

NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS: PRINCÍPIOS E PERSPECTIVAS

(Segunda Edição)

Eurípedes Malavolta¹

Alguns livros técnicos, de texto ou de referência, são parecidos com certas pessoas – apresentam a tendência de engordar com a idade. Idade, no caso dos livros, significa edições sucessivas. Veja-se, por exemplo, os livros sobre Nutrição Mineral de Plantas de H. Marschner e de Mengel & Kirkby: se continuar a tendência, uma nova edição do último sairá em dois volumes...

Acaba de aparecer a segunda edição do livro de Emanuel Epstein, “enxuto” como a primeira – Emanuel Epstein & Arnold J. Bloom. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers, 2005. 400 p.

A primeira edição saiu em 1972 e em 1975 a Editora da USP publicou a tradução feita por mim. No prefácio os autores assinalam sua posição: 1. o livro não tentará ser completo como uma enciclopédia; 2. em assuntos controvertidos eles (os autores) tomam partido em vez de deixar o leitor com um saco de conclusões diferentes. A apresentação material do livro é muito melhor que a da primeira edição – do papel às figuras em cores e ilustrações várias. Com isso, a leitura e o manuseio ficam mais agradáveis. O que ajuda o objetivo dos autores em apresentar uma visão de conjunto com começo, meio e fim.

No Capítulo 1 é definido o objetivo do estudo da nutrição de plantas – a aquisição dos nutrientes e as suas funções na vida das plantas. É apresentado um histórico da pesquisa começando por Aristóteles, passando por Liebig e chegando a Hoagland, orientador de E. Epstein no doutorado em Berkeley. A principal contribuição de Liebig seria a de ter posto fim a teoria dos humistas. O papel dele no desenvolvimento da indústria de adubos não é mencionado, sendo dada muita ênfase aos seus erros, o que não é justo.

Os meios para a nutrição de planta são o assunto do Capítulo 2: o solo, os meios artificiais, as soluções nutritivas. É detalhado o comportamento das raízes no solo, sendo apresentadas fotos dos rizotrons (rhizotrons), dispositivos que estiveram na moda há algumas décadas e que agora voltam – interesse renovado pela metade escondida da planta: o livro homônimo não é citado.

Os componentes inorgânicos das plantas, água e minerais, são tratados no Capítulo 3. A meu ver, é feita uma confusão na discussão dos critérios de essencialidade estabelecidos por Arnon & Stout e Arnon. É esquecido que, na verdade, foram estabelecidos dois critérios – o direto e o indireto. E Epstein & Bloom, depois de

considerar impróprio o segundo, propõe ambos com redação pouco diferente da original. O sílcio, corretamente, não é considerado essencial. Entretanto, erradamente, o mesmo tratamento é dado ao selênio, que satisfaz o critério direto de essencialidade. A análise de tecidos em relação com o crescimento é discutida resumidamente. Depois de um resumo geral dos sintomas de deficiência, no qual é

feita a citação do livro de Malavolta et al. (1962), entre outros, segue-se o tratamento individual de cada elemento, inclusive a “orelha de rato” da pecan, causada pela falta de níquel em condições de campo.

Toda a Parte II tem a denominação genérica de Transporte. O Capítulo 4 ensina a absorção de nutrientes pela planta. Começa com a membrana, continua com a parede celular e apoplasto e depois segue com a absorção passiva e ativa dos solutos. As ilustrações coloridas ajudam a entender ainda mais o texto. A cinética da absorção é detalhada, o mesmo acontecendo com a energética do

processo, o papel da ATPase, os transportadores e os canais transmembranas.

O movimento radial na raiz e o transporte a longa distância são a matéria do Capítulo 5. Neste caso, também a beleza e a clareza das ilustrações fazem justiça ao texto muito claro. O movimento da água e dos íons para a parte aérea é descrito em seguida, juntamente com as teorias a respeito e os dados do experimento clássico de Stout & Hoagland (1939). A redistribuição dos elementos dentro da planta, a lixiviação, a gutação e a excreção de sais terminam o Capítulo.

