

# Controle de fitopatógenos e qualidade de sementes de *Oryza sativa* L. tratadas com argila silicatada

*Phytopathogen control and quality of Oryza sativa L. seeds treated with silicate clay*

Rommel dos Santos Siqueira **GOMES**<sup>1, 2</sup>; Renato Francisco da Silva **SOUZA**<sup>1</sup>; José Luiz do **NASCIMENTO JUNIOR**<sup>1</sup>; Walter Esfrain **PEREIRA**<sup>1</sup> & Luciana Cordeiro do **NASCIMENTO**<sup>1</sup>

## RESUMO

O arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) é cultivado normalmente por pequenos agricultores, com sementes nativas ou de variedades tradicionais, com ampla base genética e adaptabilidade. Desse modo, faz-se necessário realizar estudos referentes à qualidade sanitária e fisiológica das sementes utilizadas para o cultivo, a fim de permitir resultados satisfatórios de produção e qualidade da semente. O objetivo da presente pesquisa foi determinar a eficiência de diferentes argilas silicatadas sobre patógenos e na qualidade fisiológica de sementes de *O. sativa*. As sementes foram imersas por dois minutos nas suspensões com Proagrim®, caulim, Rocksil®, Proagrim®+caulim, Proagrim®+Rocksil® e caulim+Rocksil® nas concentrações de 0, 10, 15 e 20 gL<sup>-1</sup> de água destilada esterilizada e ao fungicida dicarboximida (24 g i.a.kg<sup>-1</sup> de sementes). Avaliaram-se a sanidade das sementes, a primeira contagem, a germinação, o comprimento e a massa seca da parte aérea e da raiz. O Proagrim® e o caulim, independentemente de suas combinações, mostraram-se eficientes no controle de *Fusarium oxysporum* presente nas sementes. Verificou-se o maior teor de massa seca da raiz de plântulas quando se empregou caulim+Rocksil® a 10 gL<sup>-1</sup>. A redução na ocorrência de *F. oxysporum* e *Curvularia lunata* deu-se quando utilizados os tratamentos em comparação com a testemunha, evidenciando o potencial fungistático dos tratamentos.

**Palavras-chave:** arroz vermelho; germinação; sanidade.

## ABSTRACT

Red rice (*Oryza sativa* L.) is normally cultivated by small farmers, with native seeds or from traditional varieties, with a broad genetic base and adaptability. Thus, it is necessary to carry out studies regarding the sanitary and physiological quality of the seeds used for cultivation, in order to allow satisfactory results in terms of production and seed quality. The aim of this research was to determine the efficiency of different silicate clays on pathogens and on the physiological quality of *O. sativa* seeds. The seeds were immersed for two minutes in suspensions with Proagrim®, Kaolin, Rocksil®, Proagrim®+Kaolin, Proagrim®+Rocksil® and Kaolin+Rocksil® at concentrations of 0,10,15 and 20 gL<sup>-1</sup> of sterilized distilled water and to the dicarboximide fungicide (24 g i.a. kg<sup>-1</sup> of seeds). Seed health, first count, germination, length and dry weight of the aerial part and of the root were evaluated. Proagrim® and Kaolin, regardless of their combinations, proved to be efficient in controlling *Fusarium oxysporum* present in seeds. The highest dry weight content of the seedling root was verified when using Kaolin+Rocksil® at 10 gL<sup>-1</sup>. The reduction in the occurrence of *F. oxysporum* and *Curvularia lunata* was verified when the treatments were used in comparison with the control, showing the fungistatic potential of the treatments.

**Keywords:** germination; red rice; sanity.

Recebido em: 28 ago. 2021

Aceito em: 19 set. 2021

<sup>1</sup> Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Rodovia Professor José Farias da Mata PB79, km 12 – CEP 58397-000, Areia (PB), Brasil.

<sup>2</sup> Autor para correspondência: rommelssgomes@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

O arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) é cultivado predominantemente por agricultores familiares na região semiárida brasileira, em virtude de sua ampla adaptabilidade às condições de cultivo e à preferência local (MORAIS JÚNIOR *et al.*, 2017). Embora variedades mais produtivas de arroz vermelho tenham sido desenvolvidas nos últimos anos, os produtores locais ainda utilizam sementes de variedades tradicionais, provenientes da produção de anos anteriores (PELWING *et al.*, 2008), no entanto não há nenhuma informação a respeito da qualidade sanitária e fisiológica das sementes, bem como de alternativas de controle de patógenos associados que comprometem a produtividade da cultura.

Os patógenos associados às sementes causam danos que variam desde a transmissão dos patógenos das sementes para as plântulas até a diminuição da qualidade dos grãos e das sementes, destacando-se os fungos como o grupo mais numeroso (PIVETA *et al.*, 2010). Os danos e a transmissão de patógeno semente-plântula podem ser reduzidos por meio de estratégias de manejo integrado (AGOSTINETTO *et al.*, 2001). O controle mais praticado é o uso de produtos químicos sintéticos, que oferece alto nível de proteção, porém, quando empregado indiscriminadamente, pode provocar danos ao homem, aos animais e ao ambiente (PERES & MOREIRA, 2003). Nesse contexto, o uso de produtos alternativos minimiza os efeitos negativos dos agrotóxicos e facilita a produção sustentável de alimentos (DORNELES *et al.*, 2018).

