



NOTA CIENTÍFICA

TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES E DE SILÍCIO EM PLANTAS DE ARROZ INFECTADAS POR *Bipolaris oryzae*

CONTENT OF NUTRIENTS AND SILICON IN LEAF OF RICE PLANTS INFECTED BY *Bipolaris oryzae*

Luiz Antônio ZANÃO JÚNIOR¹
Renildes Lúcio Ferreira FONTES^{2,3}
Vinícius Tavares de ÁVILA²

RESUMO

Modificações nos teores de macro e de micronutrientes em plantas doentes são relatadas em diversas culturas. Objetivou-se com este trabalho, avaliar a ocorrência de alterações nos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco e silício em folhas de plantas de arroz infectadas com o fungo *Bipolaris oryzae*, causador da mancha-parda, importante doença da orizicultura no Brasil e no mundo. Os tratamentos foram a inoculação ou não das plantas com o fungo *Bipolaris oryzae*, dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com dez repetições. Foram verificados menores teores de nitrogênio e maiores de manganês nas plantas infectadas com o fungo *Bipolaris oryzae*.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L.; mancha-parda; nutrição mineral de plantas.

ABSTRACT

Changes in the levels of macro and micronutrients in diseased plants are reported in several crops. The occurrence of changes in nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, copper, iron, manganese, zinc and silicon contents were evaluated in leaves of rice plants infected with the *Bipolaris oryzae* fungus, which causes the brown spot disease, important rice disease in Brazil and worldwide. The treatments were the inoculation or not of the plants with the *Bipolaris oryzae* fungus. The design adopted was completely randomized, with ten repetitions. The *Bipolaris oryzae* fungus causes decrease in the nitrogen foliar content and increase in the manganese foliar content in the rice plants.

Key-words: *Oryza sativa* L.; brown spot; mineral nutrition of plants.

¹ Instituto Agrônomo do Paraná, Pólo Regional de Pesquisa Ponta Grossa, Rodovia do Café, Km 496, Av. Pres. Kennedy, s/n, Ponta Grossa - PR, Brasil, Caixa Postal 129, CEP 84001-970. E-mail: lzanao@iapar.br. Autor para correspondência.

² Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. E-mails: renildes@ufv.br, vtasolosufv@yahoo.com.br

³ Bolsista do CNPq

INTRODUÇÃO

A nutrição mineral é um dos fatores que mais influenciam na resistência ou na suscetibilidade das plantas às doenças, bem como na virulência dos patógenos. Por outro lado, o patógeno também pode influenciar a absorção de nutrientes pelas plantas. As causas e os efeitos, contudo, são bastante complexos, variando conforme o fertilizante ou nutriente e também de acordo com o patossistema (Pozza et al., 2004; Datnoff et al., 2007; Amtmann et al., 2008).

Os nutrientes atuam de forma muito variada na resposta da planta ao ataque de patógenos. Muitos são cofatores enzimáticos, ativadores, inibidores e moduladores de vários processos metabólicos. Adicionalmente, a nutrição mineral contribui com a composição da organização estrutural, ou seja, a anatomia dos órgãos da planta, que por efeito secundário pode auxiliar a planta em sua resistência a pragas e a doenças (Datnoff et al., 2007; Zanão Júnior, 2007).

A mancha-parda é causada pelo fungo mitospórico *Bipolaris oryzae* (Breda de Haan) Shoem. [syn. *Drechslera oryzae* (Breda de Haan) Subr. & Jain e *Helminthosporium oryzae* (Breda de Haan)]. Sua forma sexuada, ainda não encontrada no Brasil, é um Ascomycota denominado *Cochliobolus miyabeanus* (S. Ito & Kurib.) Dreschsler ex Dastur (Ou, 1985). É a segunda doença mais importante, em termos de prejuízos, na cultura do arroz irrigado no país, superada apenas pela brusone (Prabhu & Filippi, 1997).

A nutrição da planta é importante no caso da mancha-parda do arroz. Muitos autores recomendam a utilização de uma adubação equilibrada para evitar a doença ou pelo menos reduzir seus danos (Ou, 1985).

Associa-se muito a intensidade da mancha-parda do arroz à condição fisiológica da planta, que depende de seu estado nutricional. No Japão, plantas crescidas em solos arenosos, turfosos e com baixos teores de nutrientes foram mais suscetíveis à esta doença, que é comum em solos distróficos e isso muitas vezes dificulta a separação da verdadeira causa da perda em produtividade, se pela doença ou se pela deficiência nutricional. Takahashi (1967) observou que a deficiência de Si, K, Mn e Mg favoreceu a ocorrência de mancha-parda nas plantas de arroz e que a aplicação de escórias de siderurgia contendo Si, Ca, Mg e Mn foi eficiente no controle desta doença. Zanão Júnior et al. (2009) observaram aumento da resistência do arroz a esta doença com a aplicação de Si e Mn. Ou (1985) e Baba et al. (1953) reportam que a deficiência de Si e K e tanto a deficiência quanto o excesso de N aumentam a severidade desta mancha foliar.

