

Fotossíntese de folhas de soja infectadas por *Corynespora cassiicola* e *Erysiphe diffusa*

Sheila Ariana Xavier¹; Flávia Elis de Mello¹; Marcelo Giovanetti Canteri¹, Claudia Vieira Godoy²

¹Universidade Estadual de Londrina, Caixa Postal 6001, CEP 86051-970, Londrina, PR, Brasil. ²Embrapa Soja, Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina, PR, Brasil.

Autor para correspondência: Sheila Ariana Xavier (sa_xavier@yahoo.com.br)

Data de chegada: 30/08/2013. Aceito para publicação em: 03/03/2015.

10.1590/0100-5405/1923

RESUMO

Xavier, S.A.; Mello, F.E.; Canteri, M.G.; Godoy, C.V. Fotossíntese de folhas de soja infectadas por *Corynespora cassiicola* e *Erysiphe diffusa*. *Summa Phytopathologica*, v.41, n.2, p.156-159, 2015.

A estimativa visual da severidade de doenças em plantas nem sempre se correlaciona com o efeito desta sobre a atividade fotossintética do hospedeiro. O objetivo do trabalho foi avaliar a interferência dos fungos *Corynespora cassiicola* e *Erysiphe diffusa*, causadores da mancha-alvo e do oídio na cultura da soja, respectivamente, na eficiência fotossintética de folhas infectadas. A fotossíntese foi relacionada com a área foliar doente por meio da equação $Px/Po=(1-x)^\beta$. Os parâmetros β (\pm erro padrão) estimados foram 2,78 (\pm 0,28)

($p<0,05$) para as folhas infectadas com *C. cassiicola* e 0,72 ($\pm 0,09$) ($p<0,05$) e 0,77 ($\pm 0,15$) ($p=0,15$) com *E. diffusa*, na primeira e segunda repetições. O valor obtido para *C. cassiicola* ($\beta>1$) indica que houve redução da eficiência fotossintética no tecido lesionado e em parte do tecido verde remanescente, enquanto que os valores obtidos para *E. diffusa* ($\beta\leq 1$) indicam que a estimativa visual da severidade da doença é um bom indicador do efeito do fungo na taxa fotossintética do hospedeiro.

Palavras-chave: mancha-alvo, oídio, lesão virtual, eficiência fotossintética.

ABSTRACT

Xavier, S.A.; Mello, F.E.; Canteri, M.G.; Godoy, C.V. Photosynthesis of soybean leaves infected by *Corynespora cassiicola* and *Erysiphe diffusa*. *Summa Phytopathologica*, v.41, n.2, p.156-159, 2015.

The visual estimate of the disease severity in plants does not always correlate with its effect on the host's photosynthetic activity. The aim of this study was evaluate the interference of the fungi *Corynespora cassiicola* and *Erysiphe diffusa*, causal agents of target spot and powdery mildew on soybeans, in the photosynthetic efficiency of infected leaves. Photosynthesis was related to the diseased leaf area by the equation $Px/Po = (1-x)^\beta$. The estimated parameters β (\pm standard error) were 2.78 (\pm 0.28) ($p<0.05$) for

the leaves infected with *C. cassiicola* and 0.72 (± 0.09) ($p<0.05$) and 0.77 (± 0.15) ($p=0.15$) for those infected with *E. diffusa* in the first and the second replicates. The value obtained for *C. cassiicola* ($\beta>1$) indicates that there was a reduction in the photosynthetic efficiency in the injured tissue and in part of the remaining green tissue, while the values obtained for *E. diffusa* ($\beta\leq 1$) indicate that the visual estimate of the disease severity is a good indicator of the effect of the fungus on the photosynthetic rate.

Additional keywords: target spot, powdery mildew, virtual lesion, photosynthetic efficiency.

O principal efeito visível de patógenos causadores de manchas foliares é a redução da área foliar sadia e fotossintetizante, reduzindo a radiação solar interceptada (RI – *radiation interception*) e a eficiência no uso da radiação interceptada (RUE – *radiation use efficiency*) (7). Shtienberg (15), estudando diversos patossistemas, concluiu que a estimativa visual da severidade de manchas foliares nem sempre indica de forma adequada o efeito da doença na atividade fotossintética da folha, podendo o decréscimo na atividade fotossintética (em relação à folha sadia, expresso em porcentagem) ser igual, maior ou menor que a severidade da doença.