A utilização de produtos à base de silício tem se mostrado eficiente no manejo de doenças de plantas. A aplicação de argila silicatada em mudas de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) foi eficaz no controle de mancha bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae*) (BRANCAGLIONE *et al.*, 2009). A aplicação de silicato de potássio e silicato de alumínio sobre isolados de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* evidenciou que apenas silicato de alumínio teve efeito inibitório sobre a bactéria (GUAZINA & THEODORO, 2017). O tratamento de sementes de arroz com silício foi efetivo no controle de fungos de solo (TUNES *et al.*, 2014).

Acredita-se que a resistência a doenças conferida pelo silício ocorra por causa da formação de uma barreira física, dificultando a penetração do patógeno, e do aumento da atividade de compostos fenólicos, polifenoloxidasas que induzem reações de defesa da planta (DEBONA *et al.*, 2017). Assim, o objetivo da presente pesquisa foi determinar a eficiência de argila silicatada sobre a sanidade e a qualidade fisiológica de sementes de *O. sativa*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia, pertencente à Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus Areia. As sementes de arroz vermelho foram originadas de campo de produção localizado no município de Santana dos Garrotes (PB), localizado a 07°23'02" S e 37°59'09" W, altitude de 316 m, e, em seguida, transportadas para o beneficiamento manual.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 4 + 1 (argila silicatada x doses + fungicida), com quatro repetições compostas por 50 sementes.

Utilizaram-se fontes de argila silicatada tais como Proagrim®, caulim, Rocksil® e suas combinações Proagrim®+caulim, Proagrim®+Rocksil® e caulim®+Rocksil®, nas doses de 0, 10, 15 e 20 g.L<sup>-1</sup> de água destilada esterilizada (ADE), adicionados 0,5% do Tween 80 por tratamento e o fungicida dicarboximida (24 g i.a.·kg<sup>-1</sup> de sementes), sendo o tratamento controle representado pela dose 0.

### TESTE DE SANIDADE

As sementes foram submetidas à desinfestação em álcool etílico 70% por 30 segundos, hipoclorito de sódio a 1% por dois minutos e três vezes em água destilada esterilizada (ADE), sendo posteriormente secas à sombra em temperatura ambiente (25±2°C). Em seguida, as sementes foram imersas nas suspensões de cada tratamento durante dois minutos e distribuídas em placas de Petri (9 cm) contendo dupla camada de papel-filtro esterilizada e umedecida com ADE. As placas

permaneceram em incubação durante sete dias, na temperatura de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , com fotoperíodo de 12 horas. Procedeu-se à avaliação da ocorrência dos patógenos presentes na superfície das sementes. Realizou-se a visualização dos fungos em microscópio estereoscópico, e os fungos foram identificados conforme Seifert *et al.* (2011).

## TESTE DE GERMINAÇÃO

Foi conduzido em câmara de *biochemical oxygen demand* (BOD), regulada à temperatura constante de  $25^{\circ}\text{C}$ , sob fotoperíodo de oito horas, usando lâmpadas fluorescentes (4 x 20 W). Utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes por tratamento, que foram distribuídas em duas folhas de papel Germitest®; as sementes foram cobertas com uma terceira folha, e organizaram-se as folhas em forma de rolos, previamente umedecidos com o volume de ADE equivalente a 2,5 vezes o seu peso seco. Na sequência as sementes foram colocadas para germinar. Realizaram-se as avaliações no quinto e no décimo quarto dia após a instalação do teste, adotando-se como critério sementes com emissão de raiz em torno de 0,5 cm e considerando-se como sementes germinadas aquelas que originaram plântulas normais (raiz primária e parte aérea presentes), conforme Brasil (2009).

### *Primeira contagem de germinação*

A avaliação foi determinada juntamente com o teste de germinação, mediante contagem do número de plântulas normais (raiz e parte aérea presentes) no quinto dia após a instalação do teste, sendo os resultados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

### *Índice de velocidade de germinação*

Determinou-se a velocidade de emergência por meio de contagens diárias das sementes germinadas, durante 12 dias, sendo o índice de velocidade de germinação calculado conforme a fórmula proposta por Maguire (1962).

### *Comprimento e massa seca de parte aérea e raiz*

Ao final do teste de germinação, um quantitativo de cinco plântulas normais, dentre as repetições de cada tratamento, foi medido (parte aérea e raiz) com auxílio de régua graduada (cm), sendo os resultados expressos em  $\text{cm.planta}^{-1}$ . As raízes e a parte aérea das plântulas foram postas em estufa termoelétrica de circulação forçada de ar, a  $65^{\circ}\text{C}$  por 48 horas, tendo sido realizada, anteriormente, a separação por meio do corte transversal na altura do colo das plântulas, com o auxílio de um bisturi. As amostras foram resfriadas, e determinou-se sua massa em balança de precisão (0,001 g). Os resultados foram expressos em  $\text{g.plântulas}^{-1}$  (LARRÉ *et al.*, 2014).

