ávila Rodrigues pela dedicação, disponibilidade e sugestões durante todo o trabalho e apoio nas análises estatísticas e de concentração de silício.

Ao Professor Onkar Dev Dhingra pelas sugestões e co-orientação.

À Professora Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias por disponibilizar a câmara tipo B.O.D. para execução do Teste de Blotter, pelo apoio e pelas sugestões.

Ao Professor José Rogério de Oliveira pelas sugestões proferidas na defesa e pela atenção, zelo e preocupação comigo demonstrada desde que ingressei no programa.

Ao Dr. Anne Sitarama Prabhu e à Embrapa Arroz e Feijão por conceder as sementes para desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Antônio Alberto da Silva por disponibilizar o moinho para preparo das amostras para determinação da concentração de silício.

Ao Henrique, pela disponibilidade, atenção, paciência, sugestões, pelos ensinamentos e pelo auxílio nas análises estatísticas e na redação do texto.

Ao Paulo Parizzi, pela orientação dada mediante detecção da praga quarentenária.

À Poliene, pela amizade, prontidão e auxílio na tradução do resumo.

À Fabiana, pelo auxílio ortográfico e principalmente pela amizade.

Às queridas amigas Fumiko, Carine e Larissa pelo apoio, ajuda, disponibilidade, conhecimentos trocados e dentre tantas coisas, pela amizade que nasceu durante o mestrado e que levarei para sempre.

Às amigas-irmãs de república, Cíntia, Lili, Milena e Lorena, pelas conversas, pelos momentos de descontração, pelas risadas, pelo apoio nos momentos de alegria, de tristeza, de desespero, de tranquilidade e no período em que estive ausente da convivência.

Às meninas que moraram e conviveram intensamente comigo durante a graduação e pós-graduação, Marina, Elaine, Luciana, Maristela, Natália e Laila pela companhia e apoio de sempre.

Aos amigos que encontrei na Capela da UFV, em especial aos queridões do Grupo de Oração Cenáculo do Senhor, que me acompanharam de perto durante essa fase, pela amizade, apoio e, mesmo sem querer, por me mostrarem que “*A esperança não engana!*”

À Família Zonta, Flávia, João Batista e ao pequeno José Henrique, pela amizade, carinho e apoio em todos os momentos.

Ao seu Vicente, à D. Fátima e a Faviane, que foram e são minha família em Viçosa e que sempre disponibilizaram em me ajudar no que fosse preciso. Guardarei sempre o exemplo dado por vocês.

Aos funcionários do Departamento de Fitopatologia, Bruno, Camilo, Sara, Rita, Braz, pela disponibilidade em ajudar.

Ao Délio, pela prontidão com assuntos relacionados ao Departamento, pela amizade e principalmente pelos ouvidos disponibilizados em todos os momentos.

À família do Laboratório de Patologia de Sementes e de Pós-Colheita, Larissa, Silvino, Danilo, Meiriele, Deiziane e André pela convivência, pelas risadas, pelos lanches, pela troca de experiências e pela amizade.

Ao Daniel Schurt e demais estudantes do Laboratório de Interação Patógeno-Hospedeiro pelo auxílio com os equipamentos utilizados.

Aos queridos amigos Ana Paula e Gabriel pela amizade, disponibilidade, apoio e presença de coração, mesmo a tantos quilômetros de distância.

À Juliana, pelo incentivo, apoio, ensinamentos e amizade.

Aos amigos do Coral da UFV pela companhia musical que tanto me alegra e pelas boas lembranças, em especial ao maestro Rogério pela oportunidade de cantar.

Aos professores do Departamento de Fitopatologia pelos ensinamentos.

À Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitopatologia e ao Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia por contribuir com minha formação profissional e pela oportunidade.

À CAPES pela concessão da bolsa.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

RAFAELA CAROLINA CONSTANTINO ROMA, filha de Onivaldo Dimas Roma e Ana Lúcia Constantino Roma, nasceu em Guaratinguetá, São Paulo, em 26 de Fevereiro de 1985.

Em março de 2003 ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em 25 de Janeiro de 2008. Durante a graduação executou trabalhos na área de Armazenamento de Grãos, com ênfase em qualidade de grãos armazenados no Departamento de Engenharia Agrícola.

Em março de 2008 iniciou o curso de Mestrado em Fitopatologia, na mesma Instituição, submetendo-se à defesa de dissertação em 10 de Fevereiro de 2010.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. <i>A importância do arroz</i>	4
2.2. <i>Patologia de sementes de arroz</i>	5
2.2.1. <i>Os principais patógenos associados às sementes de arroz</i>	5
2.2.2. <i>Manchas em sementes de arroz</i>	7
2.2.3. <i>A importância da patologia de sementes no manejo integrado de doenças de plantas</i>	8
2.3. <i>A utilização do silício (Si) no manejo integrado de doenças de plantas</i>	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. <i>Índice de escurecimento das sementes</i>	14
3.2. <i>Determinação da concentração de Si no pericarpo das sementes</i>	15
3.3. <i>Teste de sanidade de sementes</i>	16
3.4. <i>Análise estatística</i>	16
4. RESULTADOS.....	18
4.1. <i>Índice de escurecimento de sementes</i>	18
4.2. <i>Concentração de Si no pericarpo das sementes</i>	20
4.3. <i>Diversidade de fungos encontrados nas sementes</i>	20
5. DISCUSSÃO	26
6. CONCLUSÕES	29
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

RESUMO

ROMA, Rafaela Carolina Constantino. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2010. **Diversidade de fungos associados a manchas em sementes de arroz irrigado com aplicação de silicato de cálcio e cinza de casca de arroz.** Orientador: Olinto Liparini Pereira. Co-orientadores: Fabrício Ávila Rodrigues e Onkar Dev Dhingra.

A cultura do arroz tem grande importância no cenário mundial, pois se faz base da alimentação de milhões de pessoas ao redor do mundo. Porém, vários fatores afetam sua produção, dentre eles, as doenças. As manchas em sementes é causada por diversos fungos como *Bipolaris oryzae*, *Pyricularia grisea*, *Microdochium oryzae*, *Phoma sorghina*, *Cladosporium* sp., dentre outros. Em sementes, esta doença pode levar a redução da germinação e queda na produção devido à esterilidade de panículas. A aplicação de silício (Si) tem sido estudada como alternativa para o auxílio no controle de doenças de plantas. Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação de silicato de cálcio e de casca de arroz carbonizada na incidência de fungos associados a manchas em sementes de arroz. Plantas de arroz foram submetidas à aplicação de cinza de casca de arroz e silicato de cálcio nas doses utilizadas foram de 0; 153 e 357 kg/ha de Si. Dois experimentos foram conduzidos, sendo um na safra 2007/2008 e outro na safra 2008/2009 e, posteriormente, amostras de sementes foram analisadas em laboratório. Foram realizadas avaliações do Índice de Escurecimento de Sementes (IES), da Concentração de Si no pericarpo das sementes e a determinação dos fungos presentes nas sementes. Não foi encontrada diferença significativa a partir do teste F para IES e concentração de Si para as duas fontes de Si empregadas, nas doses utilizadas nos dois experimentos, ou seja, a eficiência dos produtos utilizados e a concentração de Si no pericarpo das sementes foi semelhante, independente da dose aplicada. Em geral, os fungos encontrados em ambos experimentos foram *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Fusarium semitectum*, *F. solani*, *Microdochium oryzae*, *Nigrospora oryzae*, *Pyricularia grisea*, *Trichoconiella padwickii* e *Cladosporium cladosporioides*. A incidência destes fungos não foi afetada pela aplicação de casca de arroz carbonizada ou silicato de cálcio nas doses utilizadas.

ABSTRACT

ROMA, Rafaela Carolina Constantino. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2010. **Diversity of fungi seedborne flooded rice seed with application of calcium silicate and rice husk hull.** Advisor: Olinto Liparini Pereira. Co-advisors: Fabrício Ávila Rodrigues and Onkar Dev Dhingra.

The rice crop is of great importance on the world stage because it serves as the main food for millions of people around the world. However, several factors affect its production, mainly the diseases. The seed spot is caused by various fungi such as *Bipolaris oryzae*, *Pyricularia grisea*, *Microdochium oryzae*, *Phoma sorghina*, *Cladosporium* sp. and others. In seeds, this disease can cause reduction on germination and decrease on production due to the sterility of panicles. The application of silicon (Si) has been studied as an alternative in the control of plant diseases. Thus, the aim of this work was to evaluate the effect of calcium silicate and rice husk hulls in the incidence of fungi associated with flooded rice seed. Rice plants were submitted with rice husk hulls and calcium silicate in the doses 0, 153 and 357 kg/ha of Si. Two experiments were performed, one in the 2007/2008 harvest season and another in 2008/2009 and later seed samples were analyzed in the laboratory. Evaluations of Browning Index Seeds (BIS), the Si concentration in the pericarp of the seeds and determination of seedborne fungi were executed. There was no significant difference from the F test for IES and Si concentration for the two sources of Si in the doses used in both experiments. The efficiency of the products used and the concentration of Si in the pericarp of the seeds were similar, independently of the applied dose. In general, the fungi found in both experiments were *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Fusarium semitectum*, *F. solani*, *Microdochium oryzae*, *Nigrospora oryzae*, *Pyricularia grisea*, *Trichoconiella padwickii* and *Cladosporium cladosporioides*. The incidence of these fungi was not affected by the application of rice husk hulls or calcium silicate in the doses used.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) possui grande importância no cenário mundial, sendo base da alimentação e também fonte de emprego para milhões de pessoas (EMBRAPA, 2005). No Brasil, a produção nacional não é capaz de suprir as necessidades exigidas pelo país (CONAB, 2009).