Bastiaans (3), estudando o efeito do patógeno *Pyricularia oryzae* Cavara em arroz propôs o modelo matemático $Px/Po=(1-x)^\beta$ para relacionar a severidade da doença x e a taxa fotossintética líquida relativa da folha (Px/Po), onde Px é a fotossíntese líquida da folha com severidade x , Po é a fotossíntese líquida média das folhas sadias e β expressa a relação entre a lesão virtual e a lesão visual. Valores de β maiores que a unidade indicam que o patógeno reduz a taxa fotossintética no tecido verde remanescente, aparentemente sadio.

O parâmetro β tem sido utilizado em diversos patossistemas para determinar o efeito da doença na área foliar infectada (1, 9, 11, 13).

Na cultura da soja (*Glycine max* L.), estudos em folhas infectadas com o fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd & P. Syd mostraram que a severidade da ferrugem-asiática não reflete de forma acurada o impacto da doença na atividade fotossintética das folhas doentes, sendo o impacto maior que a estimativa visual (11). Os efeitos dos patógenos nos processos fisiológicos de plantas hospedeiras podem ser incorporados a modelos de dano para aumentar a acurácia (2, 13).

O fungo *Erysiphe diffusa* (Cooke & Peck) U. Braun & S. Takam, causador de oídio na soja, é um parasita biotrófico e desenvolve-se na superfície do hospedeiro, formando uma fina camada de micélio que pode cobrir toda a área foliar. O impacto dessa doença na fotossíntese de folhas infectadas foi descrito como menor do que a severidade observada. Com 82% de severidade de oídio, as taxas de fotossíntese e de transpiração foram reduzidas a menos da metade do controle sadio (12). O fungo *Corynespora cassiicola* (Berk & Curt) Wei, causador da mancha-alvo na soja, é encontrado praticamente em todas as áreas

produtoras de soja, tendo maior importância no cerrado brasileiro (16). Os sintomas dessa doença nas folhas são lesões necróticas com anéis concêntricos de coloração escura, que reduzem a área foliar sadia, interferindo diretamente no processo de fotossíntese (4).

O objetivo do presente trabalho foi determinar o efeito dos fungos *E. diffusa* e *C. cassiicola* na eficiência fotossintética de folhas de soja infectadas, utilizando o modelo proposto por Bastiaans (3).

Dois experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação com delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo os tratamentos constituídos por plantas de soja com diferentes intensidades das doenças.

No experimento 1, utilizou-se plantas de soja da cultivar CD 219 RR inoculadas com o fungo *C. cassiicola*. O inóculo utilizado foi obtido a partir do isolado MES 307 da Micoteca da Embrapa Soja (MES). O fungo foi repicado em meio de cultura batata-dextrose-água (BDA) e por não apresentar esporulação suficiente em meio de cultura à suspensão de inóculo foi preparada utilizando 10 placas de Petri, contendo colônias do fungo com 10 dias, de onde o micélio foi raspado e triturado em liquidificador juntamente com oito gotas de Tween 20 em um litro de água (7). A suspensão foi dividida em duas frações, contendo 700 mL e 300 mL, e completada com água para 1 litro cada fração. Cada suspensão foi utilizada para inocular 15 vasos com duas plantas de soja por vaso em estágio fenológico V5 (8), com o auxílio de pulverizador costal. Quatro vasos, com duas plantas de soja, sem inoculação foram mantidos para obter plantas sem sintomas. As avaliações foram realizadas três dias após a inoculação.

No experimento 2, utilizou-se plantas de soja da cultivar BRS 154 em estágio V5 (8), naturalmente infectadas por *E. diffusa* em condições de casa de vegetação. O experimento foi repetido duas vezes no tempo, sendo cada repetição formado por 15 vasos com duas plantas infectadas e 5 vasos com plantas sadias. As avaliações foram realizadas quando a

planta de soja encontrava-se no estágio V5.