O dilema do movimento descendente dos alimentos (orgânicos) e dos nutrientes (minerais) resolvido por Mason & Maskell (1928) é a matéria do Capítulo 6 em que os sistemas de vasos do xilema e do floema são escritos e claramente ilustrados – não foi esquecida a figura do afídeo com o estilete enfiado no floema. A Tabela 6.1 classifica os elementos minerais quanto à sua mobilidade no floema: o S é considerado móvel, o que não concorda com o sintoma de deficiência que aparece nas folhas mais novas. Fe, Mn, Zn, Cu e Mo aparecem como intermediários. Entre os imóveis estão o Ca e o B. O último está em duas colunas, aparecendo também entre os móveis devido às espécies em que se liga e é transportado como éster de polióis.

A Parte III cuida do “Metabolismo e Crescimento”. O título do Capítulo 7 é Nitrogênio e Enxofre: um Conto de Dois Nutrientes – uma clara alusão ao conto de Charles Dickens – um Conto de

É lembrado que a Revolução Verde foi devida largamente à capacidade das cultivares de porte baixo em repartir mais N para o grão e menos para colmos e folhas. Em conseqüência, a responder à adubação nitrogenada sem acamar.

¹ Pesquisador do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba-SP; e-mail: mala@cena.usp.br

Duas Cidades. As diferenças quantitativas entre os dois elementos são apontadas bem como a sua consequência nas doses de fertilizantes aplicadas. Há um cochilo: são mencionadas apenas ênfases ao meio ambiente e aos segmentos do ciclo desse elemento, inclusive à fixação biológica. Outra alusão literária é feita na descrição de plantas carnívoras – Pequena Loja de Horrores, nome de uma peça teatral da Broadway. A redução e a assimilação do nitrato são detalhadas e, como de costume, bem ilustradas. Em seguida, o mesmo é feito com o S. É assinalado o alto consumo de energia respiratória para a redução do NO₃ e do SO₄ em plastídeos, com a participação de ferredoxina.

No Capítulo 8, “Metabolismo Mineral”, é dado um tratamento muito original quanto às funções dos elementos: nutrientes que são parte integral de compostos de carbono (N, S); nutriente essencial para armazenamento e uso da energia e no genoma (P); nutrientes associados com a parede celular (Ca, B, Si); nutrientes que são constituintes de enzimas ou outros compostos essenciais do metabolismo (Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Mo); nutrientes que são ativadores ou que controlam a atividade de enzimas (K, Na, Cl, Mg, Ca, Mn, Fe, Zn, Cu); nutrientes que servem como contra-íons para cargas positivas ou negativas (K, Na, NO₃, Cl). Em seguida, os papéis exercidos pelos elementos são descritos e ilustrados, sendo dada ênfase ao Ca, que deixou de ser simplesmente o tradicional componente da lamela média e neutralizador de ácidos orgânicos do citosol.

“Nutrição e Crescimento” são o assunto do Capítulo 9. Começa com a nutrição das sementes, passa pelos estágios de desenvolvimento e pela regulação da nutrição pela própria planta. Discute a relação entre nutrientes, produtividade primária e fotossíntese e termina discutindo os conceitos de eficiência nutricional.

A Parte IV tem o título geral “Hereditariedade e Ambiente” e o Capítulo 10 é intitulado “Genética Fisiológica e Biologia Molecular”. As relações entre controle genético e nutrição mineral são preocupação de Epstein desde 1964. É lembrado que a Revolução Verde foi devida largamente à capacidade das cultivares de porte baixo em repartir mais N para o grão e menos para colmos e folhas. Em consequência, a responder à adubação nitrogenada sem acamar. Genes múltiplos codificam as ATPases do plasmalema e do tonoplasto. Canais que atuam na absorção do K foram os primeiros a ser caracterizados ao nível molecular. Os genes que codificam os canais para Ca ainda não foram codificados. Os transportadores de metais pesados caem em quatro famílias de ATPases. Transportadores para fosfato e sulfato foram identificados. A aplicação da biologia molecular à nutrição mineral começa a ser explorada no melhoramento das plantas para aumentar as colheitas através da eficiência maior do adubo, tolerância às condições desfavoráveis, biorremediação e valor nutritivo.