Um dos fatores que levam a queda na produção é a ocorrência de doenças nos diversos estádios de crescimento da planta (Bedendo & Prabhu, 2005), principalmente as causadas por fungos. As sementes também podem ser afetadas, levando a ocorrência da “mancha-de-grãos”, “descoloração” ou “escurecimento” (Tanaka, 1986), que pode ser causado por fungos que atingem as sementes em pré ou pós-colheita e reduz a qualidade delas em maior ou menor intensidade, dependendo da variedade empregada (Malavolta, 1999; Ou, 1987). Diversos fungos estão associados à ocorrência de manchas em sementes como *Drechslera* spp., *Bipolaris*, spp., *Pyricularia grisea* (Cooke) Saccardo, *Trichoconiella padwickii* (Ganguly) B.L. Jain, *Gibberella fujikuroi* (Sawada) Wollenweber, *Gibberella zae* (Schweinitz) Petch, *Nigrospora* spp., *Epicoccum* spp., *Curvularia* spp., *Phoma sorghina* (Saccardo) Boerema, Dorenbosch & Kesteren, *Alternaria* spp. e *Helicoceras oryzae* Linder & Tullis (Ou, 1987; Mew & Gonzales, 2002).

Estes patógenos podem causar redução no rendimento, na qualidade fisiológica e sanitária da semente, podendo gerar perdas no rendimento de até 42,10% devido a doenças foliares e manchas de grãos. (Dallagnol *et al.*, 2006). Para evitar danos excessivos na produção, o manejo integrado de doenças deve ser aplicado e medidas como tratamento de sementes, escolha do local de plantio, rotação de culturas, adubação equilibrada, eliminação de plantas hospedeiras, seleção de variedades resistentes, inspeções no campo

de produção, dentre outras (Neergard, 1979; Veiga, 2008), auxiliam na obtenção de plantas saudáveis e, conseqüentemente, de sementes de maior qualidade sanitária e fisiológica.

Na busca de alternativas sustentáveis no manejo de doenças de plantas, estudos com produtos em cuja composição há silício (Volk *et al.*, 1958; Datnoff *et al.*, 1997; Korndörfer *et al.*, 1999; Rodrigues *et al.*, 2001; Seebold *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2002) têm sido realizados com enfoque para a cultura do arroz, que é uma planta considerada acumuladora de SiO₂ (Miyake & Takahashi, 1983). A aplicação de Si tem diversos efeitos em plantas como resistência a estresse abiótico e biótico (Savant, 1997; Epstein, 1999). O Si acumulado leva a fortificação da parede celular e evita a penetração de fungos através da formação da “dupla camada cutícula-silício” (Rodrigues *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2002), e também induz o acúmulo de compostos fenólicos na interação arroz – *Pyricularia grisea* (Rodrigues *et al.*, 2004), o que prova que este elemento potencializa os mecanismos de defesa da planta (Rodrigues & Datnoff, 2005; Dallagnol, 2008).

A aplicação de Si proporcionou resultados significativos sobre o escurecimento de grãos de arroz (Winslow, 1992; Korndörfer *et al.*, 1999). Aplicando-se 1000 kg/ha de Si, Seebold *et al.* (2000) observaram decréscimo de 26% na incidência do escurecimento de grãos.

Além dos silicatos, uma fonte alternativa de Si é a cinza de casca de arroz (Lanning, 1963; Sawant *et al.*, 1994), que apesar de possuir menor concentração de Si em sua constituição (7,1%), se comparado com as escórias que possuem em torno de 10%, que é um produto de baixo custo (Savant *et al.*, 1997).

A eficácia do Si sobre o controle de doenças em arroz é reconhecida na literatura, porém há poucas descrições sobre a aplicação deste elemento na qualidade de sementes (Cornélio *et al.*, 2006; Veiga, 2008). Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a

diversidade de fungos associados a manchas em sementes de arroz irrigado com aplicação de silicato de cálcio e cinza de casca de arroz.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A importância do arroz

A previsão mundial para a safra 2008/09 de arroz está acima de 430 milhões de toneladas, sendo que a maior parte desta produção é proveniente do Continente Asiático, de países como China e Índia (USDA, 2009). No Brasil, a produção esperada deste grão na safra 2009/2010 é de aproximadamente 12 milhões de toneladas (CONAB, 2010).

A orizicultura tem grande importância econômica e social, pois o arroz é considerado alimento básico para bilhões de pessoas. O arroz é uma importante fonte de carboidratos e proteínas e, juntamente com o feijão, é considerado produto essencial a dieta do brasileiro (Naves, 2007). No Brasil, seu consumo varia de 74 a 76 kg/habitante/ano (EMBRAPA, 2005).

O arroz é cultivado no sistema de cultivo em sequeiro, também conhecido como Terras Altas, ou no sistema irrigado, sendo este último o mais empregado, por ser utilizado na Região Sul, maior região produtora do país (EMBRAPA, 2005; CONAB 2010). Os maiores Estados produtores são Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Mato Grosso, Tocantins e Pará, com 62; 8,2; 6,0; 3,4 e 2,6%, respectivamente, sendo que a área ocupada pela cultura chegou a quase 3 milhões de hectares (CONAB, 2008).

A variabilidade e adaptabilidade do arroz a diferentes localidades, tipos de solo e condições ambientais fazem com que a orizicultura seja considerada uma cultura versátil (Webster & Gunnell, 1992) e, por isso, tem grande potencial para combate a fome. Espera-se para a safra atual uma produtividade média nacional de 4248 kg ha⁻¹ (CONAB, 2010), porém com o crescimento da população, há necessidade do desenvolvimento de variedades mais produtivas que atendam a esta demanda.

2.2. *Patologia de sementes de arroz*

2.2.1. *Os principais patógenos associados às sementes de arroz*

A cultura do arroz é atacada por diversos patógenos como fungos, bactérias, nematóides e vírus (Ou, 1987). Estes fitopatógenos podem estar associados às sementes e serem transmitidos por elas. O vírus RYMV (*Rice yellow mottle vírus*) é uma exceção, pois, embora tenha sido verificado sua presença nas sementes, o que foi demonstrado por Konate *et al.* (2001), este patógeno não é transmitido através deste material propagativo.

O grupo de patógenos que mais afeta as sementes são os fungos (Neergard, 1979). De acordo com Mew & Gonzales (2002), existem 13 principais patógenos de etiologia fúngica associados às sementes de arroz e que causam doenças foliares, no colmo, bainha, raízes, sementes e inflorescências (Tabela 1).

Tabela 1: Principais patógenos fúngicos associados às sementes de arroz de acordo com Mew & Gonzales (2002).

Fungos causadores de doenças foliares

Trichoconiella padwickii (Ganguly) Jain

Bipolaris oryzae (Breda de Haan) Shoemaker

Cercospora janseana (Racib.) Constant.

Microdochium oryzae (Hashioka & Yokogi) Samuels & Hallett

Pyricularia grisea (Cooke) Sacc.

Fungos causadores doenças em colmo, bainha e raízes

Fusarium moniliforme Sheld.

Sarocladium oryzae (Sawada) Gams & Hawksw.

Fungos causadores de doenças em sementes e inflorescência

Curvularia sp.

Fusarium solani (Mart.) Sacc.

Nigrospora sp.

Phoma sorghina (Sacc.) Boerema *et al.*

Pinatubo oryzae Manandhar & Mew

Tilletia barclayana (Bref.) Sacc. & Syd.

Outros fungos são também citados por Mew & Gonzales (2002), como por exemplo *Alternaria* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp., *Helicoceras oryzae*, entretanto com baixa incidência. Além disso, pode-se citar patógenos bacterianos como *Pseudomonas fuscovaginae* (Duveiller *et al.*, 1988), *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* e *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*, sendo que essas duas últimas são considerados pragas quarentenárias ausentes no Brasil (BRASIL, 2008). Outro patógeno que pode ser disseminado através de sementes contaminadas é o nematóide *Aphelenchoides besseyi* (Bedendo & Prabhu, 2005).

2.2.2. *Manchas em sementes de arroz*

A presença de microrganismos pode levar ao escurecimento parcial ou total da superfície das sementes, fenômeno conhecido como mancha-de-grãos, descoloração ou escurecimento de grãos (Tanaka, 1986) ou de sementes (Krishnan & Surya Rao, 2005). Isto pode ser causado por fungos que infectam as sementes antes da colheita ou por saprófitas que se desenvolvem após a colheita. A etiologia fúngica do escurecimento das sementes é complexa, pois diversos fungos podem estar associados, como *Drechslera* spp., *Bipolaris* sp., *P. grisea*, *T. padwickii*, *G. fujikuroi*, *G. zae*, *Nigrospora* spp., *Epicoccum* spp., *Curvularia* spp., *P. sorghina*, *Alternaria* spp. e *H. oryzae*. Phat *et al.* (2005) verificou que a descoloração pode afetar significativamente a germinação das sementes, o peso de 1000 grãos e o número de grãos cheios, dependendo da variedade cultivada. A mancha de grãos tornou-se comum em lavouras orizícolas em diversos países produtores (Ou, 1987) e também no Brasil (Soave *et al.*, 1985; Tanaka, 1986; Malavolta, 1999), com ocorrência tanto em cultivo de terras altas quanto irrigado.

Quando a infecção ocorre no início da formação das sementes, estes já emergem manchados e as glumelas podem ficar completamente escuras (Malavolta, 1999). Em infecções mais tardias, ocorrem manchas com centro claro, no qual, quase sempre, podem ser visualizadas estruturas dos patógenos (Ribeiro & Tanaka, 1984). Dependendo da intensidade da ocorrência, a doença pode provocar danos consideráveis por reduzir a produção de grãos e também depreciar a semente. Além disso, muitos dos grãos atacados por fungos são gessados e se quebram durante o beneficiamento, o que afeta o rendimento da produção (Soave *et al.*, 1985; Tanaka, 1986). Assim, a ocorrência de escurecimento pode afetar não somente a qualidade das sementes, mas também a qualidade dos grãos de arroz (Phat *et al.*, 2005). A ocorrência de mancha de grãos pode afetar a produtividade da lavoura, pois variedades que apresentam maior resistência a essa doença foram mais

produtivas quando comparadas com aquelas que demonstraram ser suscetíveis (Santos *et al.*, 2009).