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas em seções dos folíolos centrais dos 3º e 4º trifólio de cada planta (sentido base-ápice) em uma área de 6 cm². Para mensurar as trocas gasosas das folhas sadias e doentes, foi utilizado o analisador de gases infravermelho Li-6400 XT (LI-Cor, Lincoln, NE, USA), em resposta a irradiância de 1000 μmol de fótons m⁻²s⁻¹ e 400 μmol mol⁻¹ de CO₂. As leituras foram realizadas no intervalo das 08:30 horas às 11:00 horas da manhã. Após avaliação das trocas gasosas, os folíolos foram destacados das plantas para estimativa da severidade. As áreas lesionadas foram desenhadas em plástico transparente e integralizadas para quantificação da área doente visível (severidade), utilizando o programa Quant v.1.01 (Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil).

A relação entre as severidades das doenças e as taxas fotossintéticas líquidas relativas (razão entre a fotossíntese líquida de folhas doentes e a taxa fotossintética líquida média de folhas sadias, P_x/P_o) foi determinada pelo modelo de Bastiaans (3). Os valores de β foram estimados pela equação $P_x/P_o = (1-x)^\beta$, por regressão não-linear, utilizando-se o programa STATISTICA (Stat-Soft, Tulsa, EUA). O teste t (5) foi realizado para verificar se os valores de β diferiam da unidade.

A severidade máxima observada para mancha-alvo foi de 44% (experimento 1) e para o oídio foi de 100% e 87,4%, respectivamente, para primeira e segunda repetição (experimento 2), (Tabela 1). Folhas de soja infectadas por *C. cassiicola* e *E. diffusa* (Figura 1A e B) tiveram a taxa de fotossíntese foliar reduzida, quando comparado com as folhas sadias.

Os parâmetros β (\pm erro padrão) estimados foram 2,78 (\pm 0,28) ($p < 0,05$) para folhas infectadas com *C. cassiicola*, e 0,72 (\pm 0,09) ($p < 0,05$) e 0,77 (\pm 0,15) ($p = 0,15$) para as folhas infectadas com *E. diffusa*, na primeira e na segunda repetição, respectivamente. O valor de β obtido para *C. cassiicola* foi estatisticamente maior que 1

Tabela 1. Número de observações, severidade máxima, coeficiente β e intervalo de confiança, para mancha-alvo e oídio em soja (repetições 1 e 2)

Experimento	Cultivar de soja	Nº de observações	Severidade máxima (%)	Coeficiente β	Intervalo de confiança do coeficiente β	
					Inferior	Superior
Mancha-alvo	CD 219 RR	74	44	2,78	2,22	3,33
Oídio1	BRS 154	68	100	0,72	0,55	0,91
Oídio2	BRS 154	40	87,4	0,77	0,46	1,08

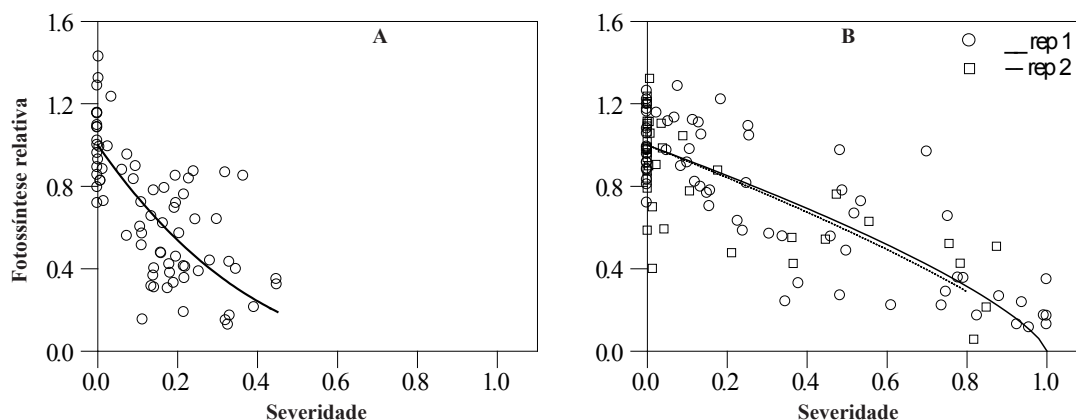


Figura 1. Efeito da taxa de fotossintética líquida relativa (P_x/P_o) de folhas de soja infectadas com *Corynespora cassiicola* (A) e *Erysiphe diffusa* (B), em função da proporção de severidade, cultivares CD 219 RR e BRS 154, respectivamente.

