

RELAÇÃO ENTRE NUTRIÇÃO DE PLANTAS, QUALIDADE DE PRODUTOS AGRÍCOLAS E SAÚDE HUMANA^{1,2}

Milton Ferreira Moraes³

Aparentemente, nutrição de plantas e saúde humana são áreas muito distintas, mas, quando analisadas na essência, percebe-se que estão interligadas. A grande maioria dos nutrientes comprovadamente essenciais ao homem e aos animais também desempenha funções importantes no desenvolvimento vegetal e, em muitos casos, seus mecanismos de ação são similares. Cita-se, por exemplo, a função antioxidante do selênio (Se) na eliminação de radicais superóxido, tanto na planta quanto no organismo humano. Com o avanço do desenvolvimento de técnicas analíticas e moleculares, novas funções dos elementos serão descobertas e mais nutrientes serão incorporados à lista dos essenciais, como no caso recente do níquel (Ni) e do Se para as plantas.

Fundamentalmente, todos os nutrientes que compõem a base da dieta alimentar têm a mesma origem, ou seja, solo, ar e água:

Rocha, ar, H₂O → solo ou adubos → planta → animal → homem

Em geral, a nutrição de plantas e a saúde humana são estudadas isoladamente, com quase ou nenhuma interação entre os pesquisadores dessas áreas. Entretanto, é crescente o número de pesquisas que integram desde o melhoramento vegetal e o manejo da adubação até o aproveitamento dos nutrientes pelo organismo humano, e novos e importantes livros-textos abordando o assunto de maneira holística têm sido publicados, como os de Mortvedt et al. (1991), Singh et al. (2001), Kabata-Pendias e Mukherjee (2007) e Alloway (2008).

A demanda por alimentos cresce com o aumento da população mundial. Desde 1950, a população mundial cresce a uma taxa média de 1,8% ao ano, passando de 2,52 bilhões para mais de 6 bilhões de habitantes atualmente. Em 2050, estima-se que a população mundial atinja 9 bilhões de pessoas (DAILY et al., 1998). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população brasileira aumentou em 10 vezes no período de 1900 a 2000, passando de 17,4 milhões de pessoas para aproximadamente 170 milhões. Atualmente, a população brasileira é de 187 milhões e, em 2050, estima-se que haverá 260 milhões de brasileiros (IBGE, 2008). A produção mundial de cereais seguiu o mesmo ritmo do apresentado pelo crescimento populacional, passando de 275 kg por pessoa, nos anos 50, para 370 kg por pessoa, nos anos 80. Sendo assim, a demanda global por alimentos pode facilmente duplicar no período de 1990-2030, com aumento de duas vezes e meia a três nos países em desenvolvimento (DAILY et al., 1998; GRAHAM et al., 2001).

A revolução verde foi um importante marco no desenvolvimento da humanidade. A obtenção de variedades de porte baixo, melhoradas para responder à adubação nitrogenada sem acamamento, foi um avanço da agricultura que permitiu altas produções de cereais por área. Deste modo, conseguiu-se suprir a demanda por alimentos decorrente do crescimento populacional. Observa-se, como exemplo, na Figura 1, a resposta à adubação nitrogenada da cultivar de arroz IR8 que, ao contrário da variedade Peta, foi melhorada no Instituto de Pesquisa Internacional de Arroz (IRRI), situado nas Filipinas, na década 60 (HARGROVE e COFFMAN, 2006).

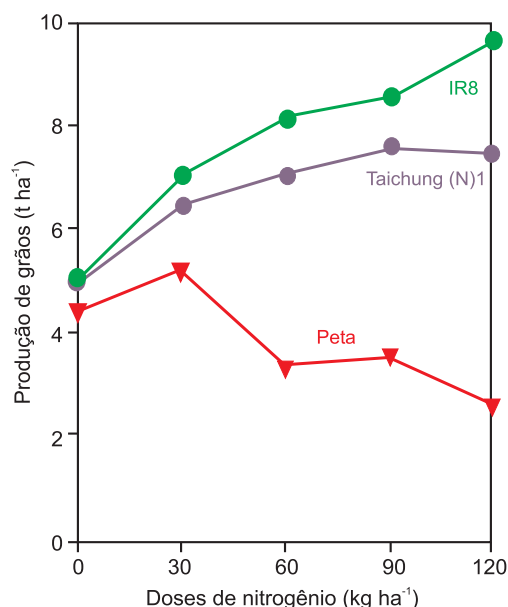


Figura 1. Resposta de três cultivares de arroz ao nitrogênio. IRRI, 1966. Fonte: HARGROVE e COFFMAN (2006).

