

## ÍNDICES VEGETATIVOS PARA DETECÇÃO DE DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO EM TOMATEIRO

LEONARDO P. DE MAGALHÃES<sup>1</sup>, LISIANE BRICHI<sup>2</sup>, TAMARA M. GOMES<sup>3</sup>,  
FABRÍCIO ROSSI<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> de Biosistemas, mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba-SP

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup> de Biosistemas, mestranda em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba-SP

<sup>3</sup> Eng<sup>a</sup> Agrônoma, Professor doutor, Depto. de Engenharia de Biosistemas, FZEA/USP, Pirassununga-SP

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Professor doutor, Depto. de Engenharia de Biosistemas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA-USP), Pirassununga-SP, (019) 3565-4189, fabricio.rossi@usp.br

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017

30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO** - As cores de frutos, folhas e flores são utilizadas como indicadores de época de colheita, qualidade dos frutos e deficiências nutricionais das plantas. Dentro desse contexto foram desenvolvidos índices que utilizando-se dos comprimentos de onda refletidos pelas plantas são usados como indicativos de problemas no desenvolvimento vegetativo. Assim, nesse trabalho procurou-se analisar diferentes índices vegetativos para detecção de deficiências em fósforo no cultivo de mini-tomate. Foram utilizadas quatro doses de fósforo (0, 200, 400 e 800 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) e analisadas a 4<sup>a</sup> folha a partir do ápice aos 45 dias após transplante. Os índices escolhidos foram o MPRI (*Modified Photochemical Reflectance Index*), validado como indicador vegetativo e o ICVE (Índice de Cor Verde-Escuro). Os mesmos foram escolhidos por não utilizarem a banda do infravermelho, e assim não necessitam de câmeras modificadas para sua aplicação. No software Matlab foi desenvolvido um algoritmo para cálculo dos índices e análise das imagens. Como resultado inicial os índices MPRI e ICVE apresentaram uma correlação de -0,28 e -0,8 com as doses de fósforo, ou seja, com o aumento das doses houve diminuição dos índices.

**PALAVRAS-CHAVE:** análise de imagens, deficiência nutricional, *Solanum lycopersicum* L.

## VEGETATIVE INDEXES FOR DETECTION OF PHOSPHORUS DEFICIENCY IN TOMATO

**ABSTRACT**- The colors of fruits, leaves and flowers are used as indicators of harvesting time, fruit quality and nutritional deficiencies of plants. Within this context, the indices using the wavelengths were development and used as indicative of problems in the development of the plants. Thus, this work sought to analyze different vegetative indexes for the detection of deficiencies in phosphorus in tomato cultivation. Four different doses of phosphorus (0, 200, 400 and 800 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) were used and was analyzed the fourth leaf. The selected indices were the MPRI (*Modified Photochemical Reflectance Index*), validated as a vegetative indicator, and the DGCI (*Dark Green Color Index*). They were chosen because they did not use the infrared band, and thus didn't need cameras modified for their application. In the Matlab software, an algorithm was developed to calculate the indexes and image analysis. As a result, the MPRI and DGCI index presented a correlation of -0.28 and -0.8 with as doses, that is, with the increase of the doses, there was a decrease in the index.

**KEYWORDS:** Image analysis, nutrition deficiency, *Solanum lycopersicum* L.

**INTRODUÇÃO:** Na natureza diversos animais, incluindo os humanos, se utilizam das cores de flores, frutos e folhas para selecionar seus alimentos. Determinadas cores podem indicar o amadurecimento de frutos, possíveis plantas venenosas ou ainda deficiências nutricionais. Para se avaliar algumas dessas deficiências são utilizados indicadores, chamados índices vegetativos. Um índice vegetativo resulta da combinação dos valores de refletância em dois ou mais intervalos de comprimento de onda, possuindo uma relação com a quantidade e o estado da vegetação em uma dada área ou parte da planta. O primeiro índice proposto foi o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) por Rouse et al. (1973). Esse índice relaciona a refletância no infravermelho próximo com a refletância no comprimento de onda do vermelho. Ao longo do tempo outros índices foram desenvolvidos utilizando-se diferentes comprimentos de ondas em suas composições.