($p < 0,05$), isto indica que o patógeno pode não só reduzir a eficiência fotossintética das áreas doentes, mas também áreas assintomáticas próximas a lesão em plantas doentes podem ser afetadas. Segundo Johnson (10), a presença do patógeno no tecido doente pode influenciar o desenvolvimento da cultura por meio da redução da radiação solar interceptada (RI) pela área verde ou por meio da interferência na eficiência do uso da radiação (RUE). Este estudo demonstrou que a mancha-alvo é um exemplo onde ambos os efeitos ocorrem. O valor de β determinado para a mancha-alvo foi próximo aos valores relatados para outras doenças que causam lesões necróticas nas folhas, como a mancha de *Phaeosphaeria* em milho (6), a brusone em arroz (3) e a mancha-angular em feijoeiro (9).

Bassanezi (2), estudando três doenças do feijoeiro, observaram que valores de β para os patógenos que causam mancha-angular e antracnose foram significativamente maiores do que o valor de β obtido para ferrugem, pois quando os microrganismos necrotróficos estão envolvidos, devido a seu modo de ação, utilizando toxinas que se difundem no tecido hospedeiro, os valores obtidos para o parâmetro β são maiores. Microrganismos biotróficos, que são menos destrutivos no tecido hospedeiro por causa do seu modo de vida, geralmente apresentam valores de β próximo ou igual a um.

Pode-se observar que a estimativa da severidade da mancha-alvo da soja não reflete corretamente a interferência do fungo *C. cassiicola* na fotossíntese das folhas, uma vez que o valor obtido foi $\beta > 1$, indicando que o patógeno também afeta a fotossíntese na região verde da folha, ao redor das lesões. O mesmo comportamento foi observado por Kumudini (11) que estudando o patossistema ferrugem-asiática na soja, obteve valor de $\beta > 1$ e mostrou que o impacto das lesões na fotossíntese relativa das folhas foi maior do que aquele que pode ser explicado pelas lesões visuais, cloróticas e necróticas. No entanto, Schmidt (14), trabalhando com o mesmo patossistema, encontrou valores de β próximo de 1. A diferença observada nos dois trabalhos pode ter ocorrido em função da metodologia de estimativa da severidade. Kumudini (11) utilizou estimativas a partir de imagens fotográficas e quantificação no programa Quant 1.01 (Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil), enquanto Schmidt (14) utilizou estimativa visuais com auxílio de escala diagramática. Como o parâmetro β é obtido pela relação da severidade e da taxa fotossintética líquida, são necessárias estimativas precisas da severidade, pois qualquer mudança nesse valor modifica o valor de β .

Para *E. difusa*, o valor de β obtido na primeira repetição foi significativamente menor que 1 ($p < 0,05$), enquanto na segunda repetição o valor de β foi estatisticamente igual a unidade. Este pequeno valor de β indica que a redução da taxa fotossintética foi limitada a área das lesões. Para a primeira repetição a interferência do patógeno na fotossíntese foi menor do que aquela explicada pela área foliar doente, provavelmente porque o fungo não penetra nas células mesofílicas da folha, na segunda repetição o patógeno reduziu a eficiência fotossintética das folhas apenas nas áreas doentes.

As diferenças observadas entre a primeira e segunda repetições podem ter ocorrido devido à diferença no estágio de infecção do fungo durante a avaliação, uma vez que foram utilizadas plantas com infecção natural. A avaliação da severidade nos estágios iniciais de desenvolvimento dos sintomas pode resultar em valores de β diferentes dos obtidos quando os sintomas estão em estágio mais avançado (2). A severidade máxima observada diferiu entre as repetições e a maior severidade da doença na repetição 1 pode ter contribuído para a diferenciação dos resultados entre as repetições.

Ainda, para compreender o valor de $\beta \leq 1$, obtido para plantas de soja infectadas por *E. difusa*, faz-se necessário entender o efeito do

fungo na taxa fotossintética do hospedeiro. Mignucci & Boyer (12), estudando inibição da fotossíntese e transpiração na soja causada por *E. difusa*, observaram que a diminuição da fotossíntese induzida pela doença não é atribuída à fonte de CO_2 . Os autores não observaram perda do tecido fotossintético devido à necrose ou senescência precoce, sugerindo que o fungo inibe a fotossíntese do hospedeiro no nível de cloroplasto. Como o fungo fica restrito a epiderme, um fator de translocação inibiu a atividade do cloroplasto, pois várias alterações metabólicas foram observadas distante do local de infecção do oídio. Esse fator poderia ser liberado pelo patógeno ou produzido pelo hospedeiro em resposta ao patógeno. Os autores concluíram que as perdas nas taxas de fotossíntese líquida e transpiração não foram causadas por mortalidade celular ou senescência, mas resultaram de mudanças diretas na atividade metabólica induzidas pelo patógeno.