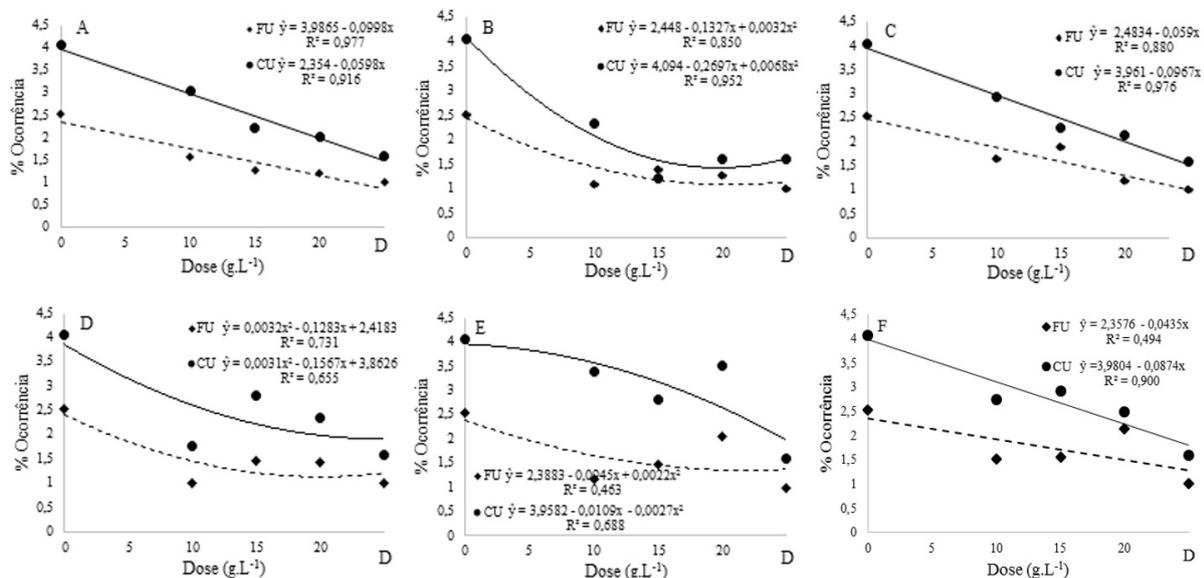
## ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial  $6 \times 4 + 1$  (argila silicatada x doses + fungicida), com quatro repetições. Realizaram-se análise de variância e regressão polinomial, testando os modelos linear e quadrático, e selecionou-se o maior  $R^2$ . As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,001$ ), no programa estatístico SAS® versão 9.3 (SAS, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Detectaram-se seis espécies fúngicas por meio do teste de sanidade nas sementes de arroz vermelho: *Aspergillus niger* Tiegh., *Aspergillus* spp., *Rhizopus* sp., *Chaetomium* sp., *Fusarium oxysporum* Smith & Swingle e *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn. Destas, os fungos *F. oxysporum* e *C. lunata* são considerados mais relevantes, por causarem maiores danos na cultura do arroz, já que esses fungos são comumente relacionados à descoloração de sementes de arroz (MALAVOLTA *et al.*, 2007).

Houve efeito das doses de Proagrim® sobre a redução da ocorrência de *F. oxysporum* e *C. lunata* ( $p < 0,001$ ) e as médias foram ajustadas ao modelo linear, sendo a ocorrência deles inversamente proporcional ao aumento da dose de Proagrim® (figura 1A), evidenciando um controle eficiente sobre esses patógenos a partir da dose de 15 g. O Proagrim® é um composto mineral enriquecido com nim (*Azadirachta indica* A. Juss), que possui efeito fumigante, e as substâncias mais presentes são triterpenoides e azadiractina (OLIVEIRA *et al.*, 2014).



**Figura 1** – Ocorrência de *Fusarium oxysporum* Smith & Swingle e *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn em sementes de arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) submetidas a diferentes doses de Proagrim® (A), Proagrim®+caulim (B), Proagrim®+Rocksil® (C), caulim (D), caulim+Rocksil® (E) e Rocksil® (F). Dose 0 = testemunha; D = fungicida dicarboximida. Fonte: Primária.

A eficiência do nim no controle de *Fusarium* sp. e *Curvularia lunata* em arroz também foi relatada por Triana & González (2009); além disso, o efeito desse produto na redução da ocorrência dos fitopatógenos também pode ser atribuído aos compostos minerais que fazem parte da sua composição, como o silício. As manchas causadas por *Curvularia* spp. podem aumentar na fase de amadurecimento de grãos de arroz e necessitam de estudos de patogenicidade, em relação aos diferentes estádios de desenvolvimento dos grãos (SILVA-LOBO *et al.*, 2011).

As médias relacionadas com o efeito das doses de caulim sobre *F. oxysporum* e *C. lunata* foram ajustadas ao modelo quadrático de regressão, em que se observou uma redução na ocorrência dos fungos de acordo com as concentrações empregadas. A ocorrência de *F. oxysporum* foi reduzida após a utilização de caulim na dose de 6,6 g, verificada por meio da derivação da equação (figura 1D). Notou-se redução na ocorrência de *C. lunata* em 18,3% com a dose estimada de 7 g de caulim. Nas sementes não tratadas (testemunha), observou-se ocorrência de até 2,5% para *F. oxysporum* e 4% para *C. lunata*, respectivamente (figura 1).

