



## Avaliação de clorofila e fotossíntese em plantas de espinafre <sup>(1)</sup>

**Vanuze Costa de Oliveira<sup>(2)</sup>; Adelcio de Paula Jorge<sup>(3)</sup>; Lorena Gabriela Almeida<sup>(3)</sup>;  
Maria Ligia de Souza Silva<sup>(4)</sup>; Valdemar Faquin<sup>(5)</sup>; Cleber Lázaro Rodas<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo e do Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Lavras.

<sup>(2)</sup> Estudante do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras; Lavras-MG, vanuze.costa@gmail.com;

<sup>(3)</sup> Estudante do Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal; Universidade Federal de Lavras; Lavras-MG, adelciojorge@creajr-pr.org.br; Lorenagabrielalg@hotmail.com

<sup>(4)</sup> Professora Adjunta do Departamento de Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras; Lavras-MG, marialigia.silva@dcs.ufla.br;

<sup>(5)</sup> Professor Titular do Departamento de Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras; Lavras-MG, vafaquin@dcs.ufla.br;

<sup>(6)</sup> Pós-doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal de Lavras; Lavras-MG, cleberrodas@yahoo.com.br

**RESUMO:** O espinafre é uma hortaliça folhosa que tem produção aumentada no Brasil devido sua adaptabilidade ao clima tropical e ao aumento no consumo por parte da população. Para a alta produtividade é necessário conhecer o comportamento da planta quando submetidas a distintas situações, como doses de nutrientes. Dentre os elementos essenciais, o P se destaca por fazer parte de diversos processos fisiológicos nas plantas, como a fotossíntese. Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito de doses de P por índice SPAD e taxa fotossintética em plantas de espinafre. Foram utilizadas cinco doses de P (0; 7,75; 15,5; 23,25 e 31 mg L<sup>-1</sup>) com seis repetições. Foram realizadas duas avaliações para o índice SPAD e a fotossíntese. A maior dose de P ocasionou o maior valor para o índice SPAD; a taxa fotossintética decresce com a idade da planta de espinafre; o índice SPAD é menor na fase inicial das plantas de espinafre.

**Termos de indexação:** índice SPAD, taxa fotossintética, *Tetragonia tetragonoides*.

### INTRODUÇÃO

O Espinafre (*Tetragonia tetragonoides* L.) é uma hortaliça bastante produzida no Brasil, devido à sua adaptabilidade ao clima tropical. Assim como pelo aumento do consumo por parte da população, o que se deve, em especial ao preço acessível (Biscaro et al., 2011) e ao seu elevado teor vitamínico, especialmente em ácido ascórbico,  $\alpha$ -tocoferol, carotenos, vitamina A. É também conhecido pelo seu considerável teor de ferro e cálcio.

Para o aumento da produção de qualquer vegetal, é necessário fornecer doses adequadas de nutrientes, como o fósforo. Este é o macronutriente responsável por uma variedade de processos em

plantas, tais como na fotossíntese, respiração, geração de energia, biossíntese de ácidos nucleicos. Sendo assim, sua deficiência afeta negativamente a fotossíntese (Campbell & Sage 2006).

Os elementos essenciais podem afetar os níveis de compostos orgânicos em vegetais, devido a influência que exercem em processos fisiológicos, como a atividade fotossintética e a taxa de translocação de fotoassimilados (Ferreira et al., 2006).

Além do fósforo, as clorofilas estão ligadas à eficiência fotossintética das plantas e, desta maneira, também ligadas ao crescimento e adaptação dos vegetais (Jesus & Marengo, 2008).

Estes mesmos autores ainda relacionam as clorofilas com a fotossíntese, quando afirmam que estes pigmentos (clorofilas *a* e *b*) são responsáveis por capturar a luz da fotossíntese, essencial na conversão energia luminosa em energia química.

