

Notas Científicas

Aplicação do silício para aumentar a resistência do arroz à mancha-parda

Luiz Antônio Zanão Júnior⁽¹⁾, Renildes Lúcio Ferreira Fontes⁽²⁾ e Vinícius Tavares de Ávila⁽²⁾

⁽¹⁾Instituto Agronômico do Paraná, Caixa Postal 129, CEP 84001-970 Ponta Grossa, PR. E-mail: lzanao@iapar.br ⁽²⁾Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, Av. P.H. Hofhs, s/nº, CEP 36570-000 Viçosa, MG. E-mail: renildes@ufv.br, vtasolosufv@yahoo.com.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar fontes e métodos de aplicação de silício para aumentar sua absorção e a resistência de plantas de arroz (*Oryza sativa*), cultivar Metica-1, à mancha-parda (*Bipolaris oryzae*). Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação, com solo Latossolo Vermelho. O delineamento experimental foi o completamente casualizado, com oito repetições. As fontes foram wollastonita (silicato de cálcio), aplicada via solo, e silicato de potássio e ácido monossilícico, aplicados via foliar. A aplicação de silício via solo resultou em aumento do teor foliar deste elemento e foi eficiente na indução de resistência à mancha-parda, diferentemente do observado com sua aplicação via foliar.

Termos para indexação: *Bipolaris oryzae*, *Oryza sativa*, aplicação foliar, controle alternativo de doenças, parcelamento, severidade.

Silicon application to increase rice resistance to brown spot

Abstract – The aim of this study was to evaluate sources and methods of silicon application to improve silicon uptake and the resistance of rice plants (*Oryza sativa*), cultivar Metica-1, to brown spot (*Bipolaris oryzae*). Two experiments were carried out in a greenhouse, with an Oxisol soil, in a completely randomized design with eight repetitions. The treatments were wollastonite (calcium silicate) applied via soil and potassium silicate and silicic acid applied to the leaves. The soil-applied silicon increased the foliar silicon content and reduced the severity of brown spot, in contrast to the results observed in the foliar-applied silicon treatments.

Index terms: *Bipolaris oryzae*, *Oryza sativa*, foliar application, alternative control of diseases, splitting, severity.

O silício não é considerado um elemento essencial às plantas, mas pode ter efeitos benéficos a várias culturas (Epstein, 1999). Atua no crescimento, no incremento da produção e no grau de resistência de plantas de arroz a diversos fatores causadores de estresse, como importantes doenças, entre elas, a mancha-parda (Barbosa Filho et al., 2000). Na cultura do arroz, o acúmulo de Si pode exceder ao de todos os macronutrientes, e alcançar teores foliares próximos a 10 kg dag kg⁻¹ (Zanão Júnior, 2007).

A aplicação foliar do Si na cultura do arroz não é comum. Predomina a aplicação de silicatos de cálcio e magnésio ao solo, que além de fontes desse elemento são corretivos da acidez (Barbosa Filho et al., 2000). Apesar disso, a aplicação foliar do Si tem reduzido a severidade de algumas doenças em culturas como pepino, melão e abóbora (Menzies et al., 1992). Contudo, Samuels et al. (1991) constataram haver necessidade de suprimento contínuo de Si ao longo do

ciclo do pepino, para aumentar a resistência ao fungo *Sphaerotheca fuliginea*.

Acredita-se que a redução da severidade das doenças, quando o Si é aplicado nas folhas, ocorre pela formação de uma barreira física a patógenos, pela deposição do Si na superfície da folha, que previne a penetração das hifas do fungo nos tecidos da planta (Menzies et al., 1992). Para a aplicação foliar de Si, a fonte mais utilizada tem sido o silicato de potássio (K₂SiO₃). Zanão Júnior et al. (2009), ao utilizar o ácido monossilícico, verificaram que o Si absorvido pelas raízes reduziu a severidade da mancha-parda. Ressaltaram a necessidade da avaliação de sua aplicação foliar.