O caulim é um silicato de alumínio hidratado e, assim, sua eficiência na redução da ocorrência de fitopatógenos pode ser explicada pela presença de silício (Si) em sua composição. Rodrigues *et al.* (2004) afirmam que o mecanismo de resistência às doenças conferido pelo Si se deve à formação de barreiras físicas, pela sua deposição abaixo da cutícula, ou o Si pode estar associado com a

potencialização de vários mecanismos de defesa, como a produção de compostos fenólicos e de fitoalexinas e a ativação de alguns genes que codificam proteínas relacionadas com a patogênese.

Observou-se efeito significativo das doses de Rocksil® ( $p < 0,001$ ) sobre *F. oxysporum* e *C. lunata*, ajustando-se ao modelo linear de regressão (figura 1F). Por meio da derivação da equação, estimou-se a dose ótima de 5,7 g, que proporcionou uma maior redução na ocorrência de *F. oxysporum* de 2,5% no controle para 1,5% no tratamento com Rocksil® (dose de 20 g), com eficiência de 60% na redução da ocorrência. Com relação a *C. lunata*, as médias foram ajustadas ao modelo linear, e obteve-se redução na ocorrência com o Rocksil®.

A eficiência de Rocksil® na redução de patógenos foi relatada por alguns autores. Pratisoli *et al.* (2007) constataram que a aplicação via foliar de argila silicatada a 1,5% reduziu a ocorrência e, principalmente, a severidade da varíola [*Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl.] em mamoeiro (*Carica papaya* L.), mostrando potencial para o manejo da resistência do mamoeiro a esse patógeno. Androcioni *et al.* (2012) também verificaram redução na ocorrência de *Hemileia vastatrix* e *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke, evidenciando o efeito protetor desses produtos nas doses utilizadas. Segundo Medeiros & Peruch (2012), a redução da severidade da antracnose (*Glomerella cingulata* Spauld. & H. Schrenk) em maracujazeiro por argila silicatada comercial deve-se, possivelmente, pela presença de cálcio (Ca), enxofre (S) e Si na fórmula.

O efeito da combinação de Proagrim®+caulim sobre a redução da ocorrência de *F. oxysporum* e *C. lunata* nas sementes foi significativo ( $p < 0,001$ ). As médias foram ajustadas ao modelo quadrático de regressão para ambos os fitopatógenos (figura 1B). As doses estimadas de 7,2 e 8,8 g, por meio da derivação da equação, proporcionaram uma redução significativa, na ocorrência, de 11 para 0,57% em *F. oxysporum*, e de 31 para 2,24% em *C. lunata*, mostrando efeito sinérgico entre Proagrim®+caulim.

O efeito interativo de Proagrim®+caulim na redução de *F. oxysporum* e de *C. lunata* deve-se possivelmente à composição desses produtos, em que o Proagrim® possui a predominância de cálcio (Ca) e nim, e o caulim tem predomínio de Si. Segundo Androcioni *et al.* (2012), os produtos à base de argila silicatada, caulim e caulim+nim reduziram a ocorrência e a severidade da ferrugem na cultura do cafeeiro.

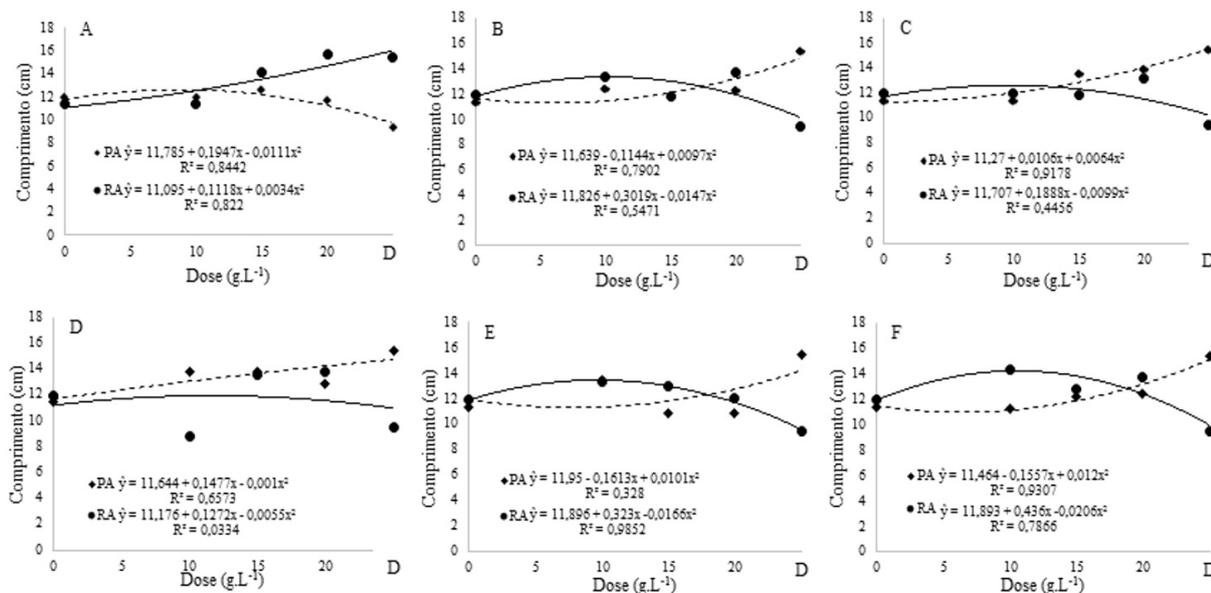
Verificou-se efeito significativo ( $p < 0,001$ ) das doses de Proagrim®+Rocksil® na redução de *F. oxysporum* e de *C. lunata*, tendo as médias ajustadas ao modelo linear (figura 1C). Com o aumento da dose de Proagrim®+Rocksil®, constatou-se uma diminuição na ocorrência desses fitopatógenos.

