

Tratamento de sementes de arroz com silício e qualidade fisiológica das sementes

Rice seed treatment with silicon and seed quality

Sandro de Oliveira*, André P. Brunes, Elisa S. Lemes, Lizandro C. Tavares, Geri E. Meneghello, Igor D. Leitzke e André O. Mendonça

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Fitotecnia, Caixa Postal 354, 96010-610, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

(*E-mail: sandrofaem@yahoo.com.br)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA15083>

Recebido/received: 2015.07.15

Aceite/accepted: 2015.10.09

RESUMO

A utilização de silício é uma tecnologia limpa do ponto de vista ambiental, que pode conferir vários benefícios para as plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses e fontes de silício, via tratamento de sementes, na qualidade fisiológica das sementes tratadas e produzidas, a partir de plantas oriundas das sementes recobertas com silício. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3x5 (fontes de silício: Caulim, Escória de Forno de Panela e Cinza de Casca de Arroz; doses de silício: 0, 30, 60, 90, e 120 g 100 kg de sementes⁻¹) com quatro repetições. A cultivar de arroz utilizada foi BRS Querência. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos seguintes testes: germinação, primeira contagem de germinação, teste de frio, envelhecimento acelerado, comprimento da parte aérea e comprimento de raiz. O tratamento de sementes de arroz com silício não afeta negativamente a qualidade fisiológica das sementes tratadas. A aplicação de silício via tratamento de sementes proporciona a produção de sementes de arroz com maior vigor.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., recobrimento de sementes, vigor

ABSTRACT

The use of silicon is from environmental point of view a clean technology which can confer several benefits to plants. The aim of this study was to evaluate the effect of different doses and sources of silicon as seed treatment, the physiological quality of treated seed produced from plants grown from seeds coated with silicon. The experimental design was a randomized block in factorial 3x5 (silicon sources: Kaolin, Ladle Furnace Slag and Ash Bark Rice, Si doses: 0, 30, 60, 90, 120 g per100 kg seeds) with four replications. The rice cultivar used was BRS Querência. The physiological quality of seeds was evaluated by the following tests: germination, first count, cold test, accelerated aging, shoot length and root length. Treatment of rice seeds with silicon does not adversely affect the physiological quality of treated seeds. Silicon application via seed treatment provides the production of rice seeds with greater vigor.

Keywords: *Oryza sativa* L., seed coating, vigor

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, constituindo a base alimentar da população de diversos países, especialmente na Ásia onde se concentra 90% da produção e consumo mundial. O Brasil está entre os dez principais produtores de arroz, atingindo na safra 2014/2015 uma produção de aproximadamente 12,5 milhões de toneladas, sendo o maior produtor fora da Ásia.

No cenário nacional, o Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz, para a safra 2014/2015 a produção foi de cerca de 8 milhões de toneladas, o que representa aproximadamente 60% da produção nacional (Conab, 2015).

Na busca incessante por aumento na produção agrícola, muitos estudos sobre tecnologia de

sementes estão sendo desenvolvidos (Cardozo *et al.*, 2002; Ohlson *et al.*, 2010; Viganò *et al.*, 2010; Toledo *et al.*, 2011), pois é necessário o uso de sementes de alta qualidade, sendo estas uma das principais exigências para se obterem altas produtividades agrícolas. Ainda segundo Baudet e Peres (2004), a agregação de valor às sementes, utilizando métodos e tecnologias de produção como a de recobrimento de sementes, é a principal exigência de um mercado cada vez mais competitivo. Para Baudet e Peske (2006) o tratamento de sementes é uma realidade para melhorar o desempenho de sementes, sendo seu principal objetivo a proteção das sementes, melhorando o desempenho no campo, quer no estabelecimento inicial ou durante seu ciclo vegetativo.