Além da origem fitopatológica, o escurecimento também pode ser ocasionado por vento, chuvas intensas e insetos, como o percevejo *Oebalus poecilus*, que se alimentam de espiguetas que contém grãos ainda em estado líquido, o que gera portas de entrada para fungos (Ou, 1987; Ferreira & Barrigossi, 2006).

2.2.3. A importância da patologia de sementes no manejo integrado de doenças de plantas

A patologia de sementes compreende a identificação e o controle de patógenos carreados por sementes (Maude, 1996). Grande parte das espécies vegetais agronomicamente importantes são propagadas por meio de sementes e, diversos patógenos podem estar associados a este material e serem disseminados no tempo e no espaço. Assim, esta área da Fitopatologia compreende os estudos da associação patógeno-semente, taxas de transmissão, determinação de níveis de tolerância, aspectos epidemiológicos, métodos de detecção de pragas quarentenárias ou não e controle de doenças por meio de sementes saudáveis (Neergard, 1979). Sementes contaminadas são fontes primárias de inóculo e, mesmo em baixas quantidades, são capazes de fornecer inóculo suficiente para disseminar, contaminar várias plantas e gerar prejuízos (Neergard, 1979).

A associação patógeno-semente pode causar diversos danos a qualidade das sementes (Neergard, 1979). Pode ocorrer perda de germinação, como observado por Nakamura & Sader (1986), em que sementes de arroz com maiores níveis de infecção por fungos apresentaram baixo vigor e baixa germinação. Da mesma forma, Farias *et al.* (2005) verificou que com a presença de patógenos, há um decréscimo na porcentagem de germinação de aveia-preta. Outro dano causado por patógenos em sementes é o

tombamento de plântulas em pré ou pós-emergência, como ocorre em sementes de milho atacadas por *Pythium* sp. ou *Rhizoctonia* sp. (Pereira *et al.*, 2005). Além disso, patógenos podem ser introduzidos em uma área anteriormente isenta destes pela utilização de sementes contaminadas (Machado *et al.*, 2002) e também colaborar com a intensidade da doença no campo, o que pode ser evitado com a utilização de sementes saudáveis (Cornélio *et al.*, 2000).

Os patógenos causadores de escurecimento podem causar redução no rendimento, na qualidade fisiológica e sanitária da semente e as perdas no rendimento podem alcançar até 42,10% devido a doenças foliares e manchas de grãos. (Dallagnol *et al.*, 2006). Segundo Phat *et al.* (2005), altos índices de manchas podem levar a queda de 27,3% na germinação das sementes. Medidas como tratamento de sementes, escolha do local de plantio, rotação de culturas, eliminação de plantas hospedeiras, seleção de variedades resistentes, inspeções no campo de produção, dentre outras (Neergard, 1979), auxiliam no alcance de lavouras saudáveis e, conseqüentemente, de sementes de maior qualidade sanitária e fisiológica. Dentre estas, o tratamento de sementes é uma medida de controle de patógenos que deve ser utilizada, fazendo-se uso dos princípios de controle de erradicação e proteção simultaneamente (Kimati & Bergamim Filho, 1995). Esta técnica é, provavelmente, a medida mais antiga, barata e, às vezes, a mais segura e a que propicia os melhores resultados no controle das doenças de plantas, para alcançar população adequada de plantas, o que propicia maior rendimento (Dhingra *et al.*, 1980). Lobo (2008) verificou que sementes de arroz tratadas com os fungicidas azoxystrobin e pyroquilon apresentaram decréscimo na incidência de fungos como *Drechslera oryzae*, *F. moniliforme*, *M. oryzae*, *Phoma* spp. e *T. padwickii*. Porém, a autora ressalta a ausência de produtos registrados para o tratamento de sementes de arroz.

2.3. A utilização do silício (Si) no manejo integrado de doenças de plantas

Na busca de novas ferramentas para o manejo integrado de doenças de plantas visando a diminuição da utilização de produtos que poluam o meio ambiente, diversos pesquisadores têm estudado os efeitos da adubação silicatada em diversas culturas, sendo o arroz a mais estudada (Volk *et al.*, 1958; Datnoff *et al.*, 1997; Korndörfer *et al.*, 1999; Barbosa Filho *et al.*, 2000; Rodrigues *et al.*, 2001; Seebold *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2002; Rezende *et al.*, 2009).

Há algum tempo têm sido realizadas pesquisas com Si. Volk *et al.* (1958) já relatava a hipótese da combinação de Si com um ou mais componentes presentes na parede celular para formar um complexo relativamente resistente e que poderia contribuir na diminuição da penetração de *P. grisea* nos tecidos foliares.

Como o Si é considerado um elemento benéfico às plantas, pois mesmo não sendo essencial auxilia no desenvolvimento delas, foi instituído no Brasil a partir do Decreto nº 4.954 de 14 de Janeiro de 2004, que o Si deve fazer parte da composição química dos fertilizantes, e devido a isso, foi classificado como micronutriente.

Diversas plantas são classificadas de acordo com o acúmulo de Si em acumuladores, intermediárias e não acumuladoras. São consideradas acumuladoras o arroz e a cana-de-açúcar, cuja concentração de SiO₂ varia de 100 a 150 g/kg. Alguns outros cereais e poucas dicotiledôneas são intermediárias, com 10 a 50 g/kg. Já a maioria das dicotiledôneas são consideradas não acumuladoras, pois acumulam menos de 5 g/kg (Miyake & Takahashi, 1983).

O emprego da fertilização com Si tem diversos efeitos em plantas como resistência a estresse abiótico, diminuição da toxicidade a metais tóxicos e diminuição do efeito da salinidade. Há também os aspectos bióticos como aumento da capacidade de fotossíntese, por manter as folhas da planta mais eretas, redução da transpiração cuticular gerando um

acréscimo na eficiência de utilização de água pela planta e a resistência à pragas e doenças (Savant, 1997; Epstein, 1999).

O Si leva a fortificação da parede celular como meio de resistência a doenças (Rodrigues *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2002), em que há deposição de uma camada de sílica amorfa que impede a penetração de fungos devido a formação da chamada “dupla camada cutícula-silício”. O acúmulo de Si na superfície das folhas e na parede celular da epiderme, da lamela média e espaços intercelulares pode limitar a penetração de *Magnaporthe grisea* e invasão por agir como uma barreira física (Kim *et al.*, 2002).

Além disso, outros aspectos também têm sido analisados como o acúmulo de compostos fenólicos, fitoalexinas na interação arroz – *P. grisea* (Rodrigues *et al.*, 2004), o que demonstra que o Si não exerce apenas uma barreira mecânica contra patógenos, mas também atua ativamente na resistência de plantas a doenças, potencializando mecanismos de defesa (Rodrigues & Datnoff, 2005; Dallagnol, 2008).

Na literatura é possível encontrar diversos exemplos que comprovam a eficiência do Si no controle de doenças de plantas em arroz. Winslow (1992) observou diferenças entre a concentração de Si em cultivares de origem índica e japônica, e por isso, houve diferença na intensidade do escurecimento, pois cultivares tipo japônica acumularam maiores concentrações de Si e, conseqüentemente, a ocorrência de escurecimento, brusone do pescoço, queima-das-bainhas e escaldadura foi reduzida.

No caso de infecção por *Rhizoctonia solani* Kühn, agente causal da queima-das-bainhas, a aplicação de Si pode ser utilizada para aumentar o nível de resistência a doença, principalmente em cultivares suscetíveis e moderadamente suscetíveis quando implantados em solos com baixa ou limitada disponibilidade de Si, o que auxilia o manejo da ausência de variedades comerciais resistentes (Rodrigues *et al.*, 2001). Resultados semelhantes também foram alcançados por Seebold *et al.* (2001) para o patossistema arroz - *P. grisea*.

A aplicação de Si em plantas de arroz também tem efeito sobre a mancha-de-grãos, como observado por Winslow (1992) e Korndörfer *et al.* (1999), que verificaram que a aplicação de Si reduziu a incidência de sementes escurecidas. Seebold *et al.* (2000) observaram que com a aplicação de 1000 t/ha de Si, houve redução de 26% na incidência de manchas.

Diversas são as fontes de Si disponíveis, tais como serpentinita, silicato de alto forno e wollastonita (Berni & Prabhu, 2003), sendo que nesta última o Si é mais disponível no solo e também a sua absorção pelas plantas (Pereira *et al.*, 2004). Outra possibilidade é a utilização de casca de arroz carbonizada, que também é reconhecida como fonte de Si para plantas (Lanning, 1963; Sawant *et al.*, 1994), sendo uma alternativa ao silicato, pois é um material de baixo custo e também um resíduo das indústrias beneficiadoras de arroz (Savant *et al.*, 1997). É evidente que a casca de arroz não é uma fonte de Si tão eficiente quanto aos sub-produtos, os silicatos, já que contém 7,1% de Si em sua composição (Savant *et al.*, 1997).

Como já citado, há relatos dos efeitos de Si sobre a ocorrência de doenças em folhas, pescoço da panícula, bainha, panícula e mancha-de-grãos em arroz. Porém, há poucas descrições do efeito da aplicação de fontes de Si na qualidade de sementes (Cornélio *et al.*, 2006; Veiga, 2008). Há relato da maior eficácia do tratamento de sementes com aplicação de Si, o que gera menor severidade da doença e, conseqüentemente, ao aumento da produção (Berni & Prabhu, 2003). Todavia, não é conhecido o efeito destes produtos na diversidade de fungos associados a manchas em sementes de arroz irrigado com aplicação de silicato de cálcio e cinza de casca de arroz.

3. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de sementes de arroz utilizadas neste estudo foram provenientes de experimentos conduzidos na EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), e as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Patologia de Sementes e de Pós-Colheita do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e no Laboratório de Pesquisa em Sementes, do Departamento de Fitotecnia (UFV).