Nesse trabalho buscaram-se avaliar alguns desses índices focando-se na deficiência de fósforo (P) na fase inicial de mini-tomate. Alguns autores como Epstein & Bloom (2006), Malavolta (2006) descreveram a deficiência que P provoca. Em muitas plantas há o aparecimento de folhagem verde-escura ou azul-esverdeada; desenvolvimento de pigmentos vermelhos, purpúreos e marrons nas folhas, especialmente ao longo das nervuras; crescimento reduzido, e sob condição de deficiência severa, as plantas tornam-se enfezadas. No trabalho aqui descrito foram utilizados índices que não necessitam da banda do infravermelho, pois assim não foi necessária a utilização de câmeras modificadas.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro doses de fósforo (0, 200, 400 e 800 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) e cinco repetições. A caracterização química do solo após a aplicação de calcário foi realizada de acordo com a EMBRAPA (1997) e apresentou os seguintes resultados: pH (em CaCl<sub>2</sub>) = 6,1; Ca = 45 mmolc dm<sup>-3</sup>; Mg = 7,0 mmolc dm<sup>-3</sup>; P (Resina) = 3,0 mg dm<sup>-3</sup>; K = 0,50 mmolc dm<sup>-3</sup>; S = 12,0 mg dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica = 12,0 g dm<sup>-3</sup> e V = 76 %. Foi realizada adubação inicial de 15 g dm<sup>-3</sup> de composto orgânico. O fosfato natural de Bayóvar (14,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ácido cítrico solúvel, 28,6% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Total e 32% de Ca) foi misturado ao solo antes do transplântio das mudas de mini tomate em vasos de 2,5 dm<sup>-3</sup>. O potássio (K) foi fornecido como cobertura na dosagem de 100 mg dm<sup>-3</sup> na forma de sulfato de potássio parcelado duas vezes, aplicado aos 15 e 22 dias após transplântio (DAT). Após 45 dias de desenvolvimento das plantas, as mesmas foram cortadas rentes ao solo. Para fins de análise foi escaneada a parte abaxial 4<sup>a</sup> folha a partir do ápice de cada planta (MALAVOLTA et al., 1989). As imagens foram obtidas em 1200 dpi.

Os índices escolhidos foram o MPRI (*Modified Photochemical Reflectance Index*) proposto por Yang, Willis & Muller (2008) e validado como indicador vegetativo por Linhares, Rocha & Amaral (2013), e o ICVE (Índice de Cor Verde-Escuro) proposto por Karcher & Richardson (2003). Essas escolhas justificam-se por esses índices não utilizarem a banda do infravermelho, não demandando assim a utilização de câmeras modificadas. Além disso, pretendeu-se verificar se o aparecimento de deficiência de fósforo estaria mesmo relacionado com o escurecimento da folha, o que poderia ser avaliado utilizando-se o índice de cor verde-escuro.

$$MPRI = \frac{G-R}{G+R} \quad (1)$$

em que,

G – (Green) luz refletida no comprimento de onda do verde (495–570 nm)

R – (Red) luz refletida no comprimento de onda do vermelho (625 a 740 nm)

$$ICVE = \frac{\left[\left(\frac{H - 60}{60}\right) + (1 - S) + (1 - B)\right]}{3} \quad (2)$$

em que,

H (“*hue*”) é o matiz da imagem, S (“*saturation*”) a saturação e B (“*brightness*”) o brilho da imagem.

Para o cálculo desses índices e as transformações necessárias na imagem para a transformação do sistema de cor RGB para HSV foi utilizado o software Matlab, no qual foi desenvolvido um algoritmo com interação do usuário para escolha do índice e o cálculo do valor médio de cada um nas folhas analisadas.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Não houve diferença estatística entre os índices (ICVE e MPRI) nas dosagens de  $P_2O_5$ . De acordo com os tratamentos, os dois índices calculados apresentaram o comportamento demonstrado na figura 1: o valor do índice foi maior para a dose de 0 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup>, ocorrendo uma diminuição desse valor na dose de 200 e depois um aumento quando a dose foi de 400 e nova redução com a dose de 800 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup>.

