

## Práticas agronômicas para aumentar o fornecimento de nutrientes e vitaminas nos produtos agrícolas alimentares

*Milton Ferreira Moraes<sup>1</sup>, Marília Regini Nutti<sup>2</sup>  
Edson Watanabe<sup>2</sup>, José Luiz Viana de Carvalho<sup>2</sup>*

**Resumo:** Há uma crescente demanda por produtos agrícolas de melhor qualidade nutricional; os principais esforços para combater as deficiências de micronutrientes nos países em desenvolvimento têm focado no fornecimento de suplementos vitamínicos e minerais através do processamento pós-colheita e no enriquecimento de alimentos com esses nutrientes. A introdução de cultivares biofortificadas - selecionadas para maiores teores de minerais e vitaminas - visam complementar as intervenções nutricionais existentes, oferecendo uma forma sustentável e de baixo custo para combater a desnutrição. No Brasil, o Programa Desafio em Biofortificação é coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e, atualmente, os principais produtos que estão sendo pesquisados são: mandioca, batata doce, arroz, feijão, milho, feijão, trigo e abóbora. Alguns genótipos de feijão avaliados apresentaram níveis de ferro e zinco 50% e 43% superiores aos dos cultivares convencionais, respectivamente. O arroz dourado é um exemplo da aplicação da biotecnologia visando reduzir a desnutrição. Sementes de arroz, após a inclusão de dois genes de narciso no

---

<sup>1</sup> Pós-Doutorando do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, CENA/USP. Av. Centenário, 303, Caixa Postal 96, CEP 13400-970, Piracicaba-SP. E-mail: moraesmf@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Pesquisadores da Embrapa Agroindústria de Alimentos. Av. das Américas, 29501, CEP 23020-470, Rio de Janeiro-RJ. E-mail: marília@ctaa.embrapa.br, edswat@ctaa.embrapa.br, jlvc@ctaa.embrapa.br

endosperma (parte comestível da semente), também passaram a sintetizar  $\beta$ -caroteno. O manejo da adubação é uma prática importante para aumentar a concentração de micronutrientes em produtos agrícolas, em complementação à adoção de cultivares selecionados para maiores teores de vitaminas e minerais. Agricultores e pesquisadores devem concentrar esforços para fornecer meios sustentáveis para aumentar a produção e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas para alimentação humana e animal.

**Palavras-chave:** biodisponibilidade, biofortificação, melhoramento genético de plantas, micronutrientes, qualidade de alimentos, saúde humana

## Agronomic practice for increasing the furnishment of nutrients and vitamins agricultural food products

**Abstract:** There is a growing demand for agricultural better-quality products and the main efforts to combat micronutrient deficiency in the developing world focus on providing vitamin and mineral supplements to the poor and on fortifying foods with these nutrients through postharvest processing. The introduction of biofortified crops - varieties bred for increased mineral and vitamin content - could complement existing nutrition interventions and provide a sustainable and low-cost way of combating malnutrition. In Brazil, the Challenge Program on Biofortification has been coordinated by the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa). The main food staples under research in Brazil are: cassava, sweet potato, rice, common beans, maize, cowpea, wheat and pumpkin. Some common beans genotypes evaluated showed iron and zinc levels 50% and 43% higher than the ones of conventional cultivars, respectively. The Golden Rice is an example of the biotechnology application targeting to reduce malnutrition. Rice seeds after the inclusion of two daffodil genes in the endosperm (the edible part of the seed) can also synthesize  $\beta$ -carotene. The Fertilizer management is an important practice to increase micronutrient concentration in plant food as a complementation with the adoption of cultivars selected for higher levels of vitamins and minerals. Farmers and researchers must focus efforts to provide sustainable ways to increase crop yields and improve the quality of agricultural products for human and animal consumption.

**Keywords:** bioavailability, biofortification, plant breeding, micronutrients, food quality, human health

## Introdução

Os produtos agrícolas (alimentos) são a fonte primária de nutrientes para a população e a demanda por alimentos cresce com o aumento da população mundial. Em 1800, havia um bilhão de habitantes no planeta terra. Atualmente, crescendo a uma taxa média de 1,37% ao ano, a população mundial é de 6,7 bilhões de habitantes. Para 2050, estima-se que a população mundial atinja 9,4 bilhões de pessoas. 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.