A avaliação de teores de clorofila é de grande importância, uma vez que, estes podem informar, indiretamente, de forma rápida, o teor de nitrogênio nas folhas, já que há alta correlação entre teor de nitrogênio e clorofila (Marengo & Lopes, 2007).

A eficiência da fotossíntese está relacionada aos teores de clorofila, e sabe-se que, a alta eficiência fotossintética resulta no aumento da produtividade (Silva et al., 2014)

Neste contexto, objetivou-se avaliar o índice SPAD e a fotossíntese potencial em plantas de espinafre submetidas a doses de fósforo e em duas épocas de avaliação.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do departamento de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG,



utilizando plantas de espinafre (*Tetragonia tetragonoides* L. cv Nova Zelândia). Foram usados vasos com capacidade para 1,7 L. Como substrato, utilizou-se areia lavada, autoclavada e desprovida de matéria orgânica, minerais e contaminantes.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco doses de fósforo (0; 7,75; 15,5; 23,25 e 31 mg L<sup>-1</sup>) em solução nutritiva segundo Sarruge (1975) com 6 repetições, totalizando 30 unidades experimentais, conforme se observa na tabela 1.

**Tabela 1** – Composição da solução nutritiva utilizada para cada tratamento.

Fontes nutricionais	Tratamentos (mL L <sup>-1</sup> de solução nutritiva)				
	T1	T2	T3	T4	T5
NH <sub>4</sub> PO <sub>4</sub>	0,0	0,25	0,5	0,75	1,0
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
KNO <sub>3</sub>	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
MgSO <sub>4</sub>	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	0,5	0,38	0,25	0,13	0,0
Fe EDTA <sup>a</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Micronutrientes <sup>b</sup>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

T1: 0; T2: 7,75; T3: 15,5; T4: 23,25 e T5: 31 mg L<sup>-1</sup> de P. <sup>a</sup> Solução de Fe EDTA: 24,9 g FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O L<sup>-1</sup>; <sup>b</sup> Solução de micronutrientes: 2,86 g H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 181 g MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O; 0,22 g ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O; 0,08 g CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O; 0,02 g H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O.

As plantas permaneceram sob os tratamentos durante 40 dias, recebendo diariamente 100 mL das soluções, com pH estabilizado entre 6,0 e 7,0.

Foi realizada a avaliação do teor relativo de clorofila (clorofila SPAD), utilizando-se clorofilômetro portátil, aferindo-se cinco folhas por planta. Para as análises de taxa fotossintética foi utilizado, no modo diferencial, um analisador portátil de CO<sub>2</sub> por infra vermelho (IRGA) da LI-COR modelo 640 XT, acoplado a uma câmara foliar Parkinson do tipo PLC-2, e uma unidade de suprimento de ar ADC ASU (MF) e a um processador e armazenador de dados DL-2. Para as determinações mensuraram-se folhas livres de lesões e ação de patógenos.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e análise de regressão utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008).

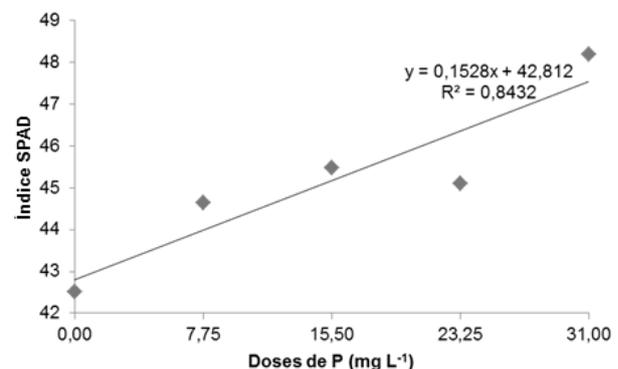
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de fósforo influenciaram o índice SPAD (**figura 1**). A dose de 31 mg de P, proporcionou o maior valor para o índice SPAD, que foi de 47,55.

Resultado que corrobora os obtidos por Souza et al. (2014), para plantas de *Stryphnodendron polyphyllum*, constatando que, maiores doses de fósforo e nitrogênio proporcionaram maiores valores no índice SPAD.