Embora a produção de alimentos tenha acompanhado o crescimento populacional, problemas de deficiência nutricional atingem quase metade da população mundial, especialmente mulheres grávidas, adolescentes e crianças (WELCH, 1997; WELCH, 2001; GRAHAM et al., 2007). Isto se deve, em parte, ao melhoramento genético vegetal voltado para ganho em produtividade sem a devida consideração pela melhoria da qualidade. Recente trabalho realizado por Garvin et al. (2006) demonstra que, ao longo dos anos, o aumento de produtividade obtido por intermédio do melhoramento vegetal apresenta relação inversa ao teor de micronutrientes em grãos de trigo (Figura 2).

¹ Palestra apresentada no Simpósio de Posse dos Membros Afiliados da Academia Brasileira de Ciências, Regional São Paulo, ocorrido na Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, em 8 de abril de 2008.

² O Jornal Informações Agrônomicas procura publicar assuntos de natureza prática relacionados à nutrição das plantas cultivadas, tendo por princípio evitar revisões de literatura. Este artigo constitui uma exceção devido à relevância e atual estado de conhecimento sobre o tema.

³ Doutorado, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (USP), Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, e bolsista visitante na Cornell University, Tower Road, Ithaca, NY, 14853, Estados Unidos; e-mail: moraesmf@yahoo.com.br

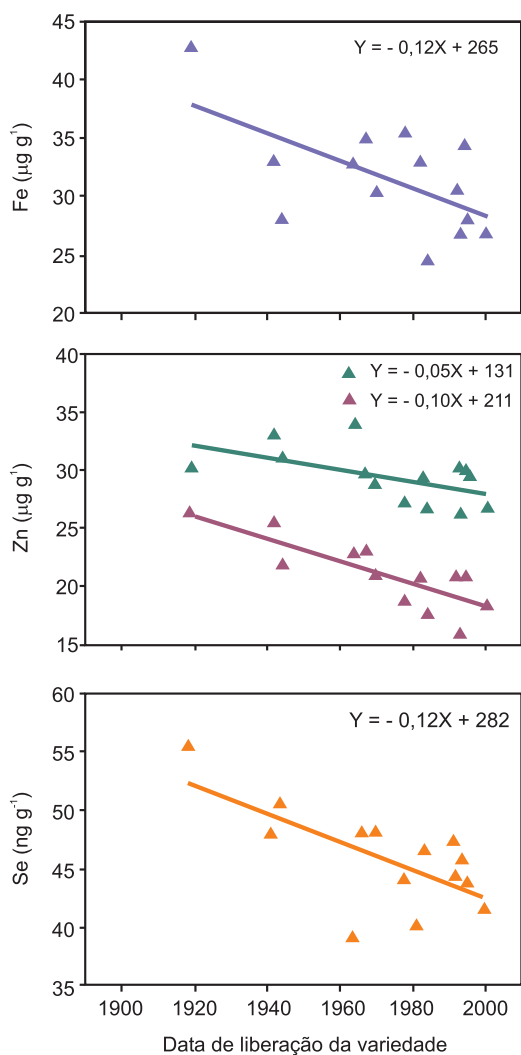


Figura 2. Efeito do melhoramento vegetal na concentração de micronutrientes em grãos de trigo.