A revolução verde foi um importante marco no desenvolvimento da humanidade. A obtenção de variedades de porte baixo, melhoradas para responder ao fertilizante nitrogenado sem acamamento, foi um avanço da agricultura que possibilitou altas produções de cereais por área. Deste modo, conseguiu-se suprir a demanda por alimentos decorrente do crescimento populacional. Embora a produção de alimentos tenha acompanhado o crescimento populacional, os problemas de deficiência nutricional têm aumentado, afetando quase metade da população mundial, especialmente mulheres grávidas, adolescentes e crianças.

As deficiências ocasionadas pela falta de ferro (Fe), iodo (I), selênio (Se), zinco (Zn) e vitamina A 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 e 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 quantidade suficiente. Estima-se que haja de 0,5 a 1,0 bilhão de pessoas com provável carência de Se e, em relação ao I, tem sido levantado que 2 bilhões de pessoas no mundo estão ingerido quantidade insuficiente de iodo, ao passo que mais de 800 milhões de pessoas são consideradas deficientes em I (referências citadas em MORAES, 2008).

Dados da OMS sobre deficiência de micronutrientes têm mostrado que este não é um problema apenas dos países em desenvolvimento, mas também de países desenvolvidos. Dados da literatura indicam que, no Brasil, a ingestão de alguns minerais (entre eles, o Fe, I, Se e Zn) encontra-se abaixo do recomendado ou que os mesmos possuem baixa biodisponibilidade na dieta, havendo, portanto, necessidade de intervenção.

Dietas com escassez de Fe e Zn podem ocasionar anemia, redução da capacidade de trabalho, problemas no sistema imunológico, retardo no desenvolvimento e até a morte. A anemia ferropriva é, provavelmente, o mais importante problema nutricional no Brasil, com prevalências da ordem de 30 até 80% entre as crianças com menos de cinco anos de idade; ressalta-se que esta deficiência ocorre independentemente da classe social ou da distribuição geográfica.

Embora a deficiência de Zn não seja tão estudada como a de Fe, certamente, considerando que os alimentos fontes destes dois nutrientes são os mesmos, é de se esperar que também ocorra alta incidência da mesma. Pouco se conhece sobre a deficiência de Zn nos países em desenvolvimento; porém, sabe-se que, usualmente, fontes ricas em Fe biodisponível também são ricas em Zn biodisponível.

A vitamina A é essencial para o bom funcionamento dos olhos e do sistema imunológico do corpo humano. Estima-se que a deficiência desta vitamina tem efeito significativo na saúde de crianças em idade escolar em cerca de 80 países em todo o mundo. A deficiência de Vitamina A é um sério problema nos países em desenvolvimento, provocando cegueira em milhares de crianças. O aumento da ingestão de pró-vitamina A (beta-caroteno) é uma das formas preconizadas para combater essa deficiência.

Um aumento no suprimento de frutas e vegetais na alimentação humana deve ser incentivado por programas governamentais educacionais e de distribuição de renda, pois esses alimentos são ricos em vitaminas e minerais, podendo assim, reduzir significativamente os problemas de desnutrição da população.

## A suplementação, a fortificação e a biofortificação: medidas que se complementam

O trabalho que se realiza atualmente para combater a desnutrição nos países em desenvolvimento tem como enfoque o fornecimento de suplementos de vitaminas e minerais para mulheres grávidas e crianças pequenas, além da fortificação de alimentos com esses nutrientes por meio de processos pós-colheita. Muitos resultados já foram alcançados com esta estratégia. Em regiões com infra-estrutura adequada e que dispõem de mercados bem estabelecidos para a distribuição de alimentos processados como sal, açúcar e farinhas de cereais, a fortificação de alimentos pode melhorar enormemente o consumo de micronutrientes por parte das populações vulneráveis (Nutti et al., 2007).

No Brasil, medidas neste sentido foram iniciadas com a fortificação do sal de cozinha com iodo, a fluoretação da água de abastecimento em algumas regiões e, mais recentemente, com a obrigatoriedade da fortificação das farinhas de trigo e milho com Fe e ácido fólico, visando diminuir, respectivamente, os altos índices de anemia e de defeito do tubo neural.