Plantas de arroz da variedade BRS - Alvorada foram cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo que recebeu 30 dias antes da semeadura doses de cinza de casca de arroz e doses de silicato de cálcio (Agrosilício[®], Excell Minerais e Fertilizantes Ltda), além de calcário. Estes produtos foram aplicados a lanço e em seguida incorporados ao solo a partir de uma aração e duas gradagens.

As doses de cinza de casca de arroz foram de 3,0 e 7,0 t/ha e as de silicato de cálcio 1,43 e 3,34 t/ha. Visando isolar o efeito do Si fornecido pela cinza de casca de arroz e pelo silicato de cálcio, procedeu-se a adição de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio com o objetivo de equilibrar as concentrações de cálcio e magnésio aplicadas. Houveram duas testemunhas, sendo uma correspondente às doses de cinza de casca de arroz (1) e a outra às doses de silicato de cálcio (2), onde foi adicionado apenas calcário ao solo.

Tabela 2: Produtos utilizados e respectivas quantidades de silício (Si), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) fornecidas.

	Doses (t/ha)		
Calcário (testemunha 1)	0,253	0	0
Calcário (testemunha 2)	0,253	0	0
Cinza de casca de arroz	0	3	7
Silicato de cálcio	0	1,43	3,34
Quantidade de Si	0	0,153	0,357
Quantidade de Ca	0,0392	0,0392	0,0392
Quantidade de Mg	0,007	0,007	0,007

Foram conduzidos dois experimentos, o primeiro na safra 2007/2008 e o outro na 2008/2009, sendo que a aplicação das fontes de Si foi realizada apenas no experimento 1. No ano seguinte, avaliando-se o efeito residual dos produtos aplicados na safra 2007/2008. As amostras de sementes de cada experimento foram coletadas em cada uma das unidades experimentais e encaminhadas ao Departamento de Fitopatologia da UFV para o procedimento das análises.

3.1. *Índice de escurecimento das sementes*

Para determinação do Índice de Escurecimento de Sementes (IES) foram retiradas aleatoriamente 200 sementes de cada repetição de cada tratamento e estas foram submetidas à análise visual, com o auxílio de uma escala de notas, sugerida pelo “International Rice Research Institute” (IRRI, 1996) (Tabela 3).

Tabela 3: Escala de notas para determinação da severidade da descoloração de grãos.

Notas	Severidade (%)
0	0
1	< 1
3	1 – 5
5	6 – 25
7	26 – 50
9	51 – 100

Após determinação das notas de severidade de manchas em sementes foi empregado o Índice de Mckinney (McKinney, 1923) para se obter o IES através da seguinte fórmula:

$$IES = \frac{\sum(f \cdot v)}{n \cdot x} \cdot 100$$

onde: IES = índice de escurecimento de sementes; f = número de sementes com determinada nota de severidade; v = nota observada; n = número de sementes analisadas; e x = a maior nota da escala.

3.2. Determinação da concentração de Si no pericarpo das sementes

Inicialmente, as sementes de cada repetição de cada tratamento foram depositadas em uma superfície áspera e pressionadas por outra superfície plástica rígida para separação do pericarpo do endosperma. Em seguida, o pericarpo das sementes de arroz foi triturado com a utilização de um moinho tipo Willey. Após este procedimento, aproximadamente 0,1 g de material foi depositado em tubo de microcentrífuga, de forma que, de cada repetição foram realizadas 3 amostras. A concentração de Si foi determinada de acordo com a metodologia de Korndörfer *et al.* (2004).

3.3. *Teste de sanidade de sementes*

Para determinação da diversidade fúngica das amostras de sementes de plantas de arroz cultivadas em solo que recebeu aplicação de cinza de casca de arroz, silicato de cálcio e calcário foi aplicado o teste de sanidade, utilizando-se o Método do Papel-Filtro, também conhecido como Teste de Blotter (Neergard, 1979).

Foram utilizadas 200 sementes amostradas conforme Item 3.1 para a execução deste teste. Para a desinfestação superficial, procedeu-se a imersão das sementes em álcool 50% por 1 minuto, seguido de hipoclorito de sódio 1% também por 1 minuto e, por último, em água estéril. Posteriormente, as sementes foram dispostas sobre papel-filtro em gerbox e, em seguida, em geladeira por 24 h e, após este período, em congelador por 48 h. Após este procedimento, as sementes foram incubadas em câmaras tipo B.O.D. a temperatura de 28 °C, com fotoperíodo de 12 h onde permaneceram por 6 dias, até o surgimento dos sinais dos patógenos. Após este período, as sementes foram analisadas individualmente com o auxílio de microscópio estereoscópico e microscópio de luz quando necessário.

Para montagem das lâminas, com o auxílio de um estilete flambado, parte do material fúngico presente na semente foi retirado e depositado em uma gotícula de lactofenol disposta na superfície de uma lâmina de vidro. Em seguida, uma lamínula foi colocada sobre a gotícula onde as estruturas fúngicas estavam presentes e, assim, o material foi observado sob microscópio de luz. Procedeu-se a identificação a nível de espécie fúngica, no caso de materiais de maior representatividade, utilizando-se de chaves taxonômicas.

3.4. *Análise estatística*

O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas continham os produtos empregadas (calcário, cinza de casca de arroz e silicato de cálcio) e as subparcelas as doses de cada uma das fontes. Na

dose zero, onde foi realizada apenas aplicação de calcário, foi considerada testemunha, pois não recebeu Si. Foi realizada análise de variância (teste F a 5% de probabilidade) com o auxílio do programa SAS versão 9.0 (SAS Institute, Inc., Cary, NC) para as variáveis IES e concentração de Si. Os dados correspondentes à diversidade fúngica nas sementes foram analisados por meio de estatística descritiva, utilizando-se a média e o desvio-padrão. Os gráficos foram obtidos pelo software SIGMA PLOT versão 11.0.

4. RESULTADOS

4.1. Índice de escurecimento de sementes

Ao analisar os dados referentes aos dois experimentos, verificou-se que não houve diferença significativa quanto ao produto utilizado, às doses empregadas e a interação entre estes dois fatores pelo teste F a 5% de probabilidade.

Observa-se na Figura 1 os valores médios de IES encontrados em sementes que receberam aplicação de calcário, cinza de casca de arroz e silicato de cálcio em diferentes doses nos dois experimentos. Confirmando o resultado do teste F, os valores de IES não permitem diferenciação dos produtos e doses de Si utilizados em ambas as safras.

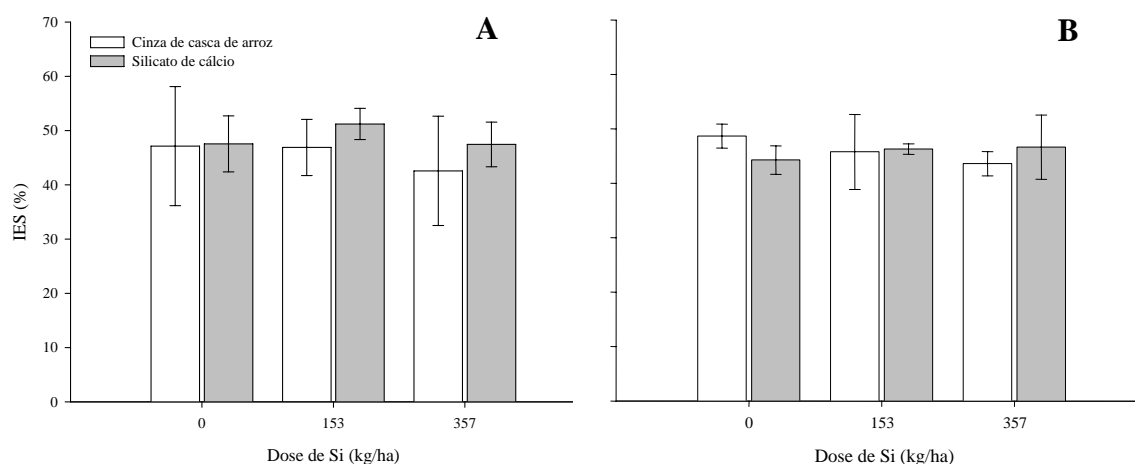


Figura 1: Índice de escurecimento de sementes (IES) oriundas de plantas cultivadas em solo que não recebeu (dose 0) e que recebeu aplicação de cinza de casca de arroz e silicato de cálcio (153 e 357 kg/ha de Si) no experimento 1 (A) e 2 (B). A aplicação das fontes de silício foi realizada apenas no primeiro ano de cultivo. As barras verticais correspondem ao desvio padrão para cada média.

Na Figura 2, pode-se verificar visualmente que não houve diferença no efeito dos tratamentos aplicados sobre o IES, ou seja, o aumento da dose de Si não gerou redução ou aumento nos valores dessa variável.