Além do uso de sementes de alta qualidade o fornecimento adequado de nutrientes, quer seja pela fertilidade natural do solo ou pela adubação é outro fator essencial para a adequada condução de cultivos agrícolas. Em alguns casos, as quantidades de nutrientes requeridos pelas plantas são pequenas, no entanto, a falta de um determinado nutriente pode acarretar perdas de produtividade, nesse sentido a adequada nutrição das plantas torna-se um dos principais fatores responsáveis pela satisfatória produção das culturas. Desta forma o recobrimento das sementes com micronutrientes torna-se uma alternativa promissora, contribuindo para a germinação, emergência e estabelecimento das plântulas no campo (Matichenkov *et al.*, 2005; Harter e Barros, 2011; Vieira *et al.*, 2011). Ainda segundo Ribeiro e Santos (1996) a aplicação de Zn via tratamento de sementes é viável para o provimento deste para a cultura do milho, atendendo especialmente à fase inicial de crescimento da planta.

Mesmo não sendo considerado um nutriente essencial para as plantas, o silício (Si) tem aumentado a tolerância de várias espécies na sua maioria monocotiledôneas (Liliopsidas), às pragas e às doenças, bem como a diversos tipos de estresses abióticos tais como altas temperaturas, déficit hídrico e toxicidade de ferro e manganês às raízes (Datnoff *et al.*, 2007), sendo benéfico para a produção de várias culturas, como no arroz, na soja, sorgo e cana-de-açúcar (Korndörfer *et al.*, 2002).

Segundo Korndörfer e Datnoff (1995) solos altamente intemperizados ou lixiviados, com intensa utilização podem apresentar baixos teores de silício disponíveis para as plantas. Vários trabalhos têm

sido realizados, estudando o efeito do silício na orizicultura com vista ao incremento na produtividade do arroz (Korndörfer *et al.*, 1999; Tokura *et al.*, 2007). De acordo com Guével *et al.* (2007), esse nutriente proporciona efetivo controle de doenças em plantas e tem sido relacionado com a redução de efeitos prejudiciais decorrentes de agentes químicos (salinidade, toxicidade causada por metal pesado e desbalanço de nutrientes) e físicos (acamamento, seca, radiação, altas e baixas temperaturas).

Considerando que há fontes de silício disponíveis no Rio Grande do Sul, quer jazidas naturais, quer resíduos da queima de casca de arroz, e com os relatos dos seus benefícios para as culturas, é possível obter respostas na produtividade das culturas, podendo assim ser concretizada sua utilização. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de arroz recobertas com diferentes doses e fontes de silício e das sementes produzidas em função deste manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório Didático de Análise de Sementes (LDAS) e em casa de vegetação pertencentes ao Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

Foram utilizadas sementes de arroz da cultivar BRS Querência, e como fontes de silício cinza de casca de arroz carbonizada (C.C.A.), escória de forno de panela (E.F.P.) e caulim (C), sendo as mesmas aplicadas via tratamento de sementes, utilizando o equivalente a 0, 30, 60, 90 e 120 g de silício por 100 kg de sementes. As sementes tratadas com as fontes de silício, foram em seguida recobertas com fungicida, inseticida e polímero, utilizando-se 150, 300 e 300 mL respectivamente, num volume de calda total de 1200 mL por 100 kg de sementes. O recobrimento foi realizado seguindo a metodologia utilizada por Nunes (2005), que consiste num método manual em sacos plásticos (3 L), após o tratamento, as sementes foram postas para secar em temperatura ambiente por um período de 24 horas.

A qualidade fisiológica das sementes tratadas e produzidas foi avaliada através dos testes de germinação, primeira contagem de germinação, teste

de frio, envelhecimento acelerado, comprimento de parte aérea e raiz, os quais serão descritos em seguida. Posteriormente, também foi realizada semeadura das sementes tratadas com a intenção da obtenção de sementes, para avaliar possíveis efeitos do silício na sua qualidade.

Para isso foi realizado a semeadura das sementes em vasos com capacidade de 8 litros, os quais foram preenchidos com solo peneirado coletado de um horizonte A1 de um Planossolo Háplico Eutrófico solódico pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (Streck *et al.*, 2008). A adubação e a calagem foram realizadas de acordo com interpretação da análise química de solo, seguindo recomendações da Comissão de Fertilidade e Química do Solo – RS/SC (2004), incorporando os nutrientes ao solo aos sete e trinta dias antes da semeadura, respectivamente. Foram semeadas 10 sementes por unidade experimental, sendo que após a emergência das plântulas foi realizado desbaste deixando apenas 3 plantas por vaso, as quais permaneceram até a colheita das sementes.