Entretanto, há limites para a fortificação e o fornecimento de suplementos comerciais. É possível que alimentos fortificados não alcancem uma grande parte da população necessitada devido à insuficiente infra-estrutura de distribuição. Do mesmo modo, a suplementação depende de um sistema de saúde com infra-estrutura altamente funcional, raramente encontrada em países em desenvolvimento. Pesquisas recentes têm demonstrado que o melhoramento de plantas pode ajudar a melhorar a dieta humana, com o desenvolvimento de plantas com maiores teores de vitaminas e de micronutrientes (HarvestPlus, 2009).

Assim, considerando que novos enfoques são necessários para complementar as intervenções já em andamento, surge a proposta da "biofortificação" como um novo paradigma para a agricultura e uma ferramenta para melhorar a saúde humana.

A introdução de produtos agrícolas biofortificados - variedades melhoradas que apresentam maiores conteúdos de minerais e vitaminas - complementarás intervenções em nutrição existentes. Os custos relativamente baixos associados ao aumento do conteúdo de nutrientes

diretamente nos produtos agrícolas faz com que a biofortificação seja uma intervenção sustentável e potencialmente efetiva em termos de custo, o que constitui uma importante motivação para esta alternativa. Vários estudos documentam a efetividade do custo da biofortificação (Bouis, 1999). Os resultados refletem o fato de que é fundamentalmente mais barato aumentar o conteúdo de nutrientes no produto agrícola do que incorrer indefinidamente nos custos da fortificação.

Uma vez que o investimento é feito no desenvolvimento de variedades nutricionalmente melhoradas em instalações centralizadas de pesquisa, as sementes obtidas poderão ser adaptadas às condições de crescimento de inúmeros países.

Entretanto, o melhoramento de plantas por si só nem sempre é uma solução adequada por razões relacionadas às características da espécie da planta, tipo de nutriente ou de interações com o meio, principalmente com o solo. As melhores estratégias de biofortificação provavelmente envolverão técnicas de melhoramento e, quando necessário, de modificação genética. Pesquisadores também observaram que níveis mais elevados de nutrientes não estão necessariamente correlacionados a uma maior biodisponibilidade. Conseqüentemente, além de melhorar o conteúdo nutricional, a eliminação/redução de antinutrientes (fitatos e metais pesados tóxicos, ex. cádmio) ou aumento de compostos promotores (inulina e oligossacarídeos), pode promover aumentos na biodisponibilidade, constituindo outra estratégia para a biofortificação.

A biofortificação iniciou-se em 1993 quando Dr. Howarth E. Bouis, economista do Instituto Internacional de Pesquisa sobre Políticas Alimentares (IFPRI), apresentou a um grupo de melhoristas de plantas a idéia da seleção de genótipos visando não somente maior produção, mas também maiores teores de minerais e vitaminas na parte comestível. Embora alguns melhoristas tenham demonstrado interesse, de um modo geral a proposta foi recebida com muita desconfiança. A idéia somente foi levada a cabo quando o Dr. H.E. Bouis, em visita ao Plant, Soil and Nutrition Laboratory (USDA-ARS), conheceu o Dr. Ross M. Welch, pesquisador da área de nutrição mineral de plantas. O Dr. R.M. Welch e seu colega australiano, Robin D. Gharam, já vinham estudando plantas de trigo no intuito de mostrar que sementes com maior teor de zinco eram mais vigorosas e viáveis. Assim, a idéia prosseguiu, pois seria vantajoso aumentar o teor de minerais nas sementes, tendo benefícios tanto agrônômicos quanto nutricionais para alimentação humana.

As atividades de pesquisa em biofortificação estão divididas em dois macroprogramas, HarvestPlus (que conta com o apoio da Fundação Bill e Melinda Gates - BMGF, Banco Mundial, etc.) e AgroSalud (que conta com o apoio da Agência Canadense para o Desenvolvimento Internacional - CIDA). O programa AgroSalud está voltado para pesquisas em biofortificação na América Latina e no Caribe, trabalhando em parceria com o HarvestPlus.

No período de 2009-2013, o programa de biofortificação HarvestPlus estará desenvolvendo sua segunda fase de trabalhos, etapa de “desenvolvimento”, e envolverá, basicamente, a conclusão do melhoramento genético e o lançamento de uma primeira série de culturas biofortificadas (Tabela 1), bem como a conclusão dos testes de eficácia. A fase III do programa de biofortificação HarvestPlus (2014-2018) se concentrará na transferência dessas linhagens biofortificadas lançadas e testadas quanto ao seu valor nutricional.