De acordo com as recomendações de uso, Rocksil® não deve ser utilizado em conjunto com produtos à base de nim, uma vez que pode prejudicar tanto o vegetal quanto a eficiência do produto. Não se notou ineficiência das doses de Proagrim®+Rocksil®, e essa combinação pode constituir uma alternativa para associar a eficiência dos ingredientes ativos do nim com os minerais do Rocksil®. Houve efeito significativo ( $p < 0,01$ ) das doses de caulim+Rocksil® na redução de *F. oxysporum* e de *C. lunata* sobre as sementes de arroz vermelho (figura 1E), em que a dose que promoveu maior redução de *F. oxysporum* foi 5,7 g, diminuindo a ocorrência desse patógeno para 1,14%, e de 6,5 g para *C. lunata*, com redução para 17,43%.

Apesar de amplamente utilizados no controle de diversos fitopatógenos, pouco se sabe a respeito do mecanismo de supressão do patógeno pelo hospedeiro, com adição de Si no meio, porém há a hipótese de que o Si estimula os mecanismos naturais de defesa da planta, como a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina (FAWE *et al.*, 1998).

Para a primeira contagem, germinação e índice de velocidade da germinação, não se notaram diferenças estatísticas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. Observaram-se os valores médios de 92% de sementes germinadas na primeira contagem e de 94% de sementes germinadas no total. Oliveira *et al.* (2016) avaliaram o efeito de doses e de fontes de Si na qualidade fisiológica das sementes de arroz BRS Querência. Esses autores também verificaram que o caulim foi responsável por 91% de sementes germinadas na primeira contagem e por 97% de sementes germinadas no total, não diferindo estatisticamente, independentemente da dose utilizada.

A análise do comprimento da parte aérea evidenciou diferença significativa quando utilizados os tratamentos na forma isolada ou combinados, destacando-se o Rocksil® na dose de 10 g, influenciando no desenvolvimento positivo da parte aérea (figura 2F).



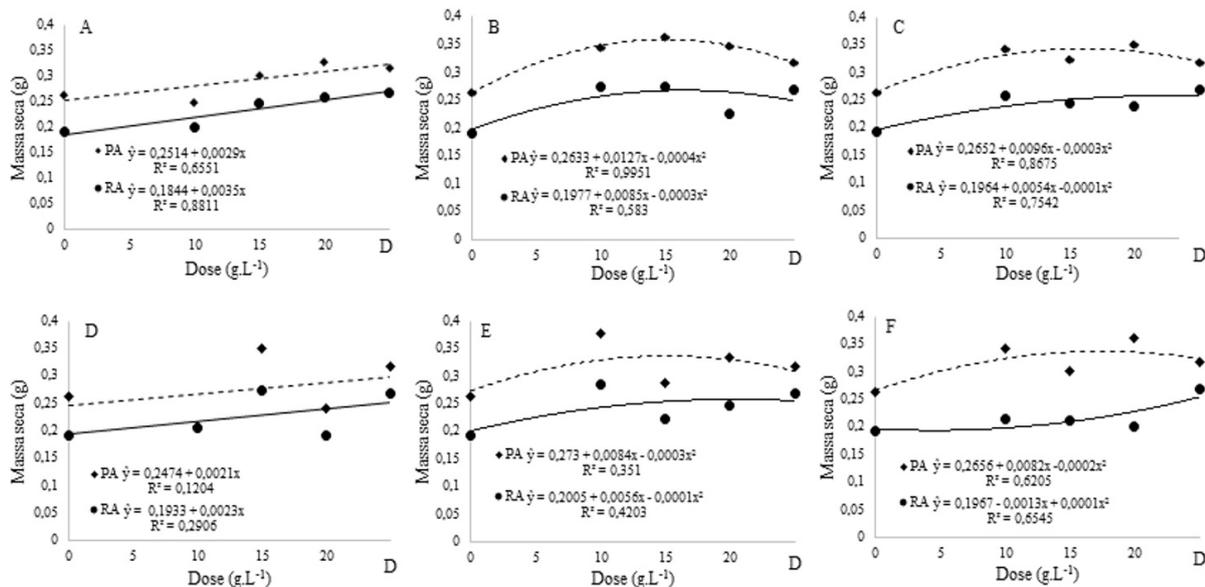
**Figura 2** – Comprimento (cm) da parte aérea (PA) e raiz (RA) de plântulas de arroz vermelho (*Oryza sativa* L.), submetidas às doses de Proagrim® (A); Proagrim®+caulim (B); Proagrim®+Rocksil (C); caulim (D); caulim+Rocksil® (E); Rocksil® (F). Dose 0 = testemunha; D = fungicida dicarboximida. Fonte: Primária.