O Capítulo II trata de “Ecologia e Distúrbios (*stress*) Ambientais”. A palavra-chave do capítulo é adaptação: o organismo usa o ambiente nos aspectos vantajosos para as suas necessidades fisiológicas e ao mesmo tempo suporta os fatores que lhe são desfavoráveis. Parte da adaptação é a plasticidade fenotípica. As associações micorrízicas têm o seu papel na adaptação devido à capacidade de aumentar a absorção de nutrientes em meios defi-

cientes, *stress* não definida (ou seria definido?), podendo tomar várias formas: congelamento, alta temperatura, seca, encharcamento, deficiências ou excessos de nutrientes. No caso dos distúrbios nutricionais (*stress* minerais) são definidas as principais condições: salinidade, sodicidade, toxidez de alumínio e de metais pesados, deficiências de micronutrientes, baixa relação Ca/Mg, baixa fertilidade. Mecanismos de tolerância a metais pesados são descritos resumidamente bem como a diferenciação ecotípica.

“Grande Retrato: Passado, Presente, Futuro” é o título do Capítulo 12. É relatada uma breve história do mundo, começando com o *big bang* de 4,5 x 10⁹ anos atrás em que se formou a cansada vagabunda terra de Manuel Unamuno (não citado). O papel da planta verde em modificar o ambiente – fotossíntese, principalmente – é enfatizado.

Em seguida, são descritas as variações em fatores da atmosfera – CO₂, temperatura, teor de gases do efeito estufa. São oferecidas explicações para o fato que as concentrações elevadas de CO₂ aumentam a serrapilheira a qual, entretanto, contém menos nitrogênio. A implicação desse fato é que o teor de proteína dos alimentos deve cair quando sobe a concentração de gás carbônico no meio. O ciclo do fósforo e do potássio são resumidos mencionando-se que

a falta do primeiro limita a produção em muitos lugares. Entretanto, a implicação do consumo crescente de P é considerada apenas do ponto de vista do preço – o que levaria a uma OPEC do fósforo. A consequência do esgotamento das reservas de rocha fosfática para o crescimento da humanidade não foi enfocada.

O capítulo termina com predições ou especulações. Mais genes serão codificados para os transportadores. Plantas do gênero *Brassica* foram feitas tolerantes à salinidade graças à Engenharia Genética. A mesma técnica está sendo tentada para obter espécies acumuladoras de metais pesados tóxicos as quais poderiam ser usadas para fitorremediação. É pro-

vável que sejam identificados transportadores para sódio, por exemplo, os quais serão transferidos para culturas com o fim de aumentar a tolerância à salinidade. O que se segue não é do livro: possibilidade de codificar genes responsáveis pela tolerância aos excessos de Al, Mn e baixos níveis de Ca e Mg do sapé ou da samambaia e introduzi-los no feijão ou na soja. É possível que sejam identificados compostos que sirvam como sinais para guiar a raiz no sentido do gradiente de concentração, promovendo o seu crescimento de modo semelhante ao que fazem hormônios e auxinas. Poderão ser desenvolvidas variedades mais ricas em micronutrientes, Fe, por exemplo, destinados à alimentação humana. Culturas adaptadas à irrigação com água do mar poderão ser desenvolvidas, desse modo economizando água doce e, em parte, fertilizantes. O crescimento da população põe pressão na produção de alimentos de baixo custo, o que tem implicações agrônomicas e políticas as quais devem ser compatibilizadas, lembrando que adubar será preciso. No final há uma volta à absorção de nutrientes pelas raízes e ao papel destas no mundo de hoje e de amanhã.

Concluindo. Trata-se de um livro abrangente, sem ser enciclopédico. É escrito em linguagem agradável, na qual não faltam muitas vezes bom humor e ironia. Epstein e Bloom estão de parabéns.

As associações micorrízicas têm o seu papel na adaptação devido à capacidade de aumentar a absorção de nutrientes em meios deficientes, *stress* não definida (ou seria definido?), podendo tomar várias formas: congelamento, alta temperatura, seca, encharcamento, deficiências ou excessos de nutrientes.