Para o programa HarvestPlus, recursos na ordem de US\$45 milhões para 2009-2013 já foram aprovados pela BMGF. Espera-se agora que o Grupo Consultivo em Pesquisa Agrícola Internacional (CGIAR) e outros doadores contribuam com um mínimo de US\$6 milhões por ano. Recursos adicionais acima de US\$15 milhões anuais serão necessários para outras atividades do programa.

Tabela 1 – Cronograma de lançamento de produtos biofortificados

Cultura	Nutriente/vitamina	Países do 1º lançamento	Ano de lançamento*
Batata doce	Pró-vitamina A	Uganda, Moçambique	2007
Feijão	Ferro (zinco)	Ruanda, RD Congo	2010
Milheto	Ferro (zinco)	Índia	2011
Mandioca	Pró-vitamina A	Nigéria, RD Congo	2012
Arroz	Zinco (ferro)	Bangladesh, Índia	2012
Milho	Pró-vitamina A	Zâmbia	2013
Trigo	Zinco (ferro)	Índia, Paquistão	2014

\*Aprovado para lançamento pelo governo do país após 2 a 3 anos de testes.

O Programa de biofortificação AgroSalud, concebido para o período de 2005-2010, recebeu da CIDA recursos da ordem de US\$16 milhões para suas atividades na América Latina.

## Os programas de biofortificação em andamento no Brasil

A biofortificação iniciou-se no Brasil em 2004, com as atividades sendo coordenadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), na qual, no momento, estão sendo pesquisados: arroz, feijão, batata doce, mandioca, milho, feijão-caupi, trigo e abóbora.

Participam da Rede de Biofortificação várias unidades da Embrapa: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical (CNPMT), Embrapa Arroz e Feijão (CNPAP), Embrapa Meio-Norte (CPAMN), Embrapa Tabuleiros Costeiros (CPATC), Embrapa Hortaliças (CNPV), Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS) e Embrapa Trigo (CNPTE), sob a coordenação da Embrapa Agroindústria de Alimentos (CTAA), além de parceiros nacionais e internacionais, entre eles o Instituto Internacional de Pesquisa sobre Políticas Alimentares (IFPRI), o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), o Centro Internacional da Batata (CIP) e o Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT). As atividades de biofortificação no Brasil contam também com o apoio do Fundo de Pesquisa Embrapa-Monsanto, através do projeto BioFORT.

Estão sendo desenvolvidos os seguintes produtos: mandioca, batata doce e abóbora com maior teor de carotenóides; milho com mais lisina, triptofano e pró-vitamina A; arroz, feijão, trigo e feijão-caupi com teores mais elevados de ferro e zinco; e produtos extrusados e de panificação a partir de farinhas biofortificadas. Na Rede de Biofortificação, universidades brasileiras (UNICAMP, UNESP, UFRJ, UFRRJ) e algumas unidades da Embrapa realizam estudos que avaliam a retenção de nutrientes durante o processamento/cozimento.

Outras metas dos projetos de biofortificação incluem: avaliação do desempenho agrônomo (boa produtividade no campo, resistência a pragas e doenças) e da biodisponibilidade dos nutrientes, avaliação sensorial, investigação dos hábitos de consumo e condições sócio-econômicas do público alvo, além de testes antropométricos.

Foram selecionados, multiplicados e avaliados milhares de variedades de arroz, mandioca, feijão, milho e trigo dos bancos de

germoplasma da Embrapa e, também, introduzidos de outras instituições do exterior. Foram realizadas avaliações quanto aos teores de ferro, zinco, carotenóides totais e beta-caroteno. Variedades promissoras foram identificadas e estas serão trabalhadas pelos melhoristas, em atividades de melhoramento participativo, para o desenvolvimento de variedades biofortificadas. Até o momento, um substancial progresso foi alcançado quanto aos teores alvo de Fe, Zn e vitaminas nas seleções realizadas no Brasil (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 – Comparação entre teores comumente encontrados, teores obtidos em seleção e teores alvo de Fe e Zn nos grãos das culturas que compõem o programa de biofortificação no Brasil

Cultura	Teores comuns		Progresso obtido		Teores alvo	
	Zn	Fe	Zn	Fe	Zn	Fe
	$\text{mg kg}^{-1}$					
Arroz	17-18	2-3	25	5-6	30	8
Feijão	28	50	50	90	50	100
Feijão caupi	20	40	40	70	50	100
Trigo*	-	-	-	-	-	-
Milho*	-	-	-	-	-	-

\*Teores ainda não estabelecidos.