Braga (2004) observou que, de modo geral, o arroz é uma planta capaz de absorver significativa quantidade de Si. Para esse autor, há uma relação linear crescente do teor de Si encontrado na parte aérea da planta de arroz inundado, quando se aplicam doses de uma fonte contendo Si. De acordo com Gao *et al.* (2006) e Ávila *et al.* (2010), o acúmulo de Si sob a cutícula confere resistência às plantas de arroz ao acamamento, tornando-as mais eretas e resultando em maior eficiência fotossintética, em virtude da menor abertura do ângulo da folha, o que permite uma maior captura de energia luminosa.

Rocksil® tem apresentado inúmeros benefícios quanto ao aumento na produtividade e à resistência contra doenças e pragas e, além disso, o produto apresenta alumínio e titânio em sua composição, que já foram reportados como tóxicos a outros patógenos, tais como bactérias (GUAZINA & THEODORO, 2017).

Com relação ao comprimento da raiz (figura 2), Proagrim® diferiu dos demais produtos, na maior dose, promovendo comprimento de 15,65 cm, mostrando que houve influência significativa no sistema radicular, fato esse que pode ser explicado pela presença de Ca na composição do produto. Segundo Malavolta (1980), tanto o Ca quanto o magnésio (Mg) participam do crescimento radicular por meio de pectatos que compõem a parede celular. Rosolem *et al.* (1995) observaram aumento no crescimento radicular da soja (*Glycine max* L.) Merrill, mesmo quando o solo apresentava originalmente 20 mmol·dm<sup>-3</sup> de Ca.

No que se refere à massa seca, houve diferença significativa entre os tratamentos. Com caulim+Rocksil®, tanto na parte aérea quanto na raiz, as diferenças foram significativas na dose de 10 g, apresentando maior volume e diferindo dos demais tratamentos (figura 3E). Ambos os produtos apresentam em sua composição alguns elementos em comum, entre os quais o Si, que favorece o crescimento da planta e a diminuição da concentração de H+Al (CARVALHO-PUPATTO *et al.*, 2003). Além do benefício fisiológico, o Si atua aumentando a resistência ao ataque de pragas e patógenos, como verificado por Korndörfer *et al.* (2011).



**Figura 3** – Massa seca da parte aérea e da raiz de plântulas de arroz vermelho (*Oryza sativa* L.), submetidas às doses de Proagrim® (A); Proagrim® +caulim (B); Proagrim® +Rocksil® (C); caulim (D); caulim+Rocksil® (E) e Rocksil® (F). Dose 0 = testemunha; D = fungicida dicarboximida. Fonte: Primária.

Rodrigues (2000) observou efeito significativo na severidade da queima das bainhas (por *Rhizoctonia solani* Kuhn) em arroz, com o uso de adubação silicatada. Botelho *et al.* (2005), ao avaliar a intensidade da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), notaram decréscimo linear de 10,8% na porcentagem de plantas doentes com o aumento das doses de Si.

Segundo Adams & Moore (1983), a presença de  $Al^{+3}$  promove atrofiamento do sistema radicular, com engrossamento de raízes laterais pequenas e grossas. Zsoldos *et al.* (2003), ao trabalhar com aplicação de Si em plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) cultivadas em solução nutritiva, verificaram que o efeito tóxico de alumínio para o crescimento radicular diminuiu com a adição de Si.

Para comprimento da parte aérea, o caulim (figura 2D) e o Rocksil® para comprimento da raiz na dose de 10 g, bem como a interação desses tratamentos nas doses de 10 e 15 g, apresentaram os menores valores, mostrando que não houve influência em relação ao crescimento. Para matéria seca da parte aérea, Proagrim® na menor dose e, para matéria seca da raiz, caulim na dose de 20 g não apresentaram diferença significativa da testemunha (figuras 3A e 3C). Esse resultado pode ser explicado pela presença de Ca na composição dos tratamentos. Moslem & El-Kholie (2009) avaliaram o efeito antifúngico dos extratos de sementes e de folhas de nim a 40% sobre fungos fitopatogênicos e verificaram redução de 100% do desenvolvimento de *F. oxysporum* e *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn. Ribeiro *et al.* (2011) relataram que a adição de silicato de cálcio não alterou o crescimento das plantas, a área foliar, a matéria seca de folha e o caule e que a fertilização silicatada restringiu o acúmulo de matéria seca de raiz.

Para a massa seca total, não houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos. Observou-se o valor médio de 0,54 g de massa seca total, para as diferentes fontes e doses de argila silicatada. Ohse *et al.* (2012) também verificaram que a aplicação de zinco, boro e cobre e suas combinações, sobre a germinação e o vigor de sementes de arroz irrigado, cultivar BR/IRGA 410, não influenciaram na massa seca total. Obteve-se o valor médio de 0,83 g de massa seca total entre os tratamentos, que não diferiram entre si.