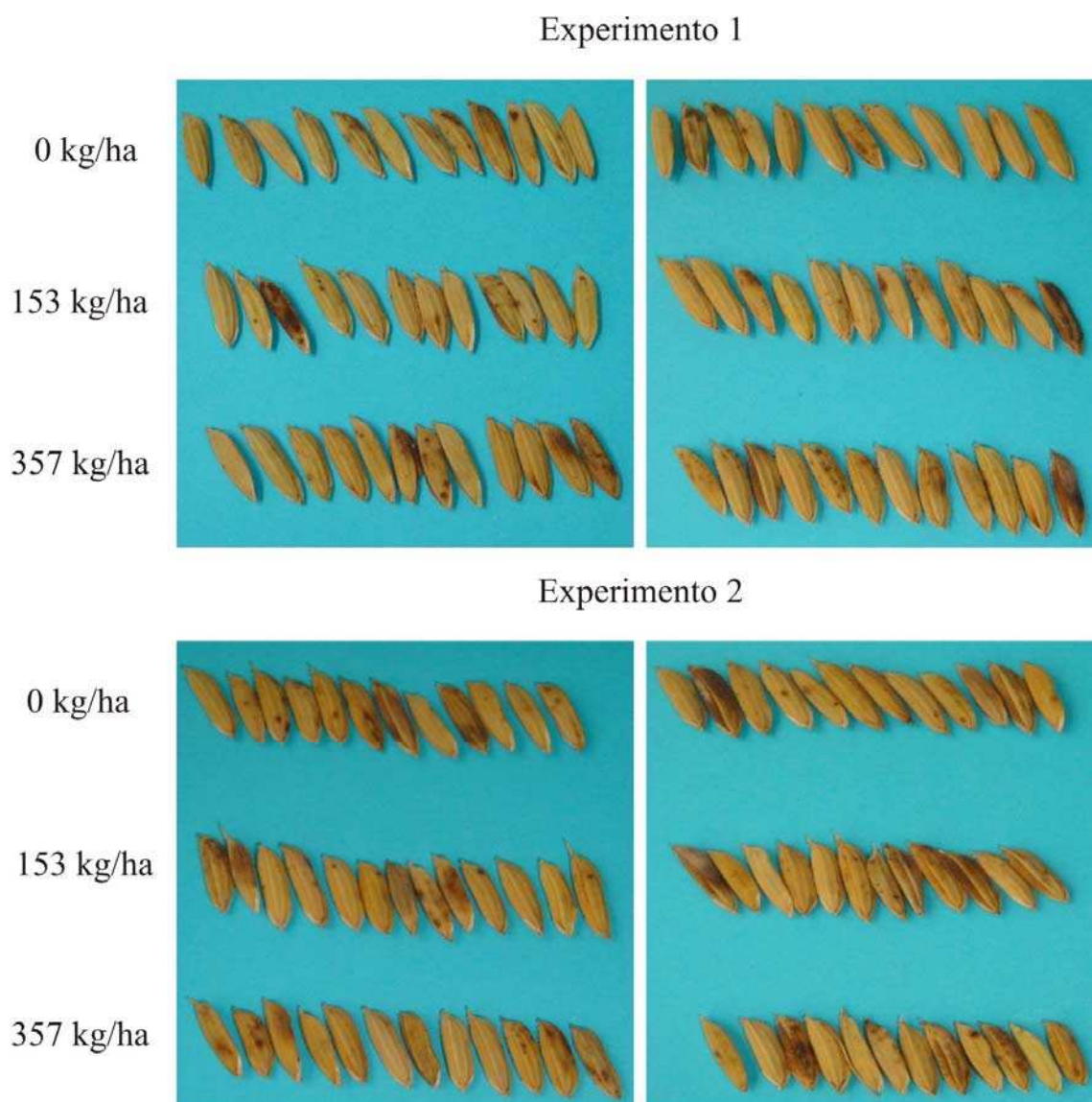


Figura 2: Efeito de cinza de casca de arroz (A) e silicato de cálcio (B) no pericarpo de sementes oriundas de plantas cultivadas em solo que não recebeu (dose 0) e que recebeu aplicação de cinza de casca de arroz e silicato de cálcio (153 e 357 kg/ha de Si) no experimento 1 e 2. A aplicação das fontes de silício foi realizada apenas no primeiro ano de cultivo.

4.2. Concentração de Si no pericarpo das sementes

Para a variável concentração de Si não foi encontrada diferença significativa entre os produtos, doses e na interação produtos x doses mediante teste F a 5% de probabilidade.

Semelhante ao IES, a concentração de Si no pericarpo das sementes não diferiu entre ambas as fontes de Si e nas diferentes doses nos dois experimentos, o que pode ser observado na Figura 3, o que também confirma o resultado obtido pelo teste F.

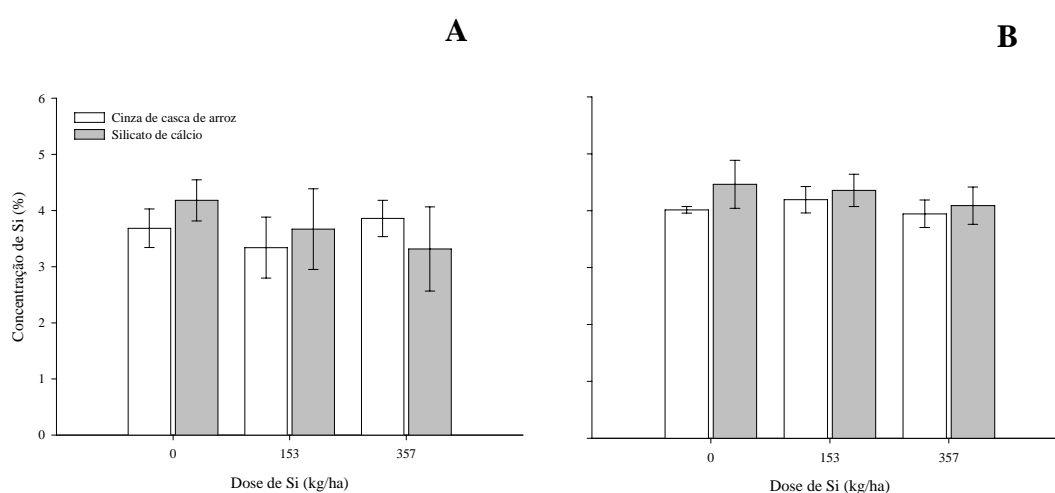


Figura 3: Concentração de Silício (Si) do pericarpo de sementes de arroz oriundas de plantas cultivadas em solo que não recebeu (dose 0) e que recebeu aplicação de cinza de casca de arroz e silicato de cálcio (153 e 357 kg/ha de Si) no experimento 1 (A) e 2 (B). A aplicação das fontes de silício foi realizada apenas no primeiro ano de cultivo. As barras verticais correspondem ao desvio padrão para cada média.

4.3. Diversidade de fungos encontrados nas sementes

Nas Tabelas 4 e 5 estão apresentados os fungos encontrados nas amostras de sementes de arroz a partir do Teste de Blotter nos experimentos 1 e 2. Foram detectados fungos patogênicos e saprófitas nas sementes de arroz em ambas as safras. Comparando-se os fungos encontrados na testemunha com os demais produtos, em geral, observa-se que não houve variação nos gêneros encontrados no experimento 1. Com exceção de *Helicoceras*

sp. e *Aspergillus* sp. que foram encontrados na testemunha, *Botrytis cinerea* em cinza de casca de arroz, *Penicillium* sp. em cinza de casca de arroz e silicato de cálcio, os demais fungos foram encontrados nas sementes provenientes as áreas em que foram aplicados ambas as fontes de Si e também na testemunha (Tabela 4). Na safra posterior, não houve variação nos fungos detectados para nenhuma das fontes de Si estudadas e também para a testemunha (Tabela 5).

Tabela 4: Fungos encontrados nas sementes de arroz provenientes de plantas cultivadas em solo que não recebeu (dose 0) e que recebeu aplicação de cinza de casca de arroz e silicato de cálcio (153 e 357 kg/ha de Si) no experimento 1.

Testemunha*	Cinza casca de arroz	Silicato de cálcio
Fungos fitopatogênicos		
<i>Bipolaris oryzae</i>	<i>Bipolaris oryzae</i>	<i>Bipolaris oryzae</i>
<i>Curvularia lunata</i>	<i>Curvularia lunata</i>	<i>Curvularia lunata</i>
<i>Fusarium semitectum</i>	<i>Fusarium semitectum</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>
<i>Fusarium solani</i>	<i>Fusarium solani</i>	<i>Fusarium semitectum</i>
<i>Helicoceras</i> sp.	<i>Microdochium oryzae</i>	<i>Fusarium solani</i>
<i>Microdochium oryzae</i>	<i>Nigrospora oryzae</i>	<i>Microdochium oryzae</i>
<i>Nigrospora oryzae</i>	<i>Phoma sorghina</i>	<i>Nigrospora oryzae</i>
<i>Phoma sorghina</i>	<i>Pyricularia grisea</i>	<i>Phoma sorghina</i>
<i>Pyricularia grisea</i>	<i>Trichoconiella padwickii</i>	<i>Pyricularia grisea</i>
<i>Trichoconiella padwickii</i>		<i>Trichoconiella padwickii</i>
Fungos saprófitas		
<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Cladosporium cladosporioides</i>
<i>Chaetomium</i> sp.	<i>Chaetomium</i> sp.	<i>Penicillium</i> sp.
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	
	<i>Penicillium</i> sp.	

*Dose 0, ou seja, ausência da aplicação de cinza de casca de arroz e silicato de cálcio.

Tabela 5: Fungos encontrados nas sementes de arroz provenientes de plantas cultivadas em solo que não recebeu (dose 0) e que recebeu aplicação de cinza de casca de arroz e silicato de cálcio (153 e 357 kg/ha de Si) no experimento 2.

Testemunha*	Cinza de casca de arroz	Silicato de cálcio
Fungos fitopatogênicos		
<i>Bipolaris oryzae</i>	<i>Bipolaris oryzae</i>	<i>Bipolaris oryzae</i>
<i>Curvularia lunata</i>	<i>Curvularia lunata</i>	<i>Curvularia lunata</i>
<i>Fusarium semitectum</i>	<i>Fusarium semitectum</i>	<i>Fusarium semitectum</i>
<i>Fusarium solani</i>	<i>Fusarium solani</i>	<i>Fusarium solani</i>
<i>Microdochium oryzae</i>	<i>Microdochium oryzae</i>	<i>Microdochium oryzae</i>
<i>Nigrospora oryzae</i>	<i>Nigrospora oryzae</i>	<i>Nigrospora oryzae</i>
<i>Phoma sorghina</i>	<i>Phoma sorghina</i>	<i>Phoma sorghina</i>
<i>Pyricularia grisea</i>	<i>Pyricularia grisea</i>	<i>Pyricularia grisea</i>
<i>Trichoconiella padwickii</i>	<i>Trichoconiella padwickii</i>	<i>Trichoconiella padwickii</i>
Fungos saprófitas		
<i>Chaetomium</i> sp.	<i>Chaetomium</i> sp.	<i>Chaetomium</i> sp.
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	<i>Cladosporium cladosporioides</i>

* Dose 0, ou seja, ausência da aplicação de cinza de casca de arroz e silicato de cálcio.