A qualidade fisiológica das sementes tratadas e das sementes produzidas foi avaliada pelos seguintes testes: Teste de Primeira Contagem da Germinação (PCG): conduzido em conjunto com o teste de germinação, sendo a avaliação feita aos sete dias após a semeadura (DAS). Teste de Germinação (G): conduzido com quatro repetições de 50 sementes para cada unidade experimental, utilizando como substrato rolos de papel do tipo “germitest” umedecido previamente com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, os quais foram colocados em germinadores à temperatura de 25 °C. A contagem foi realizada aos 14 DAS, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Teste de frio (TF): realizado conforme metodologia descrita por Cícero e Vieira (1994), onde foram distribuídas uniformemente quatro repetições de 50 sementes em rolo de papel germitest, previamente umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram colocados em sacos plásticos fechados, permanecendo por sete dias a 10°C, após, transferiram-se os mesmos para um germinador a uma temperatura de 25 ± 2°C, sendo a avaliação realizada sete dias após os rolos serem acondicionados no germinador. Envelhecimento acelerado (EA): utilizou-se o método de gerbox, descrito por Delouche e Baskin (1973) onde as sementes foram espalhadas em camada única sobre uma tela metálica suspensa dentro de

caixas de gerbox, contendo 40 mL de água destilada no fundo. Posteriormente as caixas foram tapadas e acondicionadas em câmara incubadora BOD (demanda bioquímica de oxigênio), a 42°C por 96 h. Posteriormente as sementes foram colocadas para germinar seguindo a metodologia descrita anteriormente. Sendo os resultados destes testes expressos em percentagem de plântulas normais.

Comprimento da parte aérea (CPA) e de raiz (CR): realizado com quatro subamostras de 20 sementes para cada unidade experimental, sendo as sementes distribuídas desencontradas em duas linhas longitudinais e paralelas no terço superior do papel de germinação tipo germitest, umedecido a 2,5 vezes o seu peso seco. Os rolos de papel foram acondicionados em germinador a 25°C. A leitura foi realizada aos sete DAS, sendo medido o comprimento total e o comprimento da parte aérea de 10 plântulas normais escolhidas aleatoriamente, conforme metodologia descrita por Nakagawa (1999).

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo os dados qualitativos analisados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e os quantitativos por regressão polinomial. Para a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística Winstat versão 1.0 (Machado e Conceição, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentados no Quadro 1, referem-se à percentagem de plântulas normais obtidas nos testes de primeira contagem da germinação (PCG), germinação (G), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), comprimento da parte aérea (PCA) e comprimento de raiz (CR) de sementes de arroz da cultivar BRS Querência, tratadas com diferentes fontes e doses de silício. No que diz respeito à primeira contagem de germinação, não foi observado interação entre os fatores fonte e dose, sendo observado apenas efeito principal de dose, realizando então regressão polinomial para este fator. No entanto, observando os dados referentes à variável envelhecimento acelerado foi constatado efeito principal de fonte, sendo que a fonte cinza de casca de arroz carbonizada apresentou melhor resultado quando comparado com a fonte caulim. Já a fonte escória de forno de panela não apresentou diferença estatística para as demais fontes. Para as demais variáveis, não foi

Quadro 1 - Percentagem de plântulas normais obtidas no teste de primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA) e do comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) de plântulas de arroz da cultivar BRS Querência, oriundas de sementes tratadas com diferentes doses e fontes de silício

Dose Fonte (g 100 kg de sementes ⁻¹)	PCG (%)			G (%)		
	CAULIM	EFP	C.C.A.	CAULIM	EFP	C.C.A.
0	79	77	79	93	92	91
30	81	77	76	94	90	90
60	83	80	79	93	91	92
90	85	85	77	94	93	90
120	85	87	84	94	92	92
Média	82	81	79	93	91	91
C.V	6,1			4,5		
Dose Fonte (g 100 kg de sementes ⁻¹)	TF (%)			EA (%)		
	CAULIM	EFP	C.C.A.	CAULIM	EFP	C.C.A.
0	85	88	86	80	83	83
30	87	86	87	78	86	86
60	86	87	92	83	84	85
90	88	88	89	76	81	85
120	89	91	88	83	81	84
Média	87	88	88	80 b	83 ab	85 a
C.V	5,5			7,2		
Dose Fonte (g 100 kg de sementes ⁻¹)	CPA (cm)			CR (cm)		
	CAULIM	EFP	C.C.A.	CAULIM	EFP	C.C.A.
0	6,1	6,0	5,7	5,7	5,8	5,9
30	6,0	6,1	5,5	5,7	5,8	5,8
60	6,3	6,1	6,0	5,9	5,8	5,8
90	6,2	5,9	6,0	5,9	6,0	6,0
120	6,2	6,0	6,3	5,8	5,9	6,1
Média	6,1	6,0	5,9	5,8	5,8	5,9
C.V	5,4			7,1		