Fonte: GARVIN et al. (2006).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), 852 milhões de pessoas, cerca de 13% da população mundial, estavam subnutridas entre os anos 2000 e 2002, sendo que 96% destas encontravam-se em países em desenvolvimento (DIBB et al., 2005). As deficiências ocasionadas pela falta de ferro (Fe), iodo (I), Se, vitamina A e zinco (Zn) são atualmente as que causam maior preocupação em relação à saúde humana, principalmente nos países em desenvolvimento. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), mais de 2 bilhões de pessoas são anêmicas em decorrência da deficiência de Fe (ALLEN et al., 2006). Estima-se que um terço da população mundial vive em países considerados de alto risco em relação à deficiência de Zn, sendo sugerido que um quinto da população mundial pode não estar ingerindo este nutriente em quantidades suficientes (HOTZ e BROWN, 2004). Combs Junior (2001) estima que haja de 0,5 a 1,0 bilhão de pessoas com provável carência de Se, ao passo que mais de 800 milhões de pessoas são deficientes em I (WELCH, 2008).

Na América Latina, as primeiras constatações de deficiência de micronutrientes ocorreram por volta de 1950. As deficiências mais comuns são de Fe e vitamina A. No Brasil, deficiência de Fe é a mais generalizada. Crianças e gestantes são as mais afetadas, em níveis muito variáveis, dependendo da região, devido às diferenças de hábitos alimentares e de desenvolvimento (SILVA et al., 2002; BRESSANI, 2004).

Não existem levantamentos sobre a ocorrência da deficiência de Zn e Se na população brasileira. Ferreira et al. (2002b), analisando diversos gêneros alimentícios consumidos no Brasil, observaram que os valores de Zn encontrados são normais e compatíveis com a literatura internacional. Entretanto, Ferreira et al. (2002a) relatam que a concentração de Se nos alimentos de origem vegetal consumidos no Brasil é considerada baixa, em relação aos padrões internacionais, e aventam como possível fator determinante os baixos teores de Se nos solos agrícolas. Em outro estudo, Lucci et al. (1984) amostraram alimentos volumosos e concentrados fornecidos a animais em 80 pontos geográficos do Estado de São Paulo. Encontraram deficiência de Se em forragens (média de $0,066 \text{ mg kg}^{-1}$) e no milho, tanto em grãos quanto na planta inteira, com teores de $0,031 \text{ mg kg}^{-1}$ e $0,040 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente. Estudos sobre a quantidade de Se ingerida pela população em alguns Estados brasileiros demonstraram baixa ingestão do elemento em São Paulo e Mato Grosso, e alta ingestão no Pará (BOAVENTURA e COZZOLINO, 1993; MAIHARA et al., 2004).

Além da redução do teor de micronutrientes nas cultivares melhoradas, as principais causas da desnutrição podem ser: a) baixo teor do nutriente no solo; b) alta ingestão de alimentos básicos (arroz, milho e trigo), pobres em minerais e vitaminas, em detrimento de grãos de leguminosas, frutas, verduras e produtos de origem animal, comum em países de regiões em desenvolvimento, como Ásia, África e América Latina (WELCH, 2001; DIBB et al., 2005); c) perdas na qualidade nutricional devido ao sistema de industrialização (o polimento do arroz, por exemplo, acarreta perda de minerais dos grãos); d) fatores anti-nutricionais, como metais pesados tóxicos e fitatos, que reduzem a absorção de micronutrientes pelo organismo humano.

A biofortificação – produção de variedades melhoradas que apresentam maior teor de minerais e vitaminas – visa complementar as intervenções em nutrição existentes e proporcionar uma maneira sustentável e de baixo custo para alcançar as populações com limitado acesso aos sistemas formais de mercado e de saúde. Variedades biofortificadas apresentam o potencial de fornecer benefícios contínuos, ano após ano, nos países em desenvolvimento, a um custo recorrente inferior ao da suplementação e da fortificação pós-colheita (GRAHAM e WELCH, 1996; WELCH, 2001; HARVESTPLUS, 2004; GRAHAM et al., 2007). Várias estratégias isoladas, ou em conjunto, podem ser usadas para a biofortificação, a saber: a) seleção de variedades que apresentam naturalmente maiores teores de minerais, vitaminas ou compostos promotores na parte comestível; b) práticas de manejo de adubação; c) manipulação genética por meio de transgenia.