No experimento 1, o fungo *Helicoceras* sp. foi encontrado em apenas uma semente. Em ambos os experimentos houve fungos com baixa incidência nas sementes (valor menor que 4,5%) como *Chaetomium* sp., *Curvularia lunata*, *F. oxysporum*, *F. semitectum*, *F. solani*, *Nigrospora oryzae* e *Pyricularia grisea*. Desta forma, para avaliação do efeito dos tratamentos sobre os fungos encontrados nas sementes de arroz foram considerados aqueles que ocorreram de forma mais representativa, os quais foram *Bipolaris oryzae*, *Cladosporium cladosporioides*, *Microdochium oryzae*, *Phoma sorghina* e *Trichoconiella padwickii*, que alcançaram incidência máxima de 12; 19,5; 44; 29 e 18,5% no experimento 1 e 28,5; 13,5; 25; 27,5 e 29,5 % no experimento 2, respectivamente.

Observando-se os resultados encontrados quando realizada a aplicação de cinza de casca de arroz no experimento 1 (Figura 4 A), não houve aumento ou redução na incidência de cada espécie fúngica analisada nas doses de Si empregadas. Em média, a incidência obtida nas três doses aplicadas foi de *B. oryzae*, *C. cladosporioides*, *M. oryzae*, *P.sorghina*, *T. padwickii* foi de 7,3; 7,9; 26,7; 10,9 e 5,4%, respectivamente. No experimento 2 (Figura 4 B), também não houve variação na incidência de cada fungo com a aplicação de 0, 153 e 357 kg/ha de Si. A incidência de *B. oryzae* foi, em média, 13,5%, de *C. cladosporioides*, 3,1%, de *M. oryzae*, 15,9%, de *P. sorghina*, 12,4% e *T. padwickii*, 9,8% para as três doses de Si empregadas.

Com a aplicação de silicato de cálcio (Figura 5) observa-se comportamento análogo a cinza de casca de arroz, ou seja, não houve variação na intensidade de cada fungo detectado à medida que a quantidade de Si aplicada aumentou nos dois experimentos. No primeiro experimento (Figura 5 A), a incidência de *B. oryzae*, *C. cladosporioides*, *M. oryzae*, *P.sorghina*, *T. padwickii* foi de 6,7; 12,6; 23,2; 8,1 e 5,9% e no segundo (Figura 5 B) foi de 14,7; 5,4; 12,9 e 9,8%, respectivamente.

Tanto para cinza de casca de arroz quanto para silicato de cálcio observa-se elevado desvio-padrão para cada fungo detectado, com conseqüente sobreposição entre doses utilizadas. Desta forma, verifica-se que os dois produtos atuaram de forma semelhante na diversidade de fungos encontrados nos dois experimentos. O fungo *M. oryzae* ocorreu em maior incidência, seguido de *P. sorghina* nos dois anos de cultivo.

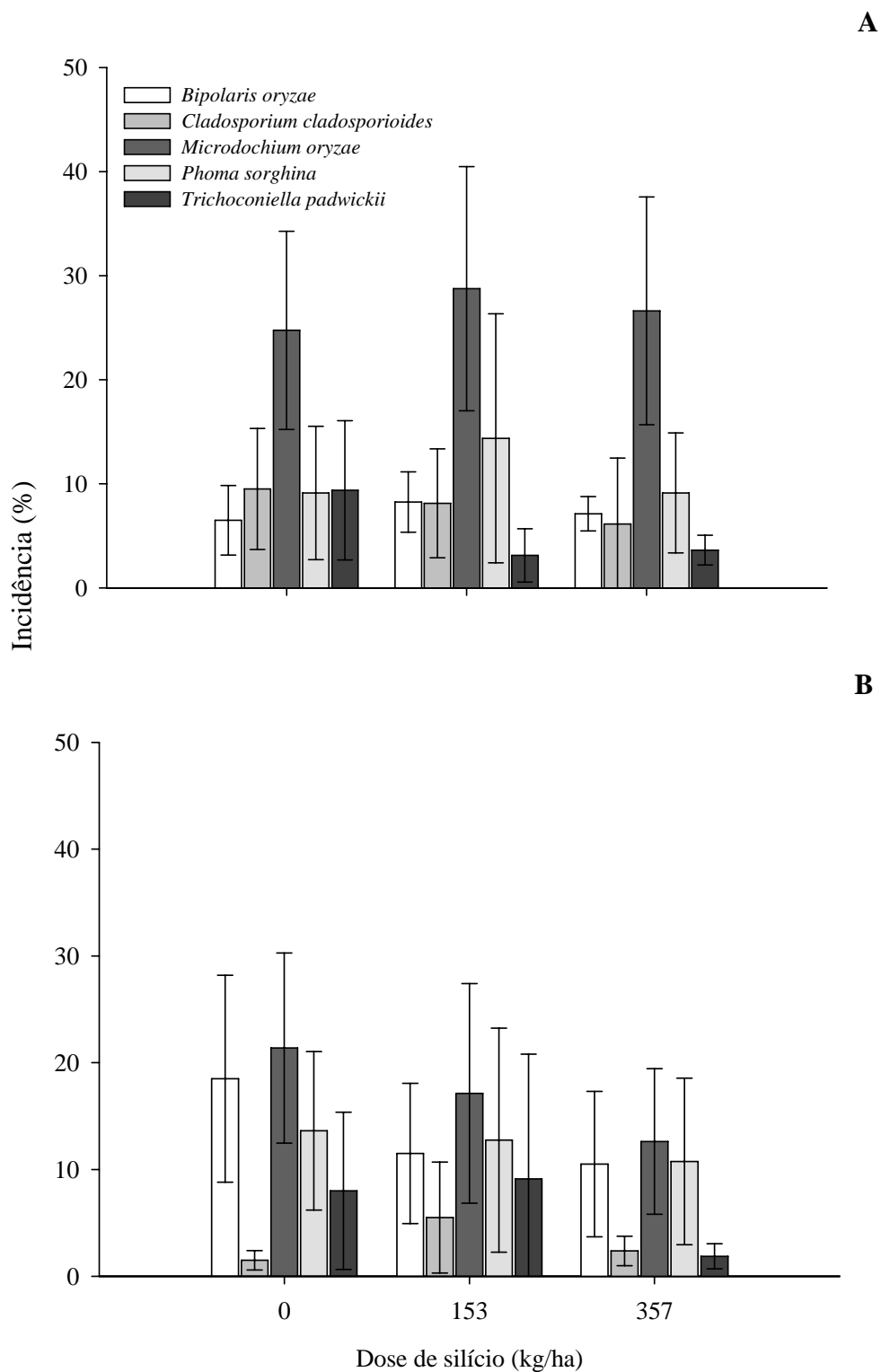


Figura 4: Incidência de fungos em sementes de arroz oriundas de plantas cultivadas em solo que não recebeu (dose 0) e que recebeu aplicação de cinza de casca de arroz (153 e 357 kg/ha de Si) nos experimentos 1 (A) e 2 (B). A aplicação das fontes de silício foi realizada apenas no primeiro ano de cultivo. As barras verticais correspondem ao desvio padrão para cada média.

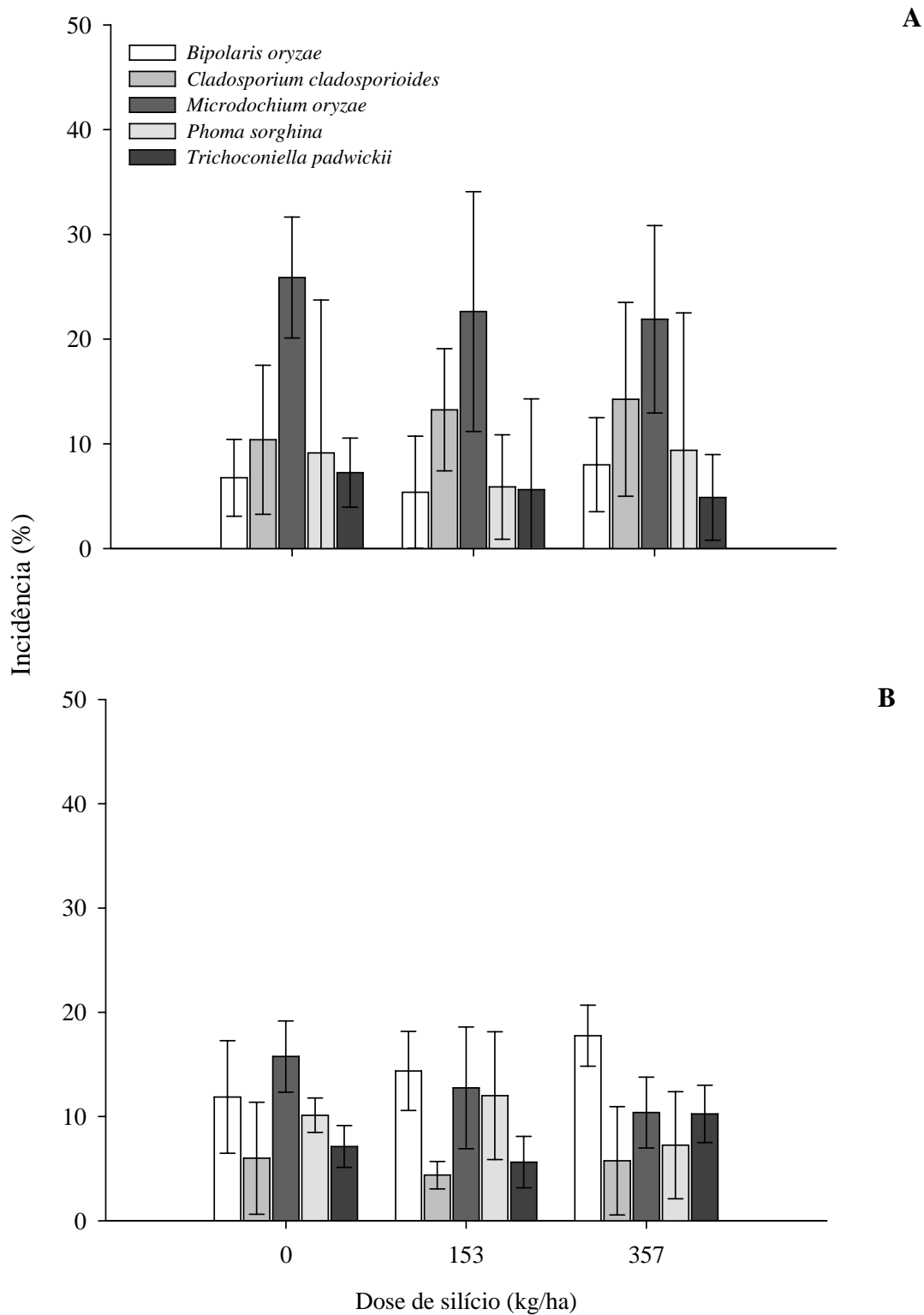


Figura 5: Incidência de fungos em sementes de arroz oriundas de plantas cultivadas em solo que não recebeu (dose 0) e que recebeu aplicação de silicato de cálcio (153 e 357 kg/ha de Si) nos experimentos 1 (A) e 2 (B). A aplicação das fontes de silício foi realizada apenas no primeiro ano de cultivo. As barras verticais correspondem ao desvio padrão para cada média.