*Médias seguidas pela mesma letra na linha em cada variável resposta não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

observado interação entre os fatores de tratamento fonte e dose, nem efeito principal de nenhum dos fatores de tratamento.

O tratamento de sementes é realizado com o intuito de que os produtos aplicados protejam não apenas as sementes, mas também as plântulas no início do desenvolvimento da cultura, de doenças e pragas que afetam a emergência das plântulas e o seu desenvolvimento inicial, bem como fornecer nutrientes que podem ser aplicados via tratamento de sementes (Dhingra, 1985). Pode-se inferir com isso que o tratamento não tenha função de melhorar a qualidade das sementes tratadas, mas sim a proteção das mesmas, justificando assim os

resultados, em que não foram observados diferenças entre os tratamentos em relação a qualidade fisiológica das sementes.

Ao analisar a Figura 1 observa-se que os resultados do teste PCG se enquadram numa equação linear crescente, com aumento de 0,0619 pontos percentuais na percentagem de plântulas normais, para cada unidade de aumento das doses, representando um aumento de 7,4 pontos percentuais, na maior dose, quando comparado com a testemunha. Diferentemente dos resultados encontrados, Fonseca (2012) não observou diferença significativa para os testes PCG e TF, com acréscimo das doses de silicato de alumínio em sementes de trigo. Sementes

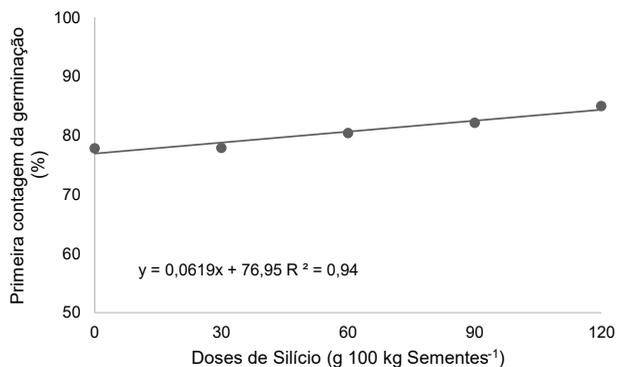


Figura 1 - Média dos tratamentos para percentagem de plântulas normais obtidas no teste de primeira contagem da germinação, oriundas de sementes de arroz da cultivar BRS Querência, tratadas com diferentes doses e fontes de silício.

que germinam primeiro são consideradas de maior vigor, pois necessitam de menor tempo para a reorganização das membranas durante o processo de embebição para iniciar a germinação.

No Quadro 2 estão apresentados os resultados referentes à qualidade fisiológica das sementes produzidas em função do tratamento de sementes com diferentes doses de caulim, escória de forno de panela e cinza de casca de arroz carbonizada. Para a variável PCG observou-se interação entre as fontes e as doses de silício utilizadas, podendo observar que a partir da dose de 60 g 100 kg de sementes⁻¹, a resposta das sementes foi similar entre as fontes.

Quadro 2 - Percentagem de plântulas normais obtidas no teste de primeira contagem de germinação (PCG), germinação (G), teste de frio (TF), envelhecimento acelerado (EA), comprimento de parte aérea (CPA) e comprimento de raiz (CR) de plântulas de arroz da cultivar BRS Querência, oriundas de sementes produzidas a partir de sementes tratadas com diferentes doses e fontes de silício