O fósforo é responsável pelo armazenamento e transferência de energia e no transporte de elétrons na fotossíntese (Marschner, 1995; Malavolta et al., 1997). O que pode justificar o fato de a maior dose de fósforo apresentar o maior índice SPAD, nas plantas de espinafre.

Alguns pesquisadores costumam relacionar os valores do índice SPAD com os teores de clorofila a e b (Amarante et al., 2010; Santos et al., 2014; Silva et al., 2014).



**Figura 1** – Médias de índice SPAD (unidade SPAD) amostrado 40 dias após o plantio, em plantas de espinafre em função de doses de fósforo. Média de 6 avaliações.

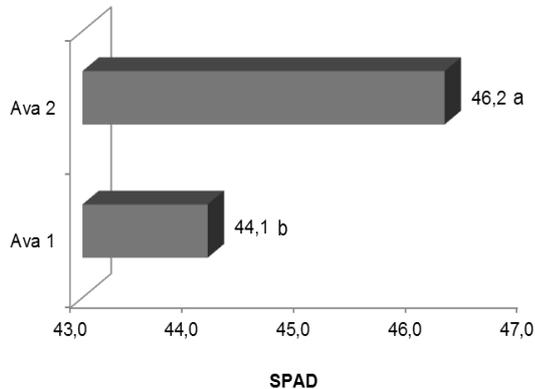
Essa afirmação pode ser confirmada, devido o clorofilômetro possuir diodos que emitem radiação e a luz que passa pela folha é recebida por um fotodiodo e convertida em sinais elétricos, em seguida em sinais digitais, que são passados por um microprocessador que calcula valores proporcionais aos de teor de clorofila da folha (Minolta, 1989, citado por Jesus & Marengo, 2008).

O índice SPAD também pode ser relacionado ao monitoramento do aporte de nutrientes das plantas cultivadas (Marengo & Lopes, 2007).

Na **figura 2** estão as médias de índice SPAD para as plantas de espinafre, avaliadas em dois períodos.

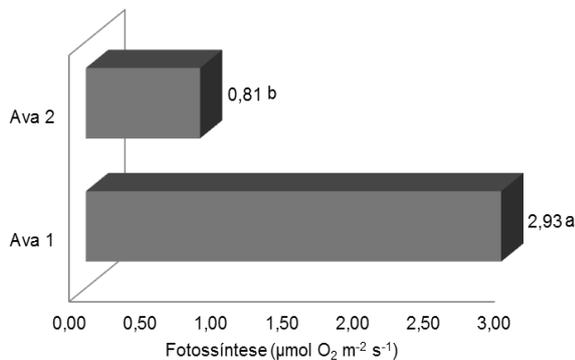
Na primeira avaliação, realizada aos 20 dias após o transplantio, o valor para o índice SPAD foi inferior ao da segunda avaliação, realizada aos 40 dias após o transplantio.

Ao trabalhar com a cultura do feijão, Sant'Ana et al. (2010) também constataram aumento na leitura SPAD conforme se aumentou a idade das plantas.



**Figura 2** – Médias de índice SPAD amostrado 20 e 40 dias após o plantio, em plantas de espinafre. Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente pelo teste F a 5 % de probabilidade. Média de 30 avaliações.

Em relação à fotossíntese potencial, observa-se na **figura 3** que, ao contrário do índice SPAD, maiores valores de fotossíntese foram detectados na primeira avaliação: aos 20 dias após o transplante. O que pode estar relacionado a algum estresse sofrido pelas plantas, já que qualquer condição adversa (temperatura, baixa umidade relativa do ar) pode ocasionar a redução nas taxas fotossintéticas (Dalastra et al., 2014).



**Figura 3** – Fotossíntese em tecidos foliares de plantas de espinafre em diferentes avaliações. Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente pelo teste F a 5 % de probabilidade. Média de 30 avaliações.