5. DISCUSSÃO

No presente trabalho ficou evidenciado que as doses de Si utilizadas, independente da fonte empregada, não proporcionaram redução na ocorrência da descoloração nas sementes analisadas. Estes resultados diferem das informações encontradas na literatura que relatam que o aumento da quantidade deste elemento aplicada gera redução de descoloração (Winslow, 1992; Korndörfer *et al.*, 1999; Seebold, *et al.*, 2000). Segundo estes autores, a aplicação de fontes deste elemento proporciona aumento da concentração de Si em tecidos da planta e decréscimo de manchas na casca de grãos de arroz. Entretanto, as condições em que estes autores conduziram seus experimentos diferem das empregadas neste trabalho. Estes autores implantaram seus experimentos no cultivo em terras altas e variedades condizentes com esta forma de manejo, sendo que, neste trabalho foi utilizado sistema de cultivo irrigado e, conseqüentemente, uma variedade adequada a esta condição.

Em áreas onde ocorre o plantio do arroz irrigado há aumento do fornecimento de Si a cultura, ou seja, esta condição favorece a disponibilidade deste elemento (Winslow, 1992). Desta forma, como a disponibilidade de Si é maior em cultivo irrigado, comparado com lavouras de cultivo em terras altas, uma hipótese é que a ocorrência da descoloração nesta área poderia ser baixa e, por isso, a aplicação tanto de cinza de casca de arroz quanto de silicato de cálcio visando suprimento de Si não resultou em redução expressiva da doença. Além disso, como este trabalho foi conduzido em ambiente irrigado, à condição de estresse hídrico, que pode ocorrer no cultivo em terras altas, que conduziria a maior suscetibilidade da planta a doenças é menor (Krishnan & Surya Rao, 2005). Apesar do favorecimento da disponibilidade de Si em ambientes irrigados, o estudo da aplicação deste elemento se faz necessária devido à ocorrência da doença nesta condição de cultivo.

Neste experimento foram empregadas as doses de 0, 153 e 357 kg/ha de Si. Já Korndörfer *et al.* (1999) utilizaram as doses de 0, 120, 240, 480 e 960 kg/ha de Si,

enquanto Seebold, *et al.* (2000) 0, 500 e 1000 kg/ha de Si e, em ambos os estudos foram verificadas reduções na incidência de mancha-de-grãos, sendo que no trabalho conduzido por Seebold *et al.* (2000) observou-se que a aplicação de 1,0 t/ha de silicato de cálcio proporcionou 26% de redução na incidência da descoloração. Estas expressivas reduções na ocorrência da doença encontradas por estes autores podem ser devido às condições de condução dos experimentos diferentes deste trabalho e, por isso, houve divergência nos resultados encontrados.

Em plantas de arroz, concentrações elevadas de Si são encontradas no pericarpo das sementes, seguido pela folha bandeira e pelo pescoço da panícula (Winslow, 1992). Segundo Winslow *et al.* (1997), concentrações de Si na casca entre 30 a 60 g/kg, o que corresponde a 3 a 6%, estão nos limites entre a deficiência e a adequação do elemento nesta parte da planta. Os resultados encontrados nesta pesquisa variaram, em média, entre 3,32 e 4,18% no experimento 1 e 3,95 e 4,46% no experimento 2. Desta forma, concentrações de Si abaixo de 6%, como observado acima, sugerem que o controle por meio da aplicação de Si não alcançou sucesso, pois no pericarpo das sementes analisadas neste trabalho, a concentração esteve abaixo da adequação.

Fungos fitopatogênicos e/ou saprófitas podem naturalmente ser encontrados em lotes de sementes. Em sementes de arroz em que ocorre o escurecimento do pericarpo, diversos fungos podem estar associados como *Bipolaris oryzae*, *Pyricularia grisea*, *Trichoconiella padwickii*, *Gibberella fujikuroi*, *Gibberella zeae*, *Nigrospora* spp., *Epicoccum* spp., *Curvularia* spp., *Phoma sorghina*, *Alternaria* spp., *Helicoceras oryzae*, *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. e *Cladosporium* sp., (Ou, 1987; Franco *et al.*, 2001). Entretanto, a ocorrência e a intensidade dos principais fungos associados à doença variam de um ano para o outro, embora os sintomas sejam semelhantes (Tanaka, 1986). Isso explica a pequena variação nas espécies fúngicas detectadas nas duas safras estudadas.

Um ponto importante a ser ressaltado é a detecção de *Helicoceras* sp. em uma das amostras de sementes analisadas. Atualmente, a lista de pragas quarentenárias do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicada pela Instrução Normativa nº 52 de 20 de Novembro de 2007 e atualizada pela Instrução Normativa Nº 41, de 01 de Julho de 2008 possui como “praga quarentenária ausente” o fungo *Helicoceras* spp. Entretanto, Alvarado *et al.* (2008) relataram a ocorrência da espécie *H. oryzae* em lotes de sementes no Estado do Rio Grande do Sul. Segundo os autores, o patógeno foi encontrado em baixíssima incidência, sendo detectado em apenas 3 de um conjunto de 256 amostras. Neste trabalho foram analisadas nos dois experimentos 80 amostras, e em somente uma delas o fungo foi encontrado, o que corrobora com os resultados relatados pelos autores. Porém, neste trabalho, não foi possível identificar este fungo como *Helicoceras oryzae*, pois os dados biométricos diferem da descrição desta espécie (Linder, 1931). Portanto, no momento, pode-se afirmar apenas a detecção de um fungo considerado quarentenário no Brasil, e que futuros esforços devem ser dispensados para estudos de identificação, sobrevivência, transmissão, nível de dano dentre outros para determinação da importância deste fungo.

A descoloração é um importante fator de degradação de sementes (Neergard, 1979) sendo que, os fungos envolvidos neste fenômeno em sementes de arroz podem levar a redução na germinação e conseqüente diminuição no estande em sementeiras e em campo, esterilidade de panículas e redução na produção, dentre outras conseqüências que afetam sementes com destino ao consumo (Mew & Gonzales, 2002). Desta forma, verifica-se que a aplicação de cinza de casca de arroz e silicato de cálcio nas doses utilizadas neste trabalho não diferem entre si e que as doses empregadas também possuem semelhante eficiência. Assim, variedades resistentes a descoloração devem ser utilizadas visando redução na ocorrência desta doença (Malavolta, 1999; Santos *et al.*, 2009).

6. CONCLUSÕES

- O Índice de Escurecimento de Sementes não foi afetado pela aplicação de cinza de casca de arroz e silicato de cálcio nas doses de testadas.
- Não houve acréscimo na concentração de Si no pericarpo das sementes com o aumento da dose de Si aplicada, independente do produto empregado.
- Não houve efeito das doses de Si, independente da fonte utilizada, sobre a diversidade de fungos nas sementes de arroz.
- Os principais fungos encontrados nas sementes foram *Bipolaris oryzae*, *Cladosporium cladosporioides*, *Microdochium oryzae*, *Phoma sorghina* e *Trichoconiella padwickii*.
- Foi detectado o fungo *Helicoceras* sp. nas sementes, espécie essa considerada quarentenária ausente pelo MAPA.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado IC, Moura AB, Schafer JT, Farias CRJ, Pierobom CR (2008) Ocorrência de *Helicoverpa oryzae* em sementes e grãos de arroz produzidos no Rio Grande do Sul. *Tropical Plant Pathology* **33**, 331-334.
- Barbosa Filho MP, Snyder GH, Prabhu AS, Datnoff LE, Korndörfer GH (2000) Importância do silício para a cultura do arroz (uma revisão de literatura). *Informações Agronômicas* **89**, 1-8. (Encarte técnico)
- Bedendo IP & Prabhu AS (2005) Doenças do arroz. In: 'Manual de Fitopatologia - Doenças das Plantas Cultivadas'. (Eds H Kimati, L Amorim, JAM Rezende, A Bergamin Filho, LEA Camargo) pp. 79-90 (Editora Ceres: São Paulo, SP)
- Berni RF, Prabhu AS (2003) Eficiência relativa de fontes de silício no controle de brusone nas folhas em arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **38**, 195-201.
- BRASIL. Instrução Normativa n. 41, de 01 de Julho de 2008. Lista de Pragas Quarentenárias Ausentes (A1). *Diário Oficial da União*, Brasília, p.08, seção 1, 02 de Julho de 2008.
- CONAB – *Companhia Nacional de Abastecimento*. Acompanhamento da safra 2008/2009 – 3º levantamento - Dezembro/2008. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf. Acesso em: 17 de dezembro de 2009.
- CONAB – *Companhia Nacional de Abastecimento*. Acompanhamento da safra 2008/2009 – 9º levantamento – Junho/2009. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf. Acesso em: 18 de junho de 2009.
- CONAB – *Companhia Nacional de Abastecimento*. Acompanhamento da safra 2009/2010 – 4º levantamento – Janeiro/2010. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf. Acesso em: 20 de janeiro de 2010.