Dose Fonte (g 100 kg de sementes ⁻¹)	PCG (%)			G (%)		
	CAULIM	EFP	C.C.A.	CAULIM	EFP	C.C.A.
0	87 a*	82 b	82 b	96	93	93
30	92 ab	96 a	90 b	99	99	95
60	92 a	91 a	90 a	96	96	93
90	93 a	91 a	92 a	98	96	96
120	91 a	93 a	95 a	99	96	98
Média	91	90	90	97 a	96 ab	95 b
C.V. (%)	3,02			2,37		
Dose Fonte (g 100 kg de sementes ⁻¹)	TF (%)			EA (%)		
	CAULIM	EFP	C.C.A.	CAULIM	EFP	C.C.A.
0	79	83	87	86 a	89 a	88 a
30	89	86	92	92 a	95 a	90 a
60	88	92	92	86 b	90 ab	94 a
90	84	88	91	87 b	96 a	91 ab
120	90	88	91	90 a	87 a	88 a
Média	86 b	87 ab	90 a	88	91	90
C.V. (%)	6,07			3,69		
Dose Fonte (g 100 kg de sementes ⁻¹)	CPA (cm)			CR (cm)		
	CAULIM	EFP	C.C.A.	CAULIM	EFP	C.C.A.
0	5,8 a	4,4 b	4,6 b	8,8 b	10,3 a	8,7 b
30	5,3 a	5,4 a	6,2 a	8,9 b	10,6 a	10,4 a
60	7,8 a	6,0 b	4,0 c	9,5 a	10,3 a	10,3 a
90	5,7 ab	5,2 b	6,7 a	10,0 a	9,9 a	10,5 a
120	4,8 b	6,3 a	5,7 ab	8,5 c	10,2 b	11,6 a
Média	5,9	5,5	5,4	9,1	10,3	10,3
C.V. (%)	10,4			7,28		

*Médias seguidas pela mesma letra na linha em cada variável resposta não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

No que diz respeito à G e ao TF não foi verificada interação entre as fontes e as doses, verificando apenas efeito principal das fontes utilizadas, sendo que para a G a fonte caulim foi superior a C.C.A., já para o teste de frio foi observado o contrário, a fonte C.C.A. foi superior a fonte caulim. Para as duas variáveis analisadas a fonte EFP não diferiu estatisticamente das demais fontes. Analisando os dados referentes à variável EA observou-se interação entre os fatores fontes e doses, podendo ainda salientar que as fontes tiveram comportamento diferente apenas nos tratamentos 60 e 90 g por 100 kg de sementes, sendo que a fonte C.C.A. na dose de 60 g por 100 kg de sementes foi superior ao caulim, não diferindo da fonte EFP. Já na dose de 90 g por 100 kg de sementes a fonte escória de forno de panela foi superior a fonte caulim, não diferindo da fonte cinza de casca de arroz carbonizada. Para a variável CPA foi observado interação significativa entre os fatores fonte e dose, podendo ser observado que a fonte caulim foi superior às demais fontes nas doses de 0 e 60 g por 100 kg de sementes. No tocante ao comprimento de raiz a fonte caulim foi inferior às demais fontes nas doses de 30 e 120 g por 100 kg de sementes, sendo ainda que na maior dose (120 g por 100 kg de sementes) a fonte cinza de casca de arroz foi superior às demais fontes.

Para a variável primeira contagem da germinação, Figura 2A, os resultados ajustaram-se a um modelo polinomial quadrático, quando as sementes foram produzidas em função do recobrimento com as fontes escória de forno de panela e caulim, podendo ser observado como ponto de máxima na dose de 77 e 78 g 100 kg de sementes⁻¹, respectivamente. Podendo ainda observar que a fonte cinza de casca de arroz carbonizada, proporcionou aumento linear na ordem de 0,0967 pontos percentuais para cada unidade de aumento da C.C.A. Matichenkov *et al.* (2005) com sementes de trigo, verificaram aumento linear no teste de germinação e primeira contagem de germinação com doses mais elevadas de silício.