Embora poucos trabalhos relatem alterações de teores de macronutrientes ou de micronutrientes em tecidos de plantas doentes, Das (1994), em arroz, verificou redução nos teores de N, P e K em folhas infectadas por *Gerlachia oryzae* (escaldadura das folhas) e maiores teores de Mn e Zn em plantas

com brusone (Ambe et al., 2002). No chícaro (*Lathyrus sativus*), uma leguminosa anual utilizada como adubo verde, houve redução nos teores de N e Fe em folhas infectadas por *Peronospora lathyri-palustris* (mildio) (Prasad et al., 1997). Maringoni (2003) também constatou redução nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S em folhas de alguns cultivares de feijoeiro infectados por *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* (murcha-de-Curtobacterium).

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar se plantas de arroz infectadas com o fungo *Bipolaris oryzae* apresentam alteração nos teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, manganês, zinco e silício.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de viçosa. Os tratamentos foram a inoculação ou não das plantas com o fungo *Bipolaris oryzae*, causador da mancha-parda, em delineamento inteiramente casualizado, com dez repetições.

Cada unidade experimental foi composta por um vaso plástico com capacidade de 4 dm³, com duas plantas de arroz cada. A cultivar de arroz utilizada foi a Metica-1, suscetível à mancha-parda.

As sementes foram germinadas em rolo de papel germitest umedecido com água destilada num volume equivalente a 2,5 vezes à massa do mesmo. Os rolos foram mantidos durante seis dias em germinador regulado para uma temperatura de 25 °C. Em seguida, as plântulas foram acondicionadas em vasos contendo a solução nutritiva proposta por Zanão Júnior (2007). O Si foi fornecido na forma de ácido monossilícico, obtido pela passagem de uma solução de silicato de potássio através de uma coluna de resina de troca de cátions, conforme Ma et al. (2001), na dose de 2 mmol dm³.

A solução nutritiva, sem aeração, foi renovada a cada quatro dias e o nível da solução no vaso mantido pela adição de água deionizada. O pH foi monitorado diariamente e mantido próximo a 5,5.

Após 39 dias em solução nutritiva, metade das plantas foram inoculadas com o fungo *Bipolaris oryzae*. A suspensão de inóculo foi preparada adicionando-se 10 cm³ de água destilada estéril em cada placa, fazendo-se uma raspagem superficial com espátula para liberação dos conídios. A suspensão foi filtrada em gaze para eliminação de fragmentos de micélio e meio de cultura. Após a filtragem, a suspensão de conídios foi ajustada para a concentração de 10⁴ conídios cm⁻³, utilizando-se hemacitômetro.

A inoculação das plantas foi realizada pulverizando-as com a suspensão de conídios, com o auxílio de um atomizador (D. Vilbiss n.º. 15). Imediatamente após a inoculação, as plantas foram transferidas para câmara de nevoeiro, mantendo-se o fotoperíodo em 12 h, a temperatura em 25±2 °C, e a umidade relativa em 95±2%. Nebulizadores foram

mantidos funcionando por 40 s, a cada 30 min, durante 12 h. As plantas (inoculadas e não inoculadas) foram então transferidas para câmaras de crescimento com temperatura de 18 ± 2 °C, aí permanecendo por seis dias. Nesse período a severidade da mancha-parda em nas plantas inoculadas atingiu 8 pontos na escala de severidade proposta pelo IRRRI (1996), o que corresponde a 51-75% da área foliar com sintomas da doença.

Seis dias após a inoculação, amostras de folhas foram coletadas, lavadas e secas em estufa com circulação forçada de ar por um período de 72 h à 65 °C. Esse processo foi realizado tanto nas plantas inoculadas quanto nas não-inoculadas. A matéria seca foi então moída em moinho tipo Wiley e passada em peneira de 0,84 mm, mineralizada pela mistura nítrico-perclórica (3:1 v v⁻¹) para determinação dos teores de K, P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn. Os teores de K foram determinados por fotometria de emissão de chama, os de P por colorimetria e os de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica. Para determinar o teor de N, utilizou-se o método semi-micro de Kjeldahl, com mineralização das amostras com ácido sulfúrico. Os teores de Si foram determinados pelo método da digestão alcalina