O valor de β obtido para *C. cassiicola* maior que 1 ($p < 0,05$) indica que houve redução da eficiência fotossintética no tecido lesionado e em parte do tecido assintomático, próximo às lesões, enquanto que os valores de β obtidos para *E. difusa*, menores e igual a 1, indicam que a redução da taxa fotossintética foi limitada a área das lesões e, nesse caso, a estimativa visual da severidade da doença é um bom indicador do efeito do fungo na taxa fotossintética do hospedeiro.

Aprovado para publicação pelo Comitê Local de Publicações da Embrapa Soja sob o número 09/2012.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bassanezi, R.B.; Martins, M.C.; Godoy, C.V.; Amorim, L.; Bergamin Filho, A. Efeito da antracnose na eficiência fotossintética do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.22, n.4, p.520-524, 1997.
2. Bassanezi, R.B.; Amorim, L.; Bergamin Filho, A.; Hau, B.; Berger, R.D. Accounting for photosynthetic efficiency of bean leaves with rust, angular leaf spot and anthracnose to assess crop damage. **Plant Pathology**, London, v.50, n.4, p.443-452, 2001.
3. Bastiaans, L. Ratio between virtual and visual lesion size as a measure to describe reduction in leaf photosynthesis of rice due to leaf blast. **Phytopathology**, St. Paul, v.81, n.6, p.611-615, 1991.
4. Bedendo, I. P. Manchas Foliares. In: Bergamin Filho, A.; Kimati, H.; Amorim, L. **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p. 848-855.
5. Campbell, C.L.; Madden, L.V. Introduction to plant disease epidemiology. New York: John Wiley & Sons, 1990.
6. Godoy, C.V.; Amorim, L.; Bergamin Filho, A. Alterações na fotossíntese e na transpiração de folhas de milho infectadas por *Phaeosphaeria maydis*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.26, n. 2, p.209-215, 2001.
7. Ferreira Filho, A.S. **Caracterização morfológica e enzimática de isolados de *Corynespora cassiicola* e reação de cultivares de soja à mancha-alvo**. 2012. 84 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
8. Fehr, W.R.; Caviness, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special Report, 80).
9. Jesus Junior, W.C.; Vale, F.X.R.; Coelho, R.R.; Paul, P.A.; Hau, B.; Bergamin Filho, A.; Zambolim, L.; Berger, R.D. Relationships between angular leaf spot, healthy leaf area, effective leaf area and yield of *Phaseolus vulgaris*. **European Journal of Plant Pathology**, London, v.109, n.6, p.625-632, 2003.
10. Johnson, K.B. Defoliation, disease and growth: a reply. **Phytopathology**, St. Paul, v. 77, p.1495-1497, 1987.
11. Kumudini, S.; Godoy, C.V.; Kennedy, B.; Prior, E.; Omielan, J.; Boerma, H.R.; Hershman, D. Role of host-plant resistance and disease development stage on leaf photosynthetic competence of soybean rust infected leaves. **Crop Science**, Madison, v.50, n.6, p.2535-2542, 2010.
12. Mignucci, J.S.; Boyer, J.S. Inhibition of photosynthesis and transpiration in soybean by *Microsphaera diffusa*. **Phytopathology**, St. Paul, v.69, n.3

p.227-230, 1977.

13. Robert, C.; Bancal, M.O.; Lannou, C. Analysis and modeling of effects of leaf rust and *Septoria tritici* blotch on wheat growth. **Journal Experimental Botany**, Oxford, v.55, n.399, p.1079–1094, 2004.
14. Schmidt, J. **Yield loss caused by *Phakopsora pachyrhizi* on soybean based on physiological components**. 2009. 83 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.
15. Shtienberg, D. Effects of foliar diseases on gas exchange processes: a comparative study. **Phytopathology**, St. Paul, v.82, n.7, p.760-765, 1992.
16. Soares, R.M.; Godoy, C.V.; Oliveira, M.C.N. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha-alvo da soja. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.34, n.5, p.333–338, 2009.