No tocante ao teste de frio Figura 2B, verificou-se acréscimo nas doses de silício nas sementes tratadas até 80 g de silício por 100 kg de sementes, resultando em aumentos na porcentagem de plântulas normais das sementes produzidas, sendo o ponto de máxima germinação com 90,1%. Já no que diz respeito à variável de envelhecimento acelerado (Figura 2C), a fonte cinza de casca de arroz carbonizada apresentou comportamento quadrático positivo com ponto de máxima na dose de 60 g de silício por 100 kg de sementes, sendo a porcentagem de plântulas normais

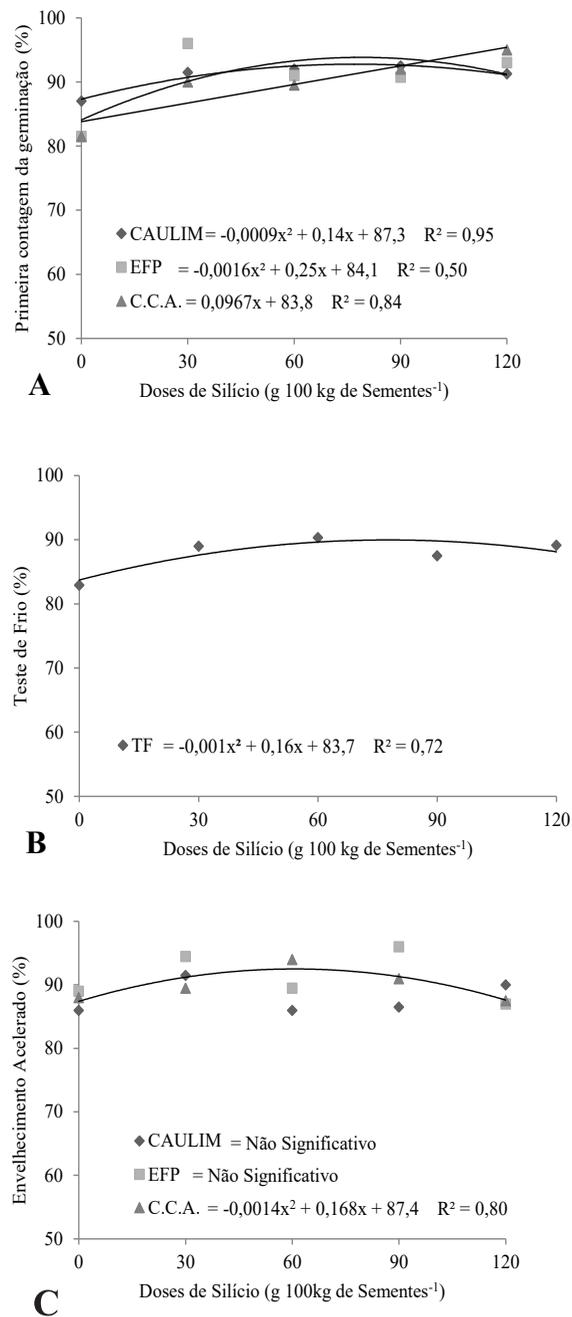


Figura 2 - Média dos tratamentos para porcentagem de plântulas normais obtidas no teste de primeira contagem da germinação, oriundas de sementes de arroz da cultivar BRS Querência, tratadas com diferentes doses e fontes de silício.

de 92,4%. No entanto para as fontes caulim e escória de forno de panela, o acréscimo das doses não apresentaram diferença significativa nos resultados. Contrariando os resultados deste trabalho Tavares *et al.* (2011) que estudaram o desempenho de sementes de trigo recobertas com silício observaram acréscimo no percentual de germinação no teste de envelhecimento acelerado com o aumento das doses de silício. Tais acréscimos encontrados na qualidade fisiológica,

através dos testes de vigor deve-se ao efeito benéfico do silício, que apesar de ter sido aplicado em pequenas quantidades no tratamento de sementes, podem ter contribuído para o aumento do vigor das sementes produzidas, pois de acordo com Epstein (1994) entre os benefícios do silício pode citar a adaptação das plantas a condições adversas, condições essas, que são proporcionadas durante a execução dos testes de vigor.

No que se refere ao comprimento da parte aérea (Figura 3A), pode-se observar que para a fonte de silício CCA os dados não foram significativos. No entanto para as fontes caulim e EFP, os resultados enquadraram num modelo quadrático para a primeira e num modelo linear crescente para a segunda, sendo observado como ponto de máximo comprimento da parte aérea na dose de 55,6 g de silício por 100 kg de sementes para a fonte caulim, e que para cada unidade de aumento da dose da fonte

escória de forno de panela, foi observado acréscimos de 0,012 cm. Resultados contrários a este estudo foram encontrados por Fonseca (2012) em trabalho com aplicação de silicato de alumínio, no qual não observou diferença significativa para o comprimento da parte aérea em trigo.