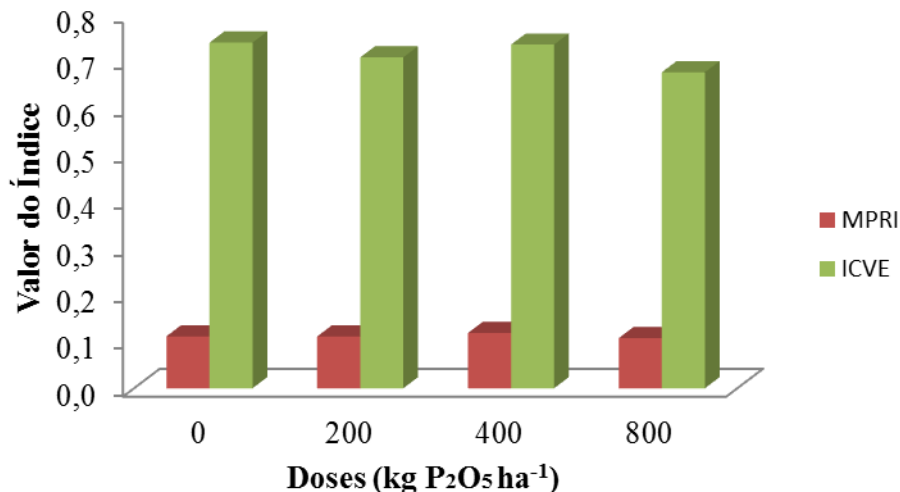


FIGURA 1. Valores dos índices ICVE (Índice de Cor Verde-Escuro) e MPRI (*Modified Photochemical Reflectance Index*) das folhas de mini-tomate aos 45 dias após transplante nas doses de  $P_2O_5$

Como descrito por Linhares, Rocha & Amaral (2013), o índice MPRI possui um comportamento parecido com o índice NDVI. Wiatrak (2013a) analisando doses de fósforo no trigo com o NDVI, também teve como resultado valores próximos do índice mesmo com doses diferentes. Ao final de dezessete semanas esse autor determinou valores do NDVI de 0,8351, 0,8353 e 0,8358 respectivamente a doses de 0, 45 e 90 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup>. O mesmo autor Wiatrak (2013b) agora analisando doses de fósforo na soja, também não notou grande diferença no índice em diferentes doses. Três meses após o plantio, os valores medidos de NDVI foram de 0,8830, 0,8991 e 0,8997 para doses de 45 e 90 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> respectivamente. Quanto ao índice de cor verde-escuro, como descrito por alguns autores, a deficiência de fósforo pode levar ao aparecimento de folhas de uma coloração mais escura. Assim, o índice avaliado ser maior na dose 0 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> indica que as folhas desse tratamento possuíam uma coloração mais verde escura, podendo assim indicar uma deficiência desse nutriente.

Os dois índices analisados apresentaram uma correlação negativa com as doses, ou seja, o aumento da dose de fósforo aplicada levou a uma diminuição do valor analisado do índice vegetativo. Em relação ao ICVE a correlação foi de -0,8, enquanto o MPRI teve uma correlação com a dose de -0,28. Já analisando a quantidade da componente de cor verde com as doses, ao aumentar a quantidade de fósforo aplicada ocorreu aumento na quantidade da componente verde. A correlação entre as doses e essa componente foi de 0,75. Já a componente azul da imagem, teve um aumento menor com o aumento das doses. Sua correlação foi de 0,54.

**CONCLUSÕES:** Os índices analisados, diferentemente do que ocorre quando se analisa doses de nitrogênio, não apresentaram um aumento linear com o aumento das doses no minitomate analisado aos 45 dias após transplante. Em trabalhos posteriores deve-se buscar características desses índices que possam indicar melhor a relação da quantidade de fósforo na planta e sua deficiência, assim como analisar diferentes idades da planta. Analisar um índice como o ICVE pode trazer indicativos de uma coloração mais escura na folha, característica da deficiência de fósforo. Outro ponto interessante é uma análise das componentes de cor das imagens. Analisar o aumento ou diminuição de componentes como a cor azul ou verde e relacioná-los com as características de deficiências nutricionais podem também ajudar na determinação de insuficiência ou não nas doses de fósforo.

## REFERÊNCIAS

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997, 212 p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.
- KARCHER, D. E., RICHARDSON, M. D. **Quantifying turfgrass color using digital image analysis.** Crop Science, v. 43, p. 943-951, 2003
- LINHARES, M. A. et al. **Vant's aplicados ao monitoramento da evolução vegetativa de culturas agrícolas.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO-CONBAP 2014, 10., 2014, São Pedro - Sp. **Anais...** São Pedro - Sp: Sbea, 2014. p. 1 - 8.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1989. 201p.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS.** In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Washington, 1973. Proceedings... Washington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973.
- WIATRAK, P. **Evaluation of phosphorus application with avail on growth and yield of winter wheat in southeastern coastal plains.** American Journal of Agricultural And Biological Sciences. [s. L], p. 222-229. set. 2013a.
- WIATRAK, P. **Effect of polymer seed coating with micronutrients on soybeans in southeastern coastal plains.** American Journal of Agricultural And Biological Sciences. [s. L], p. 302-308. set. 2013b.
- YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. **Impact of Band-Ratio Enhanced AWIFS Image to Crop Classification Accuracy.** In: Pecora – The Future of Land Imaging... Going Operational, 17. 2008, Denver, Colorado, USA. Proceedings... Maryland: (ASPRS), 2008.