Estudos que englobem o fracionamento da adubação foliar e a fonte adequada para tal prática são inexistentes na cultura do arroz, a despeito da importância que possam ter na resistência da planta a doenças.

O objetivo deste trabalho foi avaliar fontes e métodos de aplicação de silício para aumentar sua absorção e a

resistência de plantas de arroz (*Oryza sativa*), cultivar Metica-1, à mancha-parda (*Bipolaris oryzae*).

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, na primavera de 2006 e repetido no verão. Foram estudados modos de aplicação, parcelamento e fontes de Si para plantas de arroz, em um delineamento inteiramente casualizado, com 16 tratamentos e oito repetições. Foram utilizados vasos com 1 kg de solo. Os tratamentos foram: testemunha; aplicação de Si via solo (0,402 g vaso⁻¹ de Si) na forma de wollastonita; aplicação foliar de silicato de potássio (K₂SiO₃) aos 15 dias após a emergência (DAE); K₂SiO₃ aos 30 DAE; K₂SiO₃ aos 45 DAE; K₂SiO₃ aos 15 e aos 30 DAE; K₂SiO₃ aos 15 e aos 45 DAE; K₂SiO₃ aos 30 e aos 45 DAE; K₂SiO₃ aos 15, aos 30 e aos 45 DAE; aplicação foliar de ácido monossilícico (AM) aos 15 DAE; AM aos 30 DAE; AM aos 45 DAE; AM aos 15 e aos 30 DAE; AM aos 15 e aos 45 DAE; AM aos 30 e aos 45 DAE; e AM aos 15, aos 30 e aos 45 DAE. O silicato de potássio possui 26% de SiO₂ e 15% de K₂O. O ácido monossilícico (H₄SiO₄) foi obtido pela passagem de uma solução de K₂SiO₃ através de uma coluna de resina trocadora de cátions, conforme Ma et al. (2001). A concentração de Si utilizada em todos os tratamentos via foliar foi 4,8 g L⁻¹, com dose média de 72 mg por vaso.

Foi utilizado um Latossolo Vermelho distrófico, coletado em Três Marias, MG, com 180 g kg⁻¹ de argila, com as seguintes características químicas: pH H₂O (1:2,5) 4,90; 1,2 mg dm⁻³ de Si disponível; 0,3 mg dm⁻³ de P (Mehlich-1); 0,02 cmol_c dm⁻³ de K (Mehlich-1); 0,07 cmol_c dm⁻³ de Ca (KCl 1 mol L⁻¹); 0,01 cmol_c dm⁻³ de Mg (KCl 1 mol L⁻¹); e 2,3% de saturação por bases.

Para correção da acidez do solo, aplicou-se carbonato de cálcio (40% de Ca) em todos os tratamentos, na dose de 1,2 g vaso⁻¹, com exceção do tratamento que recebeu a wollastonita (silicato de cálcio), que também é um corretivo de acidez do solo. Neste tratamento, a dose de wollastonita (1,55 g vaso⁻¹) foi calculada de forma a balancear a quantidade de Ca (0,48 g vaso⁻¹) fornecida pelo carbonato de cálcio nos outros tratamentos, o que resultou no fornecimento de 0,402 g vaso⁻¹ de Si. Considerou-se o efeito neutralizante da dose de wollastonita semelhante ao do calcário. A wollastonita é considerada uma fonte padrão em experimentos que envolvem aplicação do Si. Em todos

os tratamentos, foi aplicado 0,20 g vaso⁻¹ de MgCO₃. Após a homogeneização do solo com os corretivos e durante a condução do experimento, foi adicionada água deionizada para manter a umidade a 80% da capacidade de campo.

Após o período de 25 dias de incubação do solo com o corretivo, foram adicionados 400 mg vaso⁻¹ de P (CaHPO₄), misturados a todo o volume do solo. Em seguida foram semeadas dez sementes por vaso da cultivar de arroz Metica-1, suscetível à mancha-parda.