- Cornélio VMO, Santos PG, Soares AA, Lopes TLV (2000) Associação entre a incidência de brusone e a presença de *Pyricularia grisea* nas sementes de arroz, *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **35**, 639-645.
- Cornélio VMO, Matos CSM, Soares AA, Reis MS, Correa CL. (2006) Efeito da adubação com silício na qualidade sanitária de sementes de arroz. *IX Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes*, **9**.
- Dallagnol LJ, Navarini L, Balardin RS, Gosenheimer A, Maffini A (2006) Dano das doenças foliares na cultura do arroz irrigado e eficiência de controle dos fungicidas. *Revista Brasileira de Agrociência* **12**, 313-318.
- Dallagnol LJ (2008) Absorção ativa do silício e a mancha parda do arroz: componentes de resistência e aspectos fisiológicos e bioquímicos da interação planta-patógeno. Dissertação de Mestrado, Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Datnoff LE, Deren CW, Snyder GH (1997) Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. *Crop Protection* **16**, 525-531.
- Dhingra ODM, Muchovej JJ, Cruz Filho J (1980) 'Tratamento de sementes - controle de patógenos.' (Editora UFV: Viçosa, MG)
- Duveiller EM, Snacken F, Autrique A, Maraite E (1988) Characterization of *Pseudomonas fuscovaginae* and differentiation from other fluorescent pseudomonads occurring on rice in Burundi. *Journal of Phytopathology* **122**, 97-107.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistemas de produção – Cultivo do Arroz Irrigado*, versão eletrônica, Nov, 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/cap01.htm> Acesso em: 26 de janeiro de 2009.

- Epstein E (1999) Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* **50**, 641-664.
- Farias CRJ, Del Ponte EM, Lucca Filho AO, Pierobom CR (2005) Fungos causadores de Helminthosporiose associados às sementes de aveia-preta (*Avena strigosa*, Schreb). *Revista Brasileira de Agrociência* **11**, 57-61.
- Ferreira E, Barrigossi JAF (2006) Produção e qualidade do grão do arroz irrigado infestado por adultos de percevejo-das-panículas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **41**, 1083-1091.
- Franco DF, Ribeiro AS, Nunes CD, Ferreira E (2001) Fungos associados a sementes de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrociência* **7**, 235-236.
- IRRI - International Rice Research Institute (1996). *Standard evaluation system for rice*. Manila:Philippines.
- Lobo VLS (2008) Efeito do tratamento químico de sementes de arroz no controle da brusone nas folhas e na qualidade sanitária e fisiológica das sementes. *Tropical Plant Pathology* **32**, 162-168.
- Kimati H; Bergamin Filho A (1995) 'Manual de Fitopatologia.' (Editora Ceres: São Paulo)
- Kim SG, Kim KW, Park EW, Choi D (2002) Silicon-induced cell wall fortification of rice leaves: a possible cellular mechanism of enhanced host resistance to blast. *Phytopathology* **92**, 1095-1103.
- Konate G, Sarra S, Traore O (2001) Rice yellow mottle virus is seed-borne but not seed transmitted in rice seeds. *European Journal of Plant Pathology* **107**, 361-364.
- Korndörfer GH, Datnoff LE, Corrêa GF (1999) Influence of silicon on grain discoloration and upland rice grown on four savanna soils of Brazil. *Journal of Plant Nutrition* **22**, 93-102.

- Korndörfer GH, Pereira HS, Nolla A (2004) Análise de silício: solo, planta e fertilizante. Boletim Técnico 2, Grupo de Pesquisa em Silício, ICIAG - Universidade Federal de Uberlândia, 34p.
- Krishnan & Surya Rao (2005) Effects of genotype and environment on seed yield and quality of rice. *Journal of Agricultural Science* **143**, 283–292.
- Lanning FC (1963) Silicon in Rice. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **11**, 435-437.
- Linder DH (1931) The Genus *Helicoceras*. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **18**, 1-8.
- Machado JC, Langerak CJ, Jaccoud Filho DS (2002) ‘Seed-borne fungi: A contribution to routine seed health analysis’ (International Seed Testing Association: SH)
- Malavolta, VMA (1999) Manchas de grãos em arroz ocasionadas pelos fungos *Bipolaris oryzae*, *Microdochium oryzae* e *Phoma sorghina*: danos segundo o estágio vegetativo da planta, resistência varietal e controle químico. Tese de Doutorado, Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Maude RB (1996) *Seedborne disease and their control. Principles & Practice*. Wallingford: CAB International.
- McKinney RH (1923) Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. *Journal of Agricultural Research* **6**, 195-218.
- Mew TW, Gonzales P (2002) ‘A hand-book of rice seedborne fungi.’ (International Rice Research Institute: Makati City)
- Miyake Y & Takahashi E (1983) Effect of silicon on the growth of solution-cultured cucumber plant. *Soil Science and Plant Nutrition* **29**, 71-83.

- Naves, MMV (2007) Características químicas e nutricionais do arroz. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos* **25**, 51-60.
- Neergaard P (1979) 'Seed Pathology.' 2nd edn. (The Macmillan Press LTD: London)
- Ou SH (1985) 'Rice diseases.' 2nd edn. (Commonwealth Agricultural Bureau: Kew)
- Nakamura AM, Sader R (1986) Efeito da infecção por fungos na germinação e vigor de sementes de arroz. *Revista Brasileira de Sementes* **8**,101-111.
- Pereira HS, Korndörfer GH, Vidal AA, Camargo MS (2004) Silicon sources for rice crop. *Sciencia Agrícola* **61**, 522-528.
- Pereira OAP, Carvalho EV, Camargo LEA (2005) Doenças do milho. In: 'Manual de Fitopatologia - Doenças das Plantas Cultivadas'. (Eds H Kimati, L Amorim, JAM Rezende, A Bergamin Filho, LEA Camargo) pp. 79-90 (Editora Ceres: São Paulo, SP)
- Phat CT, Duong NT, Du LT (2005) Influence of grain discoloration to seed quality. *Omonrice* **13**, 139-144. Short Communication.
- Rezende DC, Rodrigues FÁ, Carré-Missio V, Schurt DA, Kawamura IK, Korndörfer GH (2009) Effect of root and foliar applications of silicon on brown spot development in rice. *Australasian Plant Pathology* **38**, 67-73.
- Ribeiro AS, Tanaka MAS (1984) Doenças do arroz e medidas de controle. *Informe Agropecuário* **114**.
- Rodrigues FA, Datnoff LE, Kordörfer GH, Seebold KW, Rush MC (2001) Effect of silicon and host resistance on sheath blight development in rice. *Plant Disease* **85**, 827-832.
- Rodrigues FÁ, McNally DJ, Datnoff LW, Jones J.B, Labbé C, Benhamou N, Menzies JG, Bélanger RR (2004) Silicon enhances the accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: a potencial mechanism for blast resistance. *Phytopathology* **94**,177-183.
- Rodrigues FÁ, Datnoff LE (2005) Silicon and rice disease management. *Fitopatologia Brasileira* **30**, 457-469.

- Santos GR, Castro Neto MD, Ignácio M, Furtado GQ, Rangel PHN, Silva LMA, Ribeiro FF (2009) Resistência às doenças de linhagens de arroz de terras altas no sul do Estado do Tocantins. *Bioscience Journal* **25**, 96-105.
- Savant NK, Snyder GH, Datnoff LE (1997) Silicon management and sustainable rice production. *Advances in Agronomy* **58**,151-199.
- Sawant AS, Patil VH, Savant NK (1994) Rice hull ash applied to seedbed reduces deadhearts in transplanted rice. *Institute Rice Research Notes* **19**, 21-22.
- Seebold KW, Datnoff LE, Correa-Victoria FJ, Kucharek TA, Snyder GH (2000) Effect of silicon rate and host resistance on blast, scald, and yield of upland rice. *Plant Disease* **84**, 871-876.
- Seebold KW, Kucharek TA, Datnoff LE, Correa-Victoria FJ, Marchetti MA (2001) The influence of silicon on components of resistance to blast in susceptible, partially resistant, and resistant cultivars of rice. *Phytopathology* **91**, 63-69.
- Soave J, Pizzinato MA, Usberti Filho JA, Azzini LE, Camargo OBA, Villela O, Gallo PB (1985) Comportamento de cultivares de arroz irrigado em relação a fungos manchadores de sementes. *Bragantia* **44**, 331-346.
- Tanaka MAS (1986) Fungos associados a sementes de arroz com descoloração de grãos em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Sementes* **8**, 85-90.
- USDA - *World agricultural production - rice area, yield, and production*. 2009. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdreport.aspx?hidReportRetrievalName=BVS&hidReportRetrievalID=893&hidReportRetrievalTemplateID=1> Acesso em: 26 de janeiro de 2009.
- Veiga, AD (2008) Influência do silício na intensidade da antracnose, na composição química e na qualidade das sementes de feijoeiro. Tese de Doutorado, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

- Volk R, Kahn RP, Weintraub RL (1958) Silicon content of the rice plant as a factor influencing its resistance to infection by the blast fungus, *Pyricularia oryzae*. *Phytopathology* **48**, 179-184.
- Webster, RK & Gunnell PS (1992) 'Compendium of rice diseases.' (The American Phytopathological Society Press: St. Paul)
- Winslow MD (1992) Silicon, disease resistance, and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. *Crop Science* **32**, 1208-1213.
- Winslow MD, Okada K & Correa-Victoria (1997) Silicon deficiency and the adaptation of tropical rice ecotypes. *Plant and Soil* **188**, 239-248.