## CONCLUSÃO

O Proagrim® e o caulim, isolados ou combinados, foram eficientes no controle de *Fusarium oxysporum* e *Curvularia lunata* nas sementes de arroz vermelho.

O Proagrim®, na dose de 20 gL<sup>-1</sup>, proporciona um incremento no comprimento da raiz das plântulas de arroz vermelho.

O maior teor de massa seca da parte aérea e da raiz das plântulas é obtido quando se utiliza argila silicatada à base de caulim+Rocksil®, na dose de 10 g L<sup>-1</sup>.

A redução da ocorrência de fungos fitopatogênicos evidencia o potencial indutor de resistência e atividade fungistática aos fungos associados às sementes de arroz vermelho.

## REFERÊNCIAS

- Adams, F. & Moore, B. L. Chemical factors affecting root growth in subsoil horizons of coastal plain soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison. 1983; 47: 99-102.  
doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj1983.03615995004700010020x>
- Agostinetto, D., Fleck, N. G., Rizzardi, M. A., Merotto Junior, A. & Vidal, R. A. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. *Ciência Rural*. 2001; 31(2).  
doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000200026>
- Androcioli, H. G., Menezes Júnior, A. O., Hoshino, A. T. & Androcioli, L. G. Alternative products to control *Hemileia vastatrix* (Berkeley & Broome) and *Cercospora coffeicola* (Berkeley & Cooke) in organic coffee. *Coffee Science*. 2012; 7: 187-197.  
doi: <https://doi.org/10.25186/cs.v7i2.314>
- Ávila, F. W., Baliza, D. P., Faqui, V., Araújo, J. L. & Ramos, S. J. Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado em solução nutritiva. *Revista Ciência Agronômica*. 2010; 41: 184-190.  
doi: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000200003>
- Botelho, D. M., Pozza, E. A., Pozza, A. A. A., Carvalho, J. G., Botelho, C. E. & Souza, P. E. D. Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. *Fitopatologia Brasileira*. 2005; 30: 582-588.  
doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-41582005000600003>
- Braga, A. M. C. Eficiência de fontes e doses de fertilizantes contendo silício na adubação do arroz inundado e do sorgo [Dissertação de Mestrado]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2004.
- Brancaglione, P., Sampaio, A. C., Fischer, I. H., Almeida, A. M. & Fumis, T. F. Analysis of the efficiency of controlling silicate clay on *Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae* in vitro and in seedlings of yellow passion fruit contaminated. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2009. 31(3): 718-724.  
doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000300014>
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS; 2009. 395 p.
- Carvalho-Pupatto, J. G., Büll, L. T., Crusciol, C. A. C., Mauad, M. & Silva, R. H. D. Effect of blast furnace slag on root growth and yield of rice. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2003; 38(11): 1323-1328.  
doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003001100011>
- Debona, B., Rodrigues, F. A. & Datnoff, L. E. Silicon's role in abiotic and biotic plant stresses. *Annual Review of Phytopathology*. 2017; 55: 4.1-4.23.  
doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080516-035312>
- Dorneles, K. R., Pazdiora, P. C., Silva, F. J. A., Moccellini, R. & Farias, C. R. J. Control of *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) using *Curcuma longa* (Linnaeus) extract and effect of this extract on rice seed physiology. *Revista Caatinga*. 2018; 31(1): 99-105.  
doi: <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n112rc>

- Fawe, A., Abou-Zaid, M., Menzies, J. G. & Bélanger, R. R. Silicon-mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. *Phytopathology*. 1998; 88(5): 396-401.  
doi: <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1998.88.5.396>
- Gao, X., Zou, C., Lijun, W. & Zhang, F. Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. *Journal Plant Nutrition*. 2006; 29: 1637-1647.  
doi: <https://doi.org/10.1080/01904160600851494>
- Guazina, R. A. & Theodoro, G. F. Ação *in vitro* de fontes de silício sobre isolados de *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. *Summa Phytopathologica*. 2017; 43: 310-315.  
doi: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/2186>
- Korndörfer, A. P., Grisoto, E. & Vendramim, J. D. Induction of insect plant resistance to the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stål (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane by silicon application. *Neotropical Entomology*. 2011; 40: 387-392.  
doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000300013>
- Larré, C. F., Marini, P., Moraes, C. L., Amarante, L. & Moraes, D. M. Influência do 2.4 epibrassinolídeo na tolerância ao estresse salino em plântulas de arroz. *Semina*. 2014; 35(1): 67-76.  
doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014V35N1P67>
- Maguire, J. D. Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*. 1962; 2: 176-177.
- Malavolta, E. Elementos de nutrição de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres; 1980. 251 p.
- Malavolta, V. M. A., Soligo, E. A., Dias, D. D., Azzini, L. & Bastos, C. R. Incidência de fungos e quantificação de danos em sementes de genótipos de arroz. *Summa Phytopathologica*. 2007; 33(3): 280-286.  
doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052007000300012>
- Medeiros, A. M. & Peruch, L. A. M. Fungicidas e argila silicatada no controle da antracnose do maracujá amarelo. *Semina*. 2012; 33(5): 1803-1808.  
doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n5p1803>
- Morais Júnior, O. P., Pereira, J. A., Melo, P. G. S., Guimarães, P. H. R. & Moraes, O. P. Gene action and combining ability for certain agronomic traits in red rice lines and commercial cultivars. *Crop Science*. 2017; 57(3): 1-13.  
doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.11.0687>
- Moslem, M. A. & El-Kholie, E. M. Effect of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) seeds and leaves extract on some plant pathogenic fungi. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2009; 12(14): 1045-1048.  
doi: <https://doi.org/10.3923/pjbs.2009.1045.1048>
- Ohse, S., Cubis, J. G., Rezende, B. L. A., Cortez, M. G. & Otto, R. F. Vigor e viabilidade de sementes de trigo tratadas com zinco. *Biotemas*. 2012; 25(4): 49-58.  
doi: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n4p49>
- Oliveira, F. Q., Malaquias, J. B., Figueiredo, W. R. S., Batista, J. L., Beserra, E. B. & Oliveira, R. Insecticidal activity of bioproducts on *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae). *African Journal of Biotechnology*. 2014; 13(12): 1430-1438.  
doi: <https://doi.org/10.5897/AJB2013.13381>
- Oliveira, S., Brunes, A. P., Lemes, E. S., Tavares, L. C., Meneghello, G. E., Leitzke, I. D. & Mendonça, A. O. Tratamento de sementes de arroz com silício e qualidade fisiológica das sementes. *Revista de Ciências Agrárias*. 2016; 39(2): 202-209.  
doi: <https://doi.org/10.19084/RCA15083>
- Pelwing, A. B., Frank, L. B. & Barros, I. I. B. Sementes crioulas: o estado da arte no Rio Grande do Sul. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. 2008; 46(2): 391-420.
- Peres, F. & Moreira, J. C. É veneno ou é remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2003. 384 p.