Cinco dias após a emergência (DAE), foi realizada a primeira aplicação de N, micronutrientes, K e S. O desbaste foi realizado 10 DAE, deixando-se três plantas por vaso. A segunda e a terceira aplicações de N e micronutrientes foram feitas 15 e 30 DAE. A quantidade total dos nutrientes aplicados nas adubações, em mg kg⁻¹, foi: N, 160; K, 210; S, 60; Mg, 60; B, 1; Cu, 1,5; Fe, 2; Mn, 3,5; Mo, 0,2 e Zn, 5.

A data de aplicação dos adubos via foliar foi de acordo com os tratamentos: 15, 30, 45 DAE ou a combinação delas. A aplicação dos adubos foi feita com um atomizador, e o volume de solução aplicada em cada vaso foi estipulado previamente, de forma que se atingisse o ponto de molhamento máximo na superfície da folha, sem que houvesse escorrimento da solução. O pH das soluções aplicadas foi ajustado para 6,0, com adição de HCl 2 mol L⁻¹.

Aos 46 DAE, quatro repetições de cada tratamento foram transferidas para câmara de inoculação e submetidas à inoculação de uma suspensão de conídios do fungo *Bipolaris oryzae*, na concentração de 5.000 conídios por mililitro, com auxílio de um atomizador (D. Vilbiss nº 15). Posteriormente, foram colocadas em câmara de nevoeiro, onde permaneceram por 24 horas, e então transferidas para câmara de crescimento (temperatura de 18±2°C) até o término do experimento. As outras quatro repetições também permaneceram em câmara.

Das oito repetições empregadas, metade foi utilizada para o estudo da produção de matéria seca da parte aérea e teores foliares de Si e K, e a outra metade, para o estudo do progresso e severidade da mancha-parda.

A severidade da mancha-parda foi avaliada a cada 24 horas após a inoculação. Atribuiu-se a cada folha marcada um valor de severidade, de acordo com escala proposta pelo International Rice Research Institute (1996). Os dados da severidade foram utilizados para estimar a área abaixo da curva de progresso da mancha-

parda, calculada pela equação proposta por Shaner & Finney (1977). A severidade final da mancha-parda foi avaliada seis dias após a inoculação, observando-se o aspecto geral da planta inteira, de acordo com escala do International Rice Research Institute (1996).

Por ocasião da avaliação da severidade final, as repetições sem inoculação foram avaliadas quanto à produção de matéria seca da parte aérea e aos teores foliares de Si e K. Os teores de K foram determinados por espectrofotometria de chama e os de Si, pelo método da digestão alcalina, adaptado por Korndörfer et al. (2004).

Os dados de cada variável dos dois experimentos foram analisados conjuntamente porque a homogeneidade da variância entre os experimentos foi confirmada pelo teste de Cochran (Gomez & Gomez, 1984). Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

O Si aplicado via foliar apresentou resultados semelhantes à testemunha, para todas as variáveis avaliadas (Tabela 1). Maior teor foliar de Si, maior produção da

matéria seca da parte aérea, menor severidade final da mancha-parda e menor área abaixo da curva do progresso da mancha-parda foram obtidos com a aplicação do Si via solo. Não foi verificada diferença significativa entre os teores foliares de K, que variaram de 57 a 60,5 g kg⁻¹, considerados adequados para o arroz (Tabela 1).

A maior produção de matéria seca da parte aérea das plantas que receberam Si via solo pode ter ocorrido pela melhoria na arquitetura da planta e no aproveitamento da água promovida pelo Si, como observado por Agarie et al. (1998) e Zanão Júnior (2007).

A aplicação de Si via solo proporcionou, em média, teores foliares do elemento 4,3 vezes maiores que os tratamentos testemunha e com aplicação via foliar (Tabela 1). Isso pode ser explicado pela maior dose de Si aplicada ao solo e pela sua forma de absorção pelo arroz, que apresenta transportadores de baixa afinidade específicos para absorção desse elemento nas raízes (Ma & Yamaji, 2006).