(H₂O₂ + NaOH) e dosagem pelo método colorimétrico, modificado por Korndörfer et al. (2004).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores foliares dos macronutrientes das plantas, tanto das inoculadas quanto das não inoculadas estão em níveis considerados adequados por Malavolta et al. (1997), assim como o nível dos micronutrientes adequados segundo Fageria (1984), com exceção do Mn. O nível de Mn considerado tóxico situa-se acima de 1000 mg kg⁻¹ e o adequado entre 30 e 600 mg kg⁻¹ (Fageria, 1984). Os teores foliares de Mn foram de 751,9 e 880,1 mg kg⁻¹, nas plantas não-inoculadas e inoculadas respectivamente (Tabela 1). Tanaka & Yoshida (1970), afirmam que o teor foliar de Mn pode ser superior à 3000 mg kg⁻¹ sem causar sintomas de toxidez e sem reduzir a produção, uma vez que estes níveis dependem de outros fatores como genótipo e condições ambientais (temperatura, umidade, pH, luz, fonte da adubação nitrogenada) e interações nutricionais com o Ca, Mg, Fe, P, Mo e Si (El-Jaoual & Cox, 1998).

TABELA 1 - Teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, silício, cobre, ferro, manganês e zinco em plantas de arroz, cultivadas em solução nutritiva, inoculadas ou não-inoculadas com o fungo *Bipolaris oryzae*, causador da mancha-parda.

Elemento	Não-inoculadas	Inoculadas	Teste F	CV
	g kg ⁻¹			
N	48,9	45,0	4,23 [*]	12,2
P	4,4	4,6	0,62 ^{ns}	10,7
K	31,7	31,2	0,42 ^{ns}	8,9
Ca	3,8	4,2	1,15 ^{ns}	7,9
Mg	2,5	2,6	0,69 ^{ns}	6,5
Si	58,2	57,3	0,39 ^{ns}	11,8
	mg kg ⁻¹			
Cu	17,8	23,2	0,92 ^{ns}	13,5
Fe	212,4	208,1	1,32 ^{ns}	12,8
Mn	751,9	880,1	3,89 [*]	10,1
Zn	21,3	21,8	0,80 ^{ns}	9,4

* e ^{ns} = significativo e não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. CV = Coeficiente de variação.

Os teores foliares de Si (Tabela 1) estiveram adequados para o bom desenvolvimento e produção do arroz segundo Dobermann & Fairhurst (2000), que afirmam que os teores de Si considerados adequados devem ser superiores a 50 g kg⁻¹. Porém, o nível crítico de Si na folha pode variar com o estresse ao qual a planta está submetida. A concentração deste elemento foi superior a todos os macronutrientes (Tabela 1), corroborando com Zanão Júnior (2007).

Houve redução nos teores de N e aumento nos Mn nas folhas das plantas inoculadas com o fungo *B. oryzae* em relação às não-inoculadas (Tabela 1). A redução nos teores de N foi de

aproximadamente 8% e o aumento nos de Mn foi de 17%. Segundo Maringoni (2003), não existem padrões de alterações nos teores de nutrientes em plantas infectadas, variando com a planta hospedeira e o patógeno. Menores teores de N também foram verificados em folhas de feijoeiros infectados por *C. flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* por este autor. Em arroz, a infecção por *Gerlachia oryzae* (escaldadura das folhas) também reduziu os teores foliares de N (Das, 1994). Essa variação nos teores de N promovida pela infecção poderia ser considerada como parte de uma estratégia que priva o patógeno de nutrientes, como uma defesa contra seu desenvolvimento (Hammond-Kosack &

Parker, 2003). Porém, o efeito de nitrogênio na severidade das doenças é variável, devido a multiplicidade de estratégias dos patógenos que envolvem exigências metabólicas e modos diferentes de adquirir nutrientes. Muitos trabalhos mostraram que tanto o excesso quanto a deficiência de N influenciam o desenvolvimento de vários patógenos (Huber & Thompson, 2007).

Semelhantemente ao que ocorre com outros elementos químicos nos tecidos foliares infectados, a concentração de Mn é alterada por muitas doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. A amplitude destas alterações depende da espécie, da cultivar e da parte da planta atacada (Thompson & Huber, 2007). Ambe et al.(2002) também verificaram maiores teores deste elemento em folhas de arroz infectadas por *Pyricularia grisea*,

como ocorrido no presente trabalho nas folhas infectadas pelo *Bipolaris oryzae*.

CONCLUSÃO

Ocorre redução dos teores foliares de N e aumento dos teores foliares de Mn em plantas de arroz infectadas com o fungo *Bipolaris oryzae*.