Piveta, G., Menezes, V. O., Pedroso, D. C., Muniz, M. F. B., Blume, E. & Wielewicki, A. P. Superação de dormência na qualidade de sementes e mudas: influência na produção de *Senna multijuga* (L. C. Rich) Irwin & Barneby. *Acta Amazônica*. 2010; 40(2): 281-288.

doi: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000200006>

Pratissoli, D., Almeida, G. D., Jesus Júnior, W. C., Vicentini, V. B., Holtz, A. M. & Cochetto, J. G. Fertilizante organomineral e argila silicatada como indutores de resistência à varíola do mamoeiro. *Idesia*. 2007; 25(2): 63-67.

doi: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292007000200008>

Ribeiro, R. V., Silva, L., Ramos, R. A., Andrade, C. A., Zambrosi, F. C. B. & Pereira, S. P. O alto teor de silício no solo inibe o crescimento radicular de cafeeiros sem afetar as trocas gasosas foliares. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. 2011; 35: 939-948.

Rodrigues, F. A. Fertilização silicatada na severidade da queima das bainhas (*Rhizoctonia solani* Kuhn) do arroz [Dissertação de Mestrado]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2000.

Rodrigues, F. A., MacNally, D. J., Datnoff, L. E., Jones, J. B., Labbé, C., Benhamou, N., Menzies, J. G. & Belanger, R. R. Silicon enhances accumulation of diterpenoid phytoalexins in rice: a potential mechanism for blast resistance. *Phytopathology*. 2004; 94(2): 177-183.

doi: <https://doi.org/10.1094/PHTO.2004.94.2.177>

Rosolem, C. A., Bicudo, S. J. & Marubayashi, O. M. Soybean yield and root growth as affected by lime rate quality. In: Date, R. A., Grundon, N. J., Rayment, G. E. & Probert, M. E. (Ed.). *Plant soil interactions at low pH: principles and management*. Dordrecht: Kluwer; 1995. p. 543-547.

SAS. SAS/STAT 9.3. User's Guide. Cary, N. C.: SAS Institute Inc; 2011. 8621 p.

Seifert, K., Morgan-Jones, G., Gams, W. & Kendrick, B. *The genera of Hyphomycetes*. Utrecht: CBSKnaW Fungal Biodiversity Centre; 2011. 866 p.

Silva-Lobo, V. L., Lacerda, M. G., Filippi, M. C., Silva, G. B. & Prabhu, A. S. Influência da adubação nitrogenada, época de plantio e aerosporos sobre a severidade da mancha de grãos em arroz de terras altas. *Summa Phytopathologica*. 2011; 37(3): 110-115.

doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052011000300005>

Triana, A. C. & González, D. R. Efecto del oleo nim 50 CE sobre el crecimiento y desarrollo *in vitro* de hongos fitopatógenos del arroz (*Oryza sativa* L.). *Fitosanidad*. 2009; 13(4): 271-276.

Tunes, L. V. M., Fonseca, D. A. R., Meneghello, G. E., Reis, B. B., Brasil, V. D., Rufino, C. A. & Vilella, F. A. Qualidade fisiológica, sanitária e enzimática de sementes de arroz irrigado recobertas com silício. *Ceres*. 2014; 61(5): 675-685.

doi: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201461050011>

Zsoldos, F., Vashegyi, A., Pecsvaradi, A. & Bona, L. Influence of silicon on aluminium toxicity in common and durum wheats. *Agronomie*. 2003; 23: 349-354.

doi: <https://doi.org/10.1051/agro:2003008>