Tabela 3 – Comparação entre teores comumente encontrados, teores obtidos em seleção e teores alvo de vitaminas ( $\beta$ -caroteno/pró-vitamina A) nos grãos das culturas que compõem o programa de biofortificação no Brasil

Cultura	Teores comuns	Progresso obtido	Teores alvo
	$\mu\text{g g}^{-1}$		
Mandioca	1	12	15
Batata doce	2	150- 200	15
Abóbora*	-	-	-
Milho	2.0	8,4**	15

\*Teores ainda não estabelecidos; \*\*Somatória de todas as pró-vitaminas A.

O projeto prevê, ainda, a integração entre os países da América Latina e Caribe, África e Sudeste Asiático, com a expectativa que o Brasil possa desenvolver e transferir não só os cultivos biofortificados, mas também tecnologia pós-colheita para estes cultivos.

## Biotechnologia (o caso do Arroz Dourado)

O início do desenvolvimento do Arroz Dourado ("Golden Rice") ocorreu nos anos 90, sob o auspício da Fundação Rockefeller, com o objetivo de desenvolver uma variedade de arroz com alto teor de  $\beta$ -caroteno (precursor da vitamina A) em seu endosperma.

O Arroz Dourado foi o primeiro produto onde se buscou, através do uso da tecnologia do DNA recombinante, biofortificar um alimento. O conceito é simples; embora plantas de arroz normalmente não sintetizem  $\beta$ -caroteno no endosperma devido à ausência de duas enzimas, elas poderiam fazê-lo se inseridos dois genes que expressem essas enzimas, quando então a via se torna funcional e permitindo o grão de arroz acumular altas quantidades de  $\beta$ -caroteno. Arroz Dourado é o que se pode chamar de segunda geração de plantas desenvolvidas com a tecnologia do DNA recombinante.

Todas as plantas de coloração verde sintetizam carotenóides nas folhas e, freqüentemente, nas flores. Muitos dos carotenóides presentes em nossa dieta são provenientes das frutas e hortaliças amarelas. No grão de arroz, apenas dois passos do complexo caminho que leva à produção de carotenóides são interrompidos. No Arroz Dourado, esta lacuna foi reconstruída através de uma intervenção genética pela introdução de dois genes, um de origem bacteriana e outro proveniente de planta. O gene de bactéria é da *Erwinia uredovora*, que é uma enzima caroteno desaturase (CRTI) que catalisa a conversão do fitoeno em licopeno. O gene de origem botânica, é originário da planta narciso (*Narcissus*), sendo, porém, isolado do milho nas mais recentes construções; é uma fitoeno sintase (PSY), que catalisa a conversão do geranylgeranyl difosfato (GGDP) em fitoeno.

Estas duas inserções permitem que a biossíntese de carotenóides seja completada no endosperma do arroz, resultando, assim, no acúmulo preferencial do beta-caroteno (pró-vitamina A) no grão. No presente momento o Arroz Dourado contém 35  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno por grama. Ressalta-se que estudos para a quantificação da absorção no trato

gastrointestinal após consumo, indicam que 3,8 unidades do  $\beta$ -caroteno provenientes do Arroz Dourado são convertidas em uma unidade de vitamina A no organismo (Tang et al., 2009).

## Adubação e práticas culturais

Além da variação genotípica, muitos outros fatores podem influenciar na concentração final de micronutrientes e vitaminas nos produtos agrícolas, sendo eles: 1) características da planta, tais como idade, grau de maturação e adubação; 2) características do meio ambiente, como clima, solo, chuvas, estação do ano e 3) fatores de processamento, como tempo de armazenamento, temperatura, método de preservação e preparação dos alimentos.

O uso de fertilizantes visando aumentar os teores de micronutrientes na parte comestível dos produtos agrícolas foi denominado de "biofortificação agrônômica", que pode ser realizada por meio da adubação via solo, do tratamento de sementes ou pela aplicação foliar (Welch, 2008). Outras práticas de manejo como a aplicação de biofertilizantes (inoculação com fungos micorrízicos, tricodermas, etc), rotação de culturas e irrigação também podem ser adotadas visando aumentar o teor de minerais nos produtos agrícolas.

