



PHYSIOTEK
CROP SCIENCE

PHYSIOTEK LETTERS

Espectroscopia de Fluorescência de Raios X: Avanços Analíticos para a Nutrição Mineral de Plantas

Gabriel Sgarbiero Montanha

Biólogo - Universidade de São Paulo (ESALQ/USP)

Doutorando em Ciências - Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP)

Revisão do Texto: Prof. Dr. André Rodrigues dos Reis (E-mail: andre.reis@unesp.br)

Edição: Maria Gabriela Dantas B. Lanza (E-mail: maria.dantas@unesp.br)

Como todo ser vivo, as plantas precisam de nutrientes para sobreviverem. Logo, compreender a função e a dinâmica desses nutrientes é fundamental para entender como tanto as plantas funcionam e se desenvolvem, quanto para desenvolver estratégias para torná-las mais resistentes, produtivas e nutritivas de modo garantir de maneira sustentável todos alimentos e produtos de origem vegetal utilizados pelos seres humanos.

Contudo, apesar da sua importância, identificar e quantificar os nutrientes dentro das plantas pode ser uma tarefa desafiadora, uma vez que a quantidade destes nutrientes é não é uniforme e varia entre os tecidos vegetais e ao longo do desenvolvimento destes, podendo também ser afetadas por fatores ambientais e de manejo, como secas e aplicações de fertilizantes, por exemplo.

Diversas técnicas são amplamente empregadas para este tipo de análise, em especial aquelas baseadas nas espectroscopias de emissão ou absorção atômica (AAS e AES, siglas em inglês), onde os átomos dos elementos químicos presentes nas amostras vegetais são identificados a partir de suas propriedades de absorver ou emitir luz. No entanto, essas técnicas exigem que os tecidos vegetais sejam transformados em líquido a partir de processo um complexo e demorado. Além de impossibilitar a obtenção de resultados rápidos, essas técnicas oferecem apenas uma “fotografia” da concentração médias dos nutrientes no tecido vegetal no momento de sua coleta, não permitindo entender como as plantas absorvem, acumulam e movimentam os nutrientes entre os seus tecidos.

Nesse contexto, a espectroscopia de fluorescência de raios X (XRF, sigla em inglês) vem se destacando nos estudos de nutrição mineral de plantas. Nesta, a identificação de elementos químicos nas amostras vegetais se dá através das energias características de raios X emitidas por estes elementos quando a amostra é exposta a um feixe de raios X com adequada energia (Fig. 1).

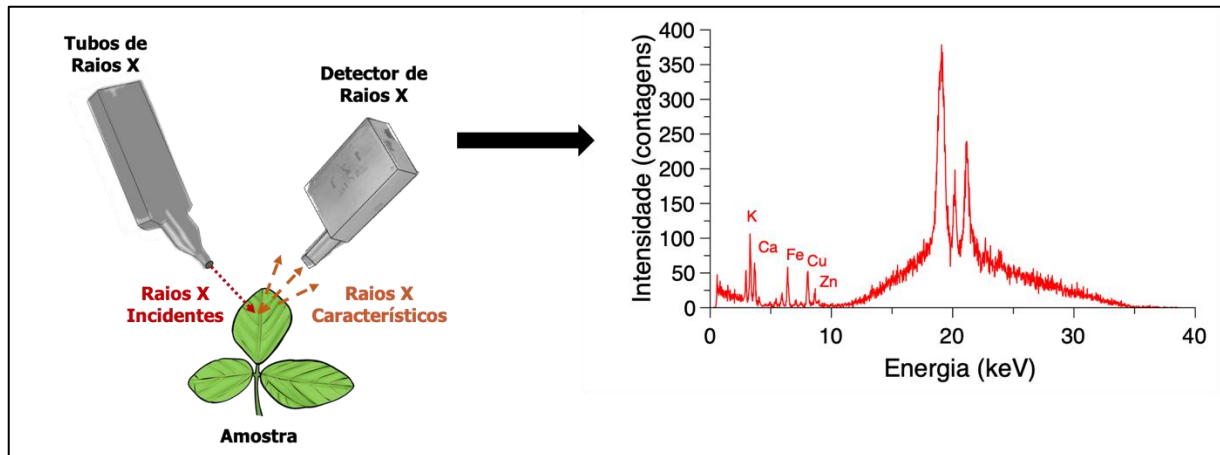


Figura 1. Instrumentação básica de um espectrômetro de fluorescência de raios X e espectro resultante de uma medida em amostra vegetal.

Por exigir um preparo mínimo das amostras e estas disponível tanto em equipamentos de bancada e portáteis, quanto em linhas de luz síncrotron (Fig. 2), essa técnica permite determinar a composição, absorção e distribuição dos nutrientes com rapidez ou mesmo utilizando plantas vivas, permitindo acompanhar esses processos em tempo real.