Em 2004, no Brasil, tiveram início os trabalhos do programa HarvestPlus Brasil, visando desenvolver variedades de arroz, feijão, mandioca, milho, trigo e batata-doce com maiores concentrações de Fe, Zn e betacaroteno. O programa é coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em parceria com o Grupo Consultivo de Pesquisa Agrícola Internacional (CGIAR), formado pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Instituto Internacional de Pesquisa sobre Políticas Alimentares (IFPRI), Instituto Internacional de Pesquisa em Arroz (IRRI) e outras instituições colaboradoras no mundo. Resultados preliminares da avaliação de 231 acessos (genótipos) de arroz de terras altas, do banco de germoplasma da Embrapa Arroz e Feijão e CIAT, mostraram valores elevados de Fe e Zn no arroz integral – $8,9$ a $23,6 \text{ mg kg}^{-1}$ de Fe, com valor médio de $13,5 \text{ mg kg}^{-1}$, e $5,8$ a $24,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn, com valor médio de $17,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (BASSINELO et al., 2006). Os valores de Fe e Zn encontrados são similares aos relatados por Gregorio et al. (2000) que, analisando 1.137 amostras de arroz do programa de biofortificação do IRRI, encontraram teo-

res de 6,3 a 24,4 mg kg⁻¹ de Fe, com valor médio de 12,2 mg kg⁻¹, e de 13,5 a 58,4 mg kg⁻¹ de Zn, com valor médio de 25,4 mg kg⁻¹. Os resultados evidenciam a possibilidade de obtenção, no Brasil, de cultivares de arroz com altos valores destes nutrientes.

Diversos fatores relacionados ao ambiente e à adaptação das espécies vegetais podem influenciar a capacidade das plantas em absorver e translocar Fe e Zn, segundo Gregorio et al. (2000). É possível selecionar cultivares para maiores teores de minerais nos grãos e também para altos rendimentos.

No programa HarvestPlus Brasil não estão incluídos Se e I. Há necessidade de pesquisas para comprovar a carência destes elementos na população brasileira. Por lei, o I é adicionado ao sal de cozinha, medida que contornou a carência generalizada do elemento no Brasil. Entretanto, para o Se, conforme mencionado anteriormente, há fortes evidências da carência deste elemento na população brasileira. Alguns trabalhos de pesquisa com solos brasileiros reforçam as evidências anteriores, mostrando baixos teores de Se (Tabela 1). Em países como Finlândia, Nova Zelândia e Austrália, o Se é aplicado via fertilizantes. Vale ressaltar que em 1998 a empresa de fertilizantes Manah S.A. tentou lançar no Brasil um fertilizante contendo Se; entretanto, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento não liberou o registro do produto alegando não existirem pesquisas que indicassem a necessidade de um fertilizante contendo o elemento (Prof. Eurípedes Malavolta, comunicação pessoal).

Tabela 1. Teores totais de selênio em alguns solos do Brasil.

Local amostrado	Teor (mg kg ⁻¹)	Fonte
São Paulo	0,00 – 0,80	Paiva Neto e Gargantini (1956)
Goiás	0,001 – 0,008	Fichtner et al. (1990)
São Paulo	0,038 – 0,212*	Anno (2001)

* Teor em mg dm⁻³.

CONCLUSÃO

A produção de alimentos em quantidade e qualidade só será possível em um sistema de produção agrícola integrado, no qual o manejo da fertilidade do solo, a adubação e o melhoramento de plantas estejam baseados não somente nas exigências das culturas ou no aumento de produtividade, mas também no fornecimento adequado de nutrientes aos animais e ao homem. Para isso, é necessário o trabalho conjunto de profissionais de diversas áreas, principalmente agronomia, genética, biologia molecular, veterinária, nutrição e medicina.

AGRADECIMENTOS

Ao International Plant Nutrition Institute – IPNI Brasil, pelo incentivo na viagem Estados Unidos-Brasil para recebimento do diploma de Membro Afiliado da Academia Brasileira de Ciências, quinquênio 2007-2012. À FAPESP e à CAPESP, pelas bolsas de doutorado no Brasil e de estudo nos Estados Unidos, respectivamente. Ao Marcos Rodrigues de Faria, pesquisador da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, pelas sugestões na revisão do artigo. Ao Dr. Ross M. Welch (USDA-ARS), pelo fornecimento de material bibliográfico.