A severidade da mancha-parda foi, em média, 55% menor quando o Si foi aplicado via solo (Tabela 1). Segundo Cai et al. (2008), a redução na severidade de doenças do arroz, como a brusone, pela aplicação de Si é um processo complexo, que não se limita à formação de barreiras mecânicas passivas – deposição e polimerização do Si abaixo da cutícula – ou à indução de reações bioquímicas (produção de compostos fenólicos). É resultado da atuação conjunta desses dois mecanismos.

Neste trabalho, não houve controle da doença com aplicação foliar de Si. Menzies et al. (1992), no entanto, relataram controle do oídio em pepino, melão e abóbora com a aplicação foliar de Si, com uso de concentrações de até 17 mmol L⁻¹ e pH da calda de aplicação maior que 10. A divergência observada nos resultados pode ser advinda do uso de diferentes metodologias de aplicação foliar, que variaram nas doses e pH de aplicação. Mais estudos devem ser conduzidos para verificação do efeito do pH e de doses de aplicação via foliar de Si. Outro fator a ser estudado é o efeito osmótico da solução de K₂SiO₃, quando aplicada nas folhas. Cook et al. (1993) observaram a atuação de um mecanismo osmótico na germinação dos esporos, pela aplicação foliar de KCl na cultura do trigo, para indução de resistência à septoriose da folha (*Septoria tritici*) e ao oídio (*Erysiphe graminis* f.sp. *tritici*).

A área abaixo da curva de progresso da mancha-parda foi reduzida significativamente em plantas

Tabela 1. Produção da matéria seca da parte aérea (MSPA), teores foliares de potássio (K) e de silício (Si), severidade final da mancha-parda (SEVFMP) e área abaixo da curva do progresso da mancha-parda (AACPMP) de plantas de arroz, em resposta à fonte, ao modo de aplicação e ao parcelamento da dose de silício⁽¹⁾.

Tratamento ⁽²⁾	MSPA (g vaso ⁻¹)	K ---- (g kg ⁻¹) ----	Si -----	SEVFMP	AACPMP
1	4,6b	60,5a	6b	7,2a	433,6b
2	5,8a	60,0a	26a	3,6b	345,8a
3	4,6b	59,5a	7b	6,7a	434,3b
4	4,5b	60,5a	8b	6,3a	459,8b
5	4,4b	57,5a	7b	6,4a	444,5b
6	4,7b	59,3a	7b	6,6a	460,8b
7	4,7b	57,1a	8b	6,4a	419,0b
8	4,3b	59,0a	7b	6,5a	438,5b
9	4,2b	59,8a	8b	6,1a	415,3b
10	4,9b	57,0a	7b	6,0a	436,5b
11	4,4b	58,5a	6b	6,4a	420,8b
12	4,3b	59,3a	7b	6,1a	445,5b
13	4,4b	58,3a	7b	6,8a	444,5b
14	4,2b	59,5a	6b	6,4a	425,5b
15	4,3b	58,5a	7b	7,3a	446,5b
16	4,7b	60,1a	7b	6,9a	437,5b
CV (%)	15,62	10,87	9,5	17,89	13,59

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾1, testemunha; 2, aplicação de wollastonita via solo (0,402 g vaso⁻¹ de Si); 3, aplicação foliar de silicato de potássio (K₂SiO₃) 15 dias após a emergência (DAE); 4, K₂SiO₃ 30 DAE; 5, K₂SiO₃ 45 DAE; 6, K₂SiO₃ 15 e 30 DAE; 7, K₂SiO₃ 15 e 45 DAE; 8, K₂SiO₃ 30 e 45 DAE; 9, K₂SiO₃ 15, 30 e 45 DAE; 10, aplicação foliar de ácido monossilícico (AM) 15 DAE; 11, AM 30 DAE; 12, AM 45 DAE; 13, AM 15 e 30 DAE; 14, AM 15 e 45 DAE; 15, AM 30 e 45 DAE; 16, AM 15, 30 e 45 DAE.