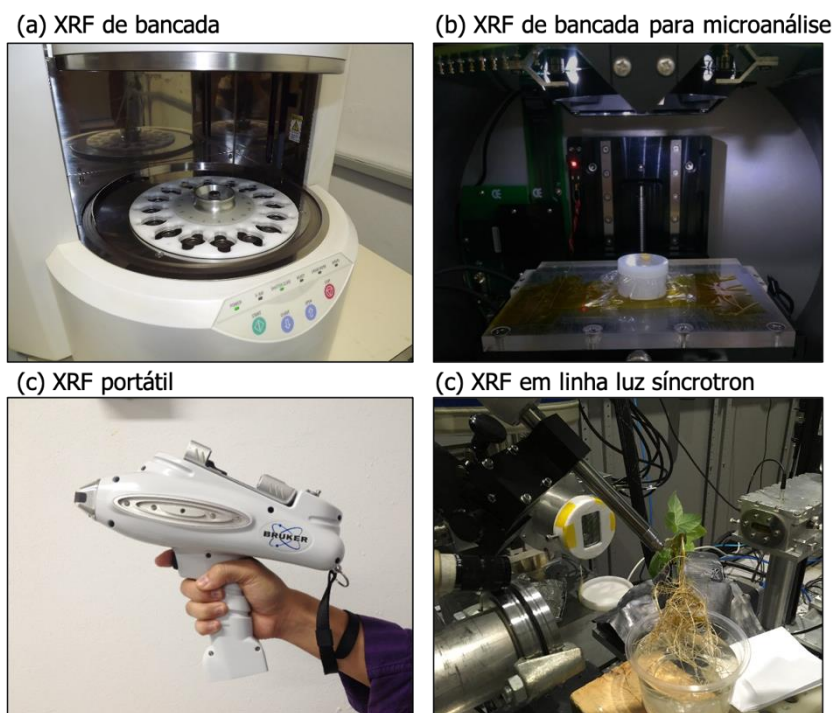


Figura 2. Exemplos de equipamentos de XRF utilizados para análise de tecidos vegetais

No Brasil, diversos estudos utilizando a XRF para investigar a absorção e a distribuição espacial dos elementos em plantas vivas foram conduzidos ao longo dos últimos anos. Nestes, a técnica permitiu avaliar a absorção radicular e via semente de diversas fontes (solúveis, micrométricas, complexadas e manométricas) de zinco, cobre, ferro e manganês, em feijoeiro e soja (Savassa et al, 2018; Duran et al, 2017; Duran et al, 2018; Lau et al, 2020; Montanha et al, 2019; Montanha et al, 2020). Também na soja, foi possível determinar a velocidade de absorção de fertilizantes foliares a base de zinco e entender as interações entre as fontes de fertilizantes e o glifosato na absorção de manganês pelas plantas de soja. (Machado et al, 2019; Gomes et al, 2019).

Dessa forma, a espectroscopia de fluorescência de raios X tem se tornando uma ferramenta poderosa para uma compreensão da relação entre os elementos e as plantas, tornando-se fundamental para diversos estudos dentro da nutrição mineral de plantas e ajudando a melhor compreender o funcionamento das plantas e a traçar estratégias para melhorá-lo.

Referências

- A Duran, NM; Medina-Llamas, M; Cassanji, JG; DE Lima, RG; De Almeida, E; Macedo, WR, Mattia, D; Carvalho, HWP. Bean seedling growth enhancement using magnetite nanoparticles. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66. 2018. 10.1021/acs.jafc.7b03014
- Duran, NM; Savassa, SM; Lima, RG; De almeida, E; Linhares, FS; Van gestel, CA; De Carvalho HWP. X-ray spectroscopy uncovering the effects of Cu based nanoparticle concentration and structure on *Phaseolus vulgaris* germination and seedling development. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64. 2017. 10.1021/acs.jafc.8b00557
- Gomes, MH; Machado, BA; Rodrigues, ES; Montanha, GS; Rossi, ML; Otto, R; Linhares, FS; De Carvalho, HWP. In vivo evaluation of Zn Foliar uptake and transport in soybean using X-ray absorption and fluorescence spectroscopy. *Journal of agricultural and food chemistry*. 67, 2019. 10.1021/acs.jafc.9b04977
- Lau, EC; Carvalho, LB; Pereira, AE; Montanha, GS; Corrêa, CG; Carvalho, HWP; Ganin, AY; Fraceto, LF; Yiu, HH. Localization of coated iron oxide (Fe₃O₄) nanoparticles on tomato seeds and their effects on growth. *ACS Applied Bio Materials*, 3. 2020. DOI: 10.1021/acsabm.0c00216
- Machado, BA; Gomes, MH; Marques, JPR; Otto, R; De Carvalho, HWP. X-ray spectroscopy fostering the understanding of foliar uptake and transport of Mn by soybean (*Glycine max* L. Merrill): Kinetics, chemical speciation, and effects of glyphosate. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67. 2019. 10.1021/acs.jafc.9b05630
- Montanha, GS; Rodrigues, ES; Marques, JPR; De Almeida, E; Colzato, M; De Carvalho, HWP. Zinc nanocoated seeds: an alternative to boost soybean seed germination and seedling development. *SN Applied Sciences*, 5. 2020. 10.1007/s42452-020-2630-6
- Montanha, GS; Rodrigues, ES; Marques, JPR; De Almeida, E; Dos Reis, AR; De Carvalho, HWP. X-ray fluorescence spectroscopy (XRF) applied to plant science: challenges towards in vivo analysis of plants. *Metallomics*. 2019. 10.1039/c9mt00237e

- Montanha, GS; Rodrigues, ES; Romeu, SLZ; De Almeida, E; Dos Reis, AR; Lavres JR, J; De Carvalho HWP. Zinc uptake from ZnSO₄ (aq) and Zn-EDTA (aq) and its root-to-shoot transport in soybean plants (*Glycine max*) probed by time-resolved in vivo X-ray spectroscopy. *Plant Science*, 292. 2020. 10.1016/j.plantsci.2019.110370
- Savassa, SM; Duran, NM; Rodrigues, ES; De Almeida, E; Van Gestel, CA; Bompadre, TF; De Carvalho HWP. Effects of ZnO nanoparticles on *Phaseolus vulgaris* germination and seedling development determined by X-ray spectroscopy. *ACS Applied Nano Materials*, 65. 2018. 10.1021/acsnm.8b01619

Citação: Montanha, S.G. Espectroscopia de Fluorescência de Raios X: Avanços Analíticos para a Nutrição Mineral de Plantas. *Physiotek Letters*, volume 2, p. 10-13, 2021.