AGRADECIMENTOS

LAZJ agradece à FAPEMIG pela bolsa de mestrado concedida. RLFF agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa. Os autores agradecem ao Prof. Fabrício Rodrigues de Avila pelo fornecimento do inóculo e ao apoio técnico, bem como ao Departamento de Fitopatologia da UFV pelo empréstimo da câmara de inoculação.

REFERÊNCIAS

1. AMBE, S. et al. Uptake of trace elements by rice plants inoculated with *Pyricularia oryzae*. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 56, n. 3, p. 473-476, 2002.
2. AMTMANN, A.; TROUFFLARD, S.; ARMENGAUD, P. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. **Physiologia Plantarum**, v. 133, n. 4, p. 682-691, 2008.
3. BABA, I.; TAKAHASHI, Y.; IWATA, I. Studies on the nutrition of rice plant with reference to Helminthosporium leaf spot: Preliminary report: V. Growth and nutrient absorption as affected by night temperature. **Japanese Journal of Crop Science**, v. 21, n. 3-4, p. 237-238, 1953.
4. DAS, S. R. Chlorophyll content and mineral composition of leaf scald infected rice leaves. **Plant Disease Research**, v. 9, n. 2, p. 207-208, 1994.
5. DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. **Mineral nutrition and plant disease**. St Paul: The American Phytopathological Society Press, 2007. 278 p.
6. DOBERMANN, A.; FAIRHURST, T. **Rice: nutrient disorders & nutrient management**. Los Baños: Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute, 2000. 191 p.
7. EL-JAOUAL, T.; COX, D. A. Manganese toxicity in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, n. 2, p. 353-386, 1998.
8. FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Rio de Janeiro: Campus:Embrapa, 1984. 341 p.
9. HAMMOND-KOSACK, K.; PARKER, J. Deciphering plant-pathogen communication: fresh perspectives for molecular resistance breeding. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 14, n. 2, p. 177-193, 2003.
10. HUBER, D. M.; THOMPSON, L. A. Nitrogen and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Ed.) **Mineral nutrition and plant disease**. St Paul: The American Phytopathological Society Press, 2007. p. 31-44.
11. INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (IRRI). **Standard evaluation system for rice**. 4. ed. Los Baños:IRRI, 1996. 52 p.
12. KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPS-ICIAG-UFU, 2004. 34 p. (Boletim técnico, 2).
13. MA, J. F. et al. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice. **Plant Physiology**, v. 127, n. 4, p. 1773-1780, 2001.
14. MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba:POTAFOS, 1997. 319 p.
15. MARINGONI, A. C. Alterações nos teores de macronutrientes em plantas de feijoeiro infectadas por *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 1, p. 217-222, 2003.
16. OU, S. H. **Rice diseases**. 2. ed. Kew: Commonwealth Agricultural Bureau, 1985. 380 p.
17. POZZA, A. A. A.; POZZA, E. A.; BOTELHO, D. M. S. O silício no controle de doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 12, n. 12, p. 373-402, 2004.
18. PRABHU, A. S.; FILIPPI, M. C. Arroz (*Oryza sativa* L.) Controle de doenças. In: VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. (Ed.) **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. v. 1. p. 51-79.
19. PRASAD, B. K. et al. Change in mineral content in *Lathyrus sativus* infected with *Peronospora lathyri-palustris*. **Indian Phytopathology**, v. 50, n. 1, p. 65-67, 1997.
20. TAKAHASHI, Y. Nutritional studies in the development of Helminthosporium leaf spot. In: Rice diseases and their control by growing resistant varieties and other measures. In: SYMPOSIUM ON TROPICAL AGRICULTURE RESEARCHES, 1. , 1967, Tokyo. **Proceedings...** Tokyo: Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council, 1967. p. 157-170.
21. TANAKA, A.; YOSHIDA, S. **Nutritional disorders of the rice plant in Asia**. Los Baños: International Rice Research Institute, 1970. 51 p. (Technical Bulletin, 10).
22. THOMPSON, I. A.; HUBER, D. M. Manganese and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Ed.) **Mineral nutrition and plant disease**. St Paul: The American Phytopathological Society Press, 2007. p. 139-153.
23. ZANÃO JÚNIOR, L. A. et al. Rice resistance to brown spot mediated by silicon and its interaction with manganese. **Journal of Phytopathology**, v. 157, n. 2, p. 73-78, 2009.
24. ZANÃO JÚNIOR, L. A. **Resistência do arroz à mancha-parda mediada por silício e manganês**. 2007. 125 f. Dissertação. (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Curso de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

Recebido em 01/04/2009
Aceito em 03/09/2009