Para a variável comprimento de raiz (Figura 3B), a fonte escória de forno de panela não apresentou diferença significativa. Já os resultados referentes a aplicação da fonte caulim adequou-se a um modelo quadrático positivo, com ponto de máxima na dose de 59,3 g de silício por 100 kg de sementes, com um incremento de 1,1 cm em relação a dose zero, enquanto que para a fonte C.C.A. os dados apresentaram comportamento linear crescente com incremento de 0,019 cm para cada unidade de aumento da dose, o que representou um aumento de 2,3 cm no comprimento de raiz, na maior dose (120 g de silício por 100 kg de sementes), quando comparado com a testemunha.

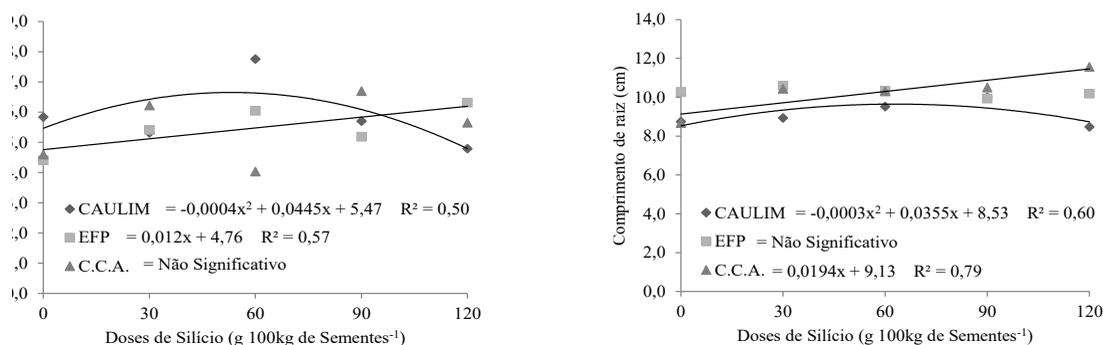


Figura 3 - Comprimento da parte aérea (A) e comprimento de raiz (B) de plântulas de arroz da cultivar BRS Querência, oriundas de plantas produzidas a partir de sementes tratadas com diferentes doses e fontes de silício

CONCLUSÕES

O tratamento de sementes de arroz com silício não afeta negativamente a qualidade fisiológica

das sementes tratadas. A aplicação de silício via tratamento de sementes proporciona a produção de sementes de arroz com maior vigor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baudet, L. e Peres, W. (2004) - Recobrimento de sementes. *Revista Seed News*, vol. 4, n. 1, p. 20-23.
- Baudet, L. e Peske, T.S. (2006) - A logística do tratamento de sementes. *Revista Seed News*, ano X, n 1, p. 22-25.
- Brasil. (2009) - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Brasília: Mapa/ACS, 399 p.
- Cardozo, M.T.; Schuch, L.O.B. e Rosenthal, M.D. (2002) - Efeito do retardamento da colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de aveia branca (*Avena sativa* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 24, n. 1, p. 331-338. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222002000100045>
- Cícero, S.M. e Vieira, R.D. (1994) - Teste de frio. In: Vieira, R.D. e Carvalho, N.M. (Eds.) *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal, FUNEP, p.151-164.
- Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004) – *RS/SC Manual de Adubação e de Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10ª ed. Porto Alegre: NRS/SBCS, 400 p.
- Conab (2015) - *Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2014/2015* -

