

Estudo de macro e micronutrientes em plantas de citros contaminadas com *citrus greening* utilizando micro fluorescência de raios-X

Fabiola Manhas Verbi Pereira* (PQ) e Débora Marcondes Bastos Pereira Milori (PQ),
*fmverbi@uol.com.br

Embrapa Instrumentação Agropecuária, Cx. Postal 741, São Carlos, SP, 13561-206

Palavras Chave: fluorescência de raios-X, *citrus greening*, SIMCA, laranja.

Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja (*Citrus sinensis*) e grande parte desta produção está direcionada para as indústrias de suco de laranja concentrado. Entre janeiro e outubro de 2010, estas indústrias foram responsáveis por uma receita de US\$ 1,5 milhões em exportações.¹ Entretanto, o desempenho deste setor tem sido severamente ameaçado por doenças e pragas, como exemplo a *citrus greening* ou *huanglongbing* (HBL), que foi detectada nos pomares brasileiros em 2004. Atualmente, as alternativas dos produtores são inspeções visuais das plantas, eliminações de árvores contaminadas, pulverizações aéreas para controle dos vetores e análise do DNA da bactéria por meio da PCR (*polymerase chain reaction*). Entretanto, os métodos de controle delineados não são efetivos e de alto custo (caso do PCR). O maior desafio no diagnóstico da doença é que diferenças entre as folhas saudáveis e assintomáticas não são facilmente perceptíveis, onde esta última condição pode perdurar entre 3 e 36 meses. Este estudo visou o desenvolvimento de um método analítico para o estudo de possíveis variações nos sinais de macro e micronutrientes das folhas de citros em função da doença utilizando a μ SR-XRF (*micro synchrotron radiation X-ray fluorescence*).²

Resultados e Discussão

As amostras foram 60 folhas de citros (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) saudáveis (amostras-controle) e 120 contaminadas (60 com e 60 sem sintomas) provenientes de uma plantação localizada em Matão/SP, todas com 40 meses de idade. Para cada folha foi efetuado um mapeamento em 9 diferentes posições. As configurações da μ SR-XRF (linha D09B - XRF, Laboratório Nacional de Luz Síncrotron) utilizadas foram um feixe monocromático de 200 x 200 μ m, a energia de fóton máxima foi de 12 keV, o diâmetro do colimador foi de 4 mm (área ativa 30 mm²) e os testes foram executados em atmosfera ambiente. Um detector de Si(Li) com janela de Be de 8 μ m foi utilizado; com resolução de 165 eV (Mn K α). As amostras foram posicionadas a um ângulo de 45°, em relação a ambos, feixe incidente e detector. Posteriormente, estes espectros foram organizados em matrizes de dados e avaliados com SIMCA (*soft independent modeling of class analogy*). A propriedade da μ SR-XRF utilizada para este estudo foi principalmente a

facilidade em selecionar pequenas áreas da amostra, tais como a nervura central da folha, (0,5-1 mm) para o mapeamento nas direções vertical e horizontal. Os espectros foram centrados na média para a construção dos modelos. Os sinais de fluorescência importantes para a construção dos modelos de classificação foram as linhas K α (em keV) para os elementos K (3,313), Ca (3,691), Fe (6,400), Cu (8,042), Zn (8,632) e a região onde predominam os espalhamentos inelástico e elástico (11-13). No caso do Ca, a linha K β (4,013 keV) também foi importante. Antes de ser alcançado o melhor modelo de classificação foram investigados outros utilizando somente as linhas de fluorescência dos micronutrientes (Mn, Fe, Cu e Zn), ou apenas dos macronutrientes (K e Ca). Foram efetuados modelos univariados utilizando a linha do Ca, visto que entre as folhas assintomáticas e sintomáticas houve diferenças significativas nas contagens para este elemento (26%). Entretanto com este mesmo critério, este valor não foi alto (4%) entre sadias e assintomáticas. Estas diferenças mostraram que foi importante considerar a influência dos outros elementos. Assim, o modelo multivariado foi o mais promissor. Com estes dados foi alcançado um bom índice de acertos para todas as condições. As previsões corretas para as sadias, assintomáticas e sintomáticas foram de 95% (para as sadias) e de 98% para ambas as últimas condições, considerando o conjunto de treinamento. No caso do conjunto de validação o índice de previsões corretas foi de 90% para todas as três classes.

Conclusões

As descobertas reveladas com este estudo é que os dois estágios da *citrus greening* (com e sem sintomas) apresentaram variações nos macro e micronutrientes. Estas alterações foram atribuídas à doença visto que nas plantas não foi identificada qualquer deficiência nutricional proveniente do solo ou de stress hídrico. Os modelos de classificação com este tipo de dado podem ser úteis na identificação e/ou monitoramento da doença.

Agradecimentos

FAPESP (2007/08618-2) e LNLS (8491/09).

¹ <http://www.agricultura.gov.br/>, acessada em 19 de Janeiro de 2011.

² Pereira, F. M. V.; Milori, D. M. B. P. J. *Anal. At. Spectrom.* **2010**, 25, 351.