REFERÊNCIAS

ALLEN, L.; BENOIST, B.; DARY, O.; HURRELL, R. *Guidelines on food fortification with micronutrients*. Geneva: WHO/FAO, 2006. 341 p.

ALLOWAY, B. J. (Ed.). *Micronutrient deficiencies in global crop production*. New York: Springer, 2008. 353 p.

ANNO, R. M. Trabalho de conclusão do Curso de Graduação em Zootecnia. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, USP, Pirassununga, 2001. 30 p.

BASSINELLO, O. Z.; FONSECA, J. R.; PEREIRA, J. A.; CARVALHO, J. L. V.; NUTTI, M. R.; MORAIS, O. P.; NEVES, P. C. F. Identificação de germoplasma e desenvolvimento de arroz de terras altas com altos teores de ferro e zinco no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DOS COMPONENTES DOS PROGRAMAS DE BIOFORTIFICAÇÃO HARVESTPLUS E AGROSALUD NO BRASIL, 1., 2006, Rio de Janeiro. CD-ROM.

BOAVENTURA, G. T.; COZZOLINO, S. M. F. Selenium bioavailability in the regional urban diet of Mato Grosso, Brazil. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, v. 43, n. 4, p. 223-229, 1993.

BRESSANI, R. Micronutrient policies for agriculture in Latin America. *Food and Nutrition Bulletin*, v. 21, n. 4, p. 538-541, 2000.

COMBS JUNIOR, G. F. Selenium in global food systems. *British Journal of Nutrition*, v. 85, n. 5, p. 517-547, 2001.

DAILY, G.; DASGUPTA, P.; BOLIN, B.; CROSS, P.; GUERNY, J.; EHRLICH, P.; FOLKE, C.; JANSSON, A. M.; JANSSON, B.; KAUTSKY, N.; KINZING, A.; LEVIN, S.; MALER, K.; PINSTRUP-ANDERSEN, P.; SINISCALCO, D.; WALKER, B. Global food supply: food production, population growth, and the environment. *Science*, v. 281, n. 5.381, p. 1291-1292, 1998.

DIBB, D. W.; ROBERTS, T. L.; WELCH, R. M. From quantity to quality – the importance of fertilizers in human nutrition. In: INTERNATIONAL PLANT NUTRITION COLLOQUIUM, 15., 2005, Beijing. *Proceedings...* Beijing, 2005. p. 20-25.

FERREIRA, K. S.; GOMES, J. C.; BELLATO, C. R.; JORDÃO, C. P. Concentrações de selênio em alimentos consumidos no Brasil. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v. 11, n. 3, p. 172-177, 2002a.

FERREIRA, K. S.; GOMES, J. C.; REIS, C.; BELLATO, C. R. Concentrações de zinco em alimentos consumidos no Brasil. *Revista Ceres*, v. 49, n. 283, p. 309-319, 2002b.

FICHTNER, S. S.; PAULA, A. N.; JARDIN, E. C.; SILVA, E. C.; LOPES, H. O. S. Estudo da composição mineral de solos, forragens e tecido animal de bovinos do município de Rio Verde, Goiás. IV – cobre, molibdênio, selênio. *Anais das Escolas de Agronomia e Veterinária*, Goiânia, v. 20, n. 1, p. 1-6, 1990.

GARVIN, D. F.; WELCH, R. M.; FINLEY, J. W. Historical shifts in the seed mineral micronutrient concentrations of US hard red winter wheat germplasm. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 86, n. 13, p. 2.213-2.220, 2006.

GRAHAM, R. D.; WELCH, R. M.; BOUIS, H. E. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. *Advances in Agronomy*, v. 70, p. 77-142, 2001.