- Décimo Levantamento* - Junho/2015 – Brasília, Conab.
- Datnoff, L.E.; Rodrigues, F.A. e Seebold, K.W. (2007) - Silicon and Plant Nutrition. In: Datnoff L.E.; Elmer W.H.; Huber D.M. (Eds.) *Mineral Nutrition and Plant Disease*. Saint Paul MN. APS Press. pp. 233-246.
- Delouche, J.C.; Baskin, C.C. (1973) - Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, vol. 1, n. 3, p. 427-452.
- Dhingra, O.D. (1985) - Importância e perspectivas do tratamento de sementes no Brasil. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 7, n. 1, p. 133-138.
- Epstein, E. (1994) - The anomaly of silicon in plant biology. In: *Proceeding National Academic Science*, Washington, v. 91, p. 11-17.
- Fonseca, D.A.R. (2012) - *Desempenho de sementes de trigo recobertas com silicato de alumínio*. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas. 58 p.
- Guével, M.H.; Menzies, J.G. e Bélanger, R.R. (2007) - Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. *European Journal of Plant Pathology*, vol. 119, n. 4, p. 429-436. <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-007-9181-1>
- Harter, F.S. e Barros, A.C.S.A. (2011) - Cálcio e silício na produção e qualidade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 33, n. 1, p. 54-60. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000100006>
- Korndörfer, G.H.; Arantes, V.A.; Corrêa, G.F. e Snyder, G.H. (1999) - Efeito da aplicação de silicato de cálcio em solos cultivados com arroz de sequeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 23, n. 3, p. 635-641. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831999000300017>
- Korndörfer, G.H. e Datnoff, L.E. (1995) - Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 70, p. 1-5.
- Korndörfer, G.H.; Pereira, H.S. e Camargo, M.S. (2002) - *Silicatos de cálcio e magnésio*. 2ª edição. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 23 p. (Boletim Técnico, 1).
- Machado, A.A. e Conceição, A.R. (2003) - *Sistema de análise estatística para Windows*. WinStat. Versão 1.0. UFPel.
- Matichenkov, V.V.; Kosobrukhov, A.A.; Shabnova, N.I. e Bocharnikova, E.A. (2005) - Plant response to silicon fertilizers under salt stress. *Agrokhimiya*, vol. 10, p. 59-63.
- Nakagawa, J. (1999) - Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D. e França-Neto, J.B. (Eds.) - *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina, ABRATES, Cap. 2, p. 9-13.
- Nunes, J. C. (2005) - *Tratamento de semente - qualidade e fatores que podem afetar a sua performance em laboratório*. Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. 16p.
- Ohlson, O.C.; Krzyzanowski, F.C.; Caieiro, J.T. e Panobianco, M. (2010) - Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 32, n. 4, p. 118-124. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000400013>
- Ribeiro, N.D. e Santos, O.S. (1996) - Aproveitamento do zinco na semente na nutrição da planta. *Ciência Rural*, vol. 26, n. 1, p. 159-165.
- Streck, E.V.; Kämpf, N.; Dalmolin, R.S.D.; Klamt, E., Nascimento, P.C.; Schneider, P. e Giasson, E. Pinto, L.F.S. (2008) - *Solos do Rio Grande do Sul*. 2.ed. Porto Alegre, EMATER/RSASCAR, p. 222.
- Tavares, L.C.; Braz, H.S.; Tunes, L.M.; Fonseca, D.A.R. e Barros, A.C.S.A. (2011) - Desempenho de sementes de trigo recobertas com silício. In: *XX CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, II Amostra científica*. Pelotas.
- Tokura, A.M.; Furtini Neto, A.E.; Curi, N.; Carneiro, L.F. e Alovisei, A.A. (2007) - Silício e fósforo em diferentes solos cultivados com arroz de sequeiro. *Acta Scientiarum Agronomy*, vol. 29, n. 1, p. 9-16. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v29i1.58>
- Toledo, M.Z.; Castro, G.S.A.; Crusciol, C.A.C.; Sorato, R.P.; Nakagawa, J. e Cavariani, C. (2011) - Physiological quality of soybean and wheat seeds produced with alternative potassium sources. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 33, n. 2, p. 363-371. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000200019>
- Vieira, A.R.; Oliveira, J.A.; Guimarães, R.M.; Carvalho, M.L.M.; Pereira, E.M. e Carvalho, B.O. (2011) - Qualidade de sementes de arroz irrigado produzidas com diferentes doses de silício. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 33, n. 3, p. 490-500. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000300012>
- Vigano, J.; Braccini, A.L.; Scapim, C.A.; Franco, F.A.; Schuster, I.; Moterle, L.M. e Texeira, L. (2010) - Qualidade fisiológica de sementes de trigo em resposta aos efeitos de anos e épocas de semeadura. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 32, n. 3, p. 86-96. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000300010>