supridas com Si via solo (Tabela 1). Essa variável mostrou que a expansão das lesões ao longo do tempo foi negativamente afetada pela aplicação de Si ao solo. Resultados semelhantes foram relatados por Seebold et al. (2001) e Zanão Júnior et al. (2009), quanto a lesões causadas pela brusone e pela mancha-parda, respectivamente, em arroz cultivado com Si absorvido pelas raízes.

A aplicação de Si via solo resultou em aumento do teor foliar desse elemento no arroz e foi eficiente na indução de resistência à mancha-parda, diferentemente do observado com sua aplicação via foliar.

Referências

- AGARIE, S.; HANAOKA, N.; UENO, O.; MIYAZAKI, A.; KUBOTA, F.; AGATA, W.; KAUFMAN, P.B. Effects of silicon on tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (*Oryza sativa* L.), monitored by electrolyte leakage. **Plant Production Science**, v.1, p.96-103, 1998.
- BARBOSA FILHO, M.P.; SNYDER, G.H.; PRABHU, A.S.; DATNOFF, L.E.; KORNDÖRFER, G.H. Importância do silício para a cultura do arroz (uma revisão de literatura). **Informações Agrônomicas**, v.89, p.1-8, 2000.
- CAI, K.; GAO, D.; LUO, S.M.; ZENG, R.; YANG, J.Y.; ZHU, X.Y. Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. **Physiologia Plantarum**, v.134, p.324-333, 2008.
- COOK, J.W.; KETTLEWELL, P.S.; PARRY, D.W. Control of *Erysiphe graminis* and *Septoria tritici* on wheat with foliar-applied potassium chloride. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, v.63, p.126, 1993.
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.641-664, 1999.
- GOMEZ, K.A.; GOMEZ, A.A. **Statistical procedures for agricultural research**. 2.ed. New York: John Wiley, 1984. 680p.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Standard evaluation system for rice**. Los Baños: IRRI, 1996. 52p.
- KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; NOLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. 2.ed. Uberlândia: UFU, 2004. 34p. (Boletim técnico, 2).
- MA, J.F.; GOTO, S.; TAMAI, K.; ICHII, M. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice. **Plant Physiology**, v.127, p.1773-1780, 2001.
- MA, J.F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in Plant Science**, v.11, p.392-397, 2006.
- MENZIES, J.; BOWEN, P.; EHRET, D.; GLASS, A.D.M. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, p.902-905, 1992.
- SAMUELS, A.L.; GLASS, A.D.M.; EHRET, D.L.; MENZIES, J.G. Distribution of silicon in cucumber leaves during infection by powdery mildew fungus (*Sphaerotheca fuliginea*). **Canadian Journal of Botany-Revue Canadienne de Botanique**, v.69, p.140-146, 1991.
- SEEBOLD, K.W.; KUCHARREK, T.A.; DATNOFF, L.E.; CORREA-VICTORIA, J.F.; MARCHETTI, M.A. The influence of silicon on components of resistance to blast in susceptible, partially resistant, and resistant cultivars of rice. **Phytopathology**, v.91, p.63-69, 2001.
- SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, v.70, p.1183-1186, 1977.
- ZANÃO JÚNIOR, L.A. **Resistência do arroz à mancha-parda mediada por silício e manganês**. 2007. 125p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ZANÃO JÚNIOR, L.A.; RODRIGUES, F.A.; FONTES, R.L.F.; KORNDÖRFER, G.H.; NEVES, J.C.L. Rice resistance to brown spot mediated by silicon and its interaction with manganese. **Journal of Phytopathology**, v.157, p.73-78, 2009.

Recebido em 11 de setembro de 2008 e aprovado em 30 de janeiro de 2009