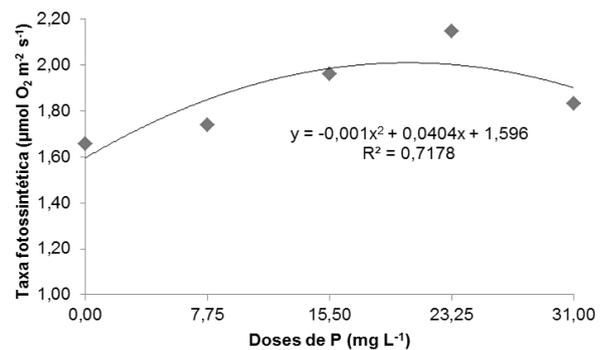
É de grande valia relacionar doses de nutrientes (como o fósforo), com teores de clorofila e taxas fotossintéticas em plantas, isso porque, quando as plantas passam por algum estresse, seja nutricional, hídrico ou biológico, o que pode ocasionar a redução na taxa de fotossíntese (Dalastra et al., 2014), o que resulta na redução da transformação e acúmulo de fotoassimilados.

A redução na atividade fotossintética das plantas pode ocasionar redução no crescimento e, conseqüentemente, na produtividade (Ferraz et al.,

2012). Isso porque, em torno de 90 % da produção das plantas é devida a atividade fotossintética (Floss, 2004).

Além disso, trabalhos realizados no Brasil têm mostrado respostas do fósforo na elevação do rendimento das hortaliças, em função da sua aplicação (Silva, et al., 2001; Oliveira et al., 2004).

Na **figura 4** encontram-se as médias relacionadas as taxas fotossintéticas em relação às doses de fósforo utilizadas. Observa-se que, com o aumento das doses de fósforo, houve, também o aumento das taxas fotossintéticas, até atingir um ponto máximo, no qual, a média estimada foi de  $2,0 \mu\text{mol O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , na dose de  $20,2 \text{ mg}$  de fósforo por litro de solução. E, a partir deste ponto, não foi observado abaixamento aumento nesta variável avaliada.



**Figura 4** – Fotossíntese em tecidos foliares de plantas de espinafre em diferentes doses de fósforo. Médias de avaliação em seis plantas, para cada tratamento.

A taxa fotossintética pode ser influenciada por diferentes fatores, como a deficiência nutricional, deficiência hídrica (Lima et al., 2014) e, conforme os resultados obtidos neste trabalho, o aumento de nutrientes pode, também, influenciar no abaixamento de taxas fotossintéticas.

Embora o fósforo seja essencial para a fotossíntese, respiração, transferência de genes e processos que envolvem transferência de energia (Stauffer & Sulewski, 2003), é fundamental destacar que não será o fato de oferecer este nutriente em excesso para as plantas que resultará em resultados positivos na produção, pois a fotossíntese está diretamente ligada a produção vegetal.

Além disso, o fósforo mesmo sendo um macronutriente e sua deficiência possa comprometer o crescimento e a produtividade, as doses exigidas pela maioria das culturas agrícolas são baixas (Silva, 2013).

## CONCLUSÕES



Plantas que receberam maior dose de fósforo apresentam maior índice SPAD.

O índice SPAD em plantas de espinafre aumenta conforme a idade da planta.

A fotossíntese em plantas de espinafre decresce conforme a idade das plantas é aumentada.

A dose de 20,2 mg de fósforo contribui para a maior taxa fotossintética em plantas de espinafre.

### AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ pela concessão de bolsas de mestrado e doutorado.

### REFERÊNCIAS

- AMARANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; SANGOI, L.; ZANARDI, O. Z.; MIQUELOTO, A.; SCHWEITZER, C. Quantificação de clorofilas em folhas de milho através de métodos ópticos não destrutivos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas*, v. 9, n. 1, p. 39-50, 2010.
- BISCARO, G. A.; MARQUES, R. J. R.; BATISTA, C. M.; MONACO, K. A.; ENSINAS, S. C.; REZENDE, R. K. S. Efeito de diferentes níveis de fertirrigação nas características morfofisiológicas de espinafre. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n. 3, p. 487-493, 2011.
- DALASTRA, G. M.; ECHER, M. M.; GUIMARÃES, V. F.; HACHMANN, T. L.; INAGAKI, A. M. Trocas gasosas e produtividade de três cultivares de meloeiro conduzidas com um e dois frutos por planta. *Bragantia, Campinas*, v. 73, n. 4, p.365-371, 2014.
- FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. *Pesq. Agropec. Trop., Goiânia*, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium, Lavras*, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.
- FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v. 24, p. 141-145, 2006.
- FLOSS, E. L. *Fisiologia das plantas cultivadas*. Passo Fundo: Ed. da UPF, 2004.
- JESUS, S. V.; MARENCO, R. A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. v. 38, n. 4, p. 815 – 818, 2008.
- LIMA, F. F.; LIMA FILHO, F. A. S.; FURTADO, M. B.; FARIAS, M. F. Efeito da adubação silicatada sobre a produtividade da cultura do arroz cultivado em um Argissolo Vermelho Amarelo distrófico. In: SIQUEIRA, G. M. S.; SILVA, E. F. F.; GONZÁLEZ, A. P.; MONTENEGRO, A. A. A. ed. UMS 2014 – VI Congresso sobre Uso e Manejo do Solo. 1.ed. Recife, PE: 2014. p. 17-20.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. *Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. 2 ed. Editora UFV, Viçosa, MG, 2007. 469 p.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1995. 889p.
- OLIVEIRA, A. P.; ALVES, E. U.; ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S. M.; SILVA, J. A.; PÔRTO, M. L.; ALVES, A. V. Produção de feijão-fava em função do uso de doses de fósforo em um Neossolo Regolítico. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v. 22, n. 3, p. 543-546, 2004.
- SANT'ANA, E. V. P.; SANTOS, A. B.; SILVEIRA, P. M. S. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. *Pesq. Agropec. Trop., Goiânia*, v. 40, n. 4, p. 491-496, 2010.
- SANTOS, C. C.; VIEIRA, M. C.; ABRÃO, M. S.; SCALON, S. P. Q.; FERNANDES, J. S.; HEREDIA ZARATE, N. A. Crescimento Inicial e Teores de Clorofila de Capuchinha em Função de Doses de Cama de Frango. *Cadernos de Agroecologia*, v. 9, n. 4, 2014.
- SARRUGE, J. R. Soluções nutritivas. *Summa Phytopathologica, Botucatu*, v. 1, n. 3, p. 231-233, 1975.
- SILVA, E. C.; MIRANDA, J.R. P.; ALVARENGA, M. A. R. Concentração de nutrientes e produção do tomateiro podado e adensado em função do uso de fósforo, de gesso e de fontes de nitrogênio. *Horticultura Brasileira, Brasília*, v. 19, n. 1, p. 64- 69, 2001.
- SILVA, G.F. Adubação nitrogenada e fosfatada para produção de milho verde e de grãos na Chapada do Apodi-RN. Mossoró, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2013. 121 f. (Tese de Doutorado em Fitotecnia).
- SILVA, M. A.; SANTOS, C. M.; VITORINO, H. S.; RHEIN, A. F. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 1, p. 173-181, 2014.
- SOUZA, N. H.; MARCHETTI, M. E.; CARNEVALI, T. O.; RAMOS, D. D.; SCALON, S. P. Q.; OLIVEIRA, M. T. Crescimento inicial de *Stryphnodendron polyphyllum* (Mart.) em resposta à adubação com N e P. *Cerne*, v. 20, n. 3, p. 441-447, 2014.
- STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. Fósforo: nutriente essencial para a vida. *Informações Agrônomicas, Piracicaba*, n.102, p.1-2, 2003.