GRAHAM, R. D.; WELCH, R. M. Breeding for staple-food crops with high micronutrient density: long-term sustainable agricultural solutions to hidden hunger in developing countries. In: PROCEEDINGS OF THE AGRICULTURAL STRATEGIES FOR MICRONUTRIENTS, Washington, 1996, IFPRI. 73 p.

GRAHAM, R. D.; WELCH, R. M.; SAUNDERS, D. A.; ORTIZ-MONASTERIO, I.; BOUIS, H. E.; BONIERBALE, M.; HAAN, S.; BURGOS, G.; THIELE, G.; LIRIA, R.; MEISNER, C. A.; BEEBE, S. E.; POTTS, M. J.; KADIAN, M.; HOBBS, P. R.; GUPTA, R. K.; TWOMLOW, S. Nutritious subsistence food systems. *Advances in Agronomy*, v. 92, p. 1-74, 2007.

GREGORIO, G. B.; DHARMAWANSANA, S.; HTUT, H.; GRAHAM, R. D. Breeding for trace mineral density in rice. *Food and Nutrition Bulletin*, v. 21, n. 4, p. 382-386, 2000.

HARGROVE, T.; COFFMAN, W. R. Breeding history. *Rice Today*, v. 5, n. 4, p. 34-38, 2006.

HARVESTPLUS. *Desenvolvendo Produtos Agrícolas mais Nutritivos*. Washington: HarvestPlus, 2004. 4 p.

HOTZ, C.; BROWN, K. H. (Ed.). Assessment of the risk of zinc deficiency in populations. *Food and Nutrition Bulletin*, v. 25, n. 1, p. S130-S162, 2004. (Supplement, n. 2).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estimativas da população brasileira*. 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>

KABATA-PENDIAS, A.; MUKHERJEE, A. B. *Trace elements from soil to human*. Berlin: Springer, 2007. 576 p.

LUCCI, C. S.; MOXON, A. L.; ZANETTI, M. A.; FRANZOLIN NETO, R.; MARCOMINI, D. G. Selênio em bovinos leiteiros do Estado de São Paulo. II. Níveis de selênio nas forragens e concentrados. *Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo*, v. 21, n. 7, p. 71-76, 1984.

MAIHARA, V. A.; GONZAGA, I. B.; SILVA, V. L.; FAVARO, D. I. T.; VASCONCELLOS, M. B. A.; COZZOLINO, S. M. F. Dairy dietary selenium intake of selected Brazilian population groups. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 259, n. 3, p. 465-468, 2004.

MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Ed.). *Micronutrients in agriculture*. Madison: Soil Science Society of America, 1991. 760 p.

PAIVA NETO, J. E.; GARGANTINI, H. Dosagem de selênio no solo. *Bragantia*, v. 15, n. 1, p. 13-16, 1956.

SILVA, D. G.; FRANCESCHINI, S. C. C.; PRIORE, S. E.; RIBEIRO, S. M. R.; SZARFARC, S. C.; SOUZA, S. B.; ALMEIDA, L. P.; LIMA, N. M. M.; MAFFIA, U. C. C. Anemia ferropriva em crianças de 6 a 12 meses atendidas na rede pública de saúde do município de Viçosa, Minas Gerais. *Revista de Nutrição*, v. 15, n. 3, p. 301-308, 2002.

SINGH, K.; MORI, S.; WELCH, R. M. (Ed.). *Perspectives on the micronutrient nutrition of crops*. Jodhpur: Scientific Publishers, 2001. 295 p.

WELCH, R. M. Linkages between trace elements in food crops and human health. In: ALLOWAY, B. J. (Ed.). *Micronutrient deficiencies in global crop production*. New York: Springer, 2008. p. 287-309.

WELCH, R. M.; COMBS, G. F.; DUXBURY, J. M. Toward a “greener” revolution. *Issues in Science and Technology*, v. 14, n. 1, p. 50-58, 1997.

WELCH, R. M. Micronutrients, agriculture and nutrition: linkages for improved health and well being. In: SINGH, K.; MORI, S.; WELCH, R. M. (Ed.). *Perspectives on the micronutrient nutrition of crops*. Jodhpur: Scientific Publishers, 2001. p. 247-289.