O Fe é um nutriente com forte regulação genética e as práticas de manejo apresentam pouca capacidade em aumentar sua concentração em grãos de cereais. Em solos calcários, o uso de rotação de culturas e cultivo intercalado com amendoim/milho foram sugeridos como medida para aumentar a nutrição em ferro para o amendoim. Os fitosideróforos liberados na rizosfera pelas raízes de milho aumentam a disponibilidade de micronutrientes como Fe e Zn.

Para o Zn, apesar da influência genotípica na sua acumulação em grãos, a adubação via solo ou foliar com este micronutriente tem apresentado resultados animadores, sendo possível selecionar plantas eficientes para maior acúmulo e também responsivas à adição desse importante micronutriente pela prática da adubação.

Pesquisa realizada no Brasil, avaliando a adubação com Zn em dois solos com texturas contrastantes e com teor natural de Zn classificado como média, demonstrou aumentos dos teores de Zn nos grãos de arroz de terras altas entre 50-80%, em comparação com o tratamento testemunha (Figura 1). O incremento nos teores de Zn nos grãos se traduziu em leve aumento nos teores de Fe (sinergismo).

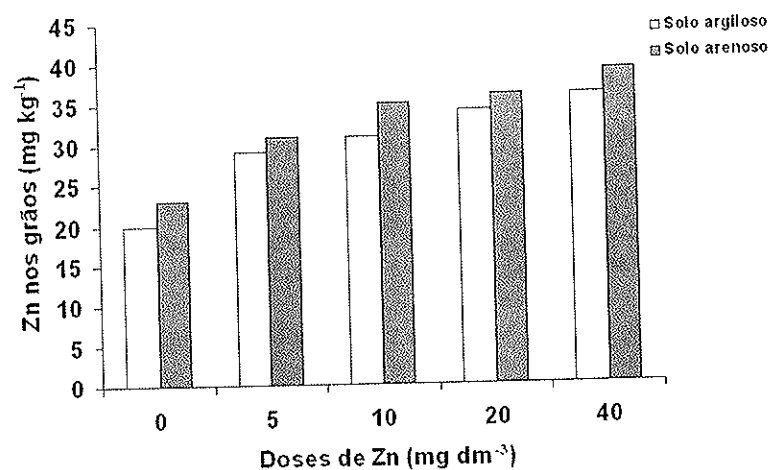


Figura 1 – Resposta do cultivar de arroz de terras altas BRSMG Conai à aplicação de zinco em dois tipos de solo com teores médios, cultivado em casa de vegetação.

Os elementos Se e I apresentam baixa regulação genética, sendo seus teores nos produtos agrícolas altamente dependentes das concentrações dos mesmos nos solos agrícolas. Os solos brasileiros são carentes em I e Se. O problema do bócio endêmico no Brasil, provocado pela deficiência de I nos alimentos, foi demonstrado em 1930 pelo Prof. Dr. José Baeta Vianna, catedrático de Química Fisiológica da Faculdade de Medicina da Universidade de Minas Gerais. Todavia, mesmo com a publicação dos trabalhos e apresentações de palestras defendendo a adição do I ao sal de cozinha, o médico não foi ouvido. Somente em 1956, quando seu ex-aluno Juscelino Kubitschek de Oliveira assumiu a Presidência da República, é que foi decretada a obrigatoriedade da adição do I ao sal de cozinha. A adição de I ao sal de cozinha contornou a carência generalizada do elemento no Brasil; todavia, já houve a constatação de casos de excesso de I, provocando hipotireoidismo.

Uma alternativa para o suprimento de I poderia ser via água de irrigação, visando aumentar o teor do elemento em produtos para alimentação humana e animal. Na China foi realizado um projeto piloto de aplicação de I na água de irrigação, sendo observado aumento dos

teores de I em todos os produtos agrícolas de origem vegetal e animal. Houve também um ganho de 30% na produtividade agropecuária.

Para o Se, embora haja fortes evidências da carência deste elemento na população brasileira, não foi até agora feita nenhuma intervenção. Alguns trabalhos de pesquisa com solos brasileiros reforçam as evidências quanto à deficiência de Se, mostrando que este micronutriente encontra-se em baixos teores (Moraes, 2008). De maneira geral, solos com teores totais de Se abaixo de  $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$  são considerados deficientes.

O Se é importante não apenas devido à atuação no sistema de defesa antioxidante, mas também pelo seu provável efeito na diminuição do risco de câncer, ainda sob avaliação. No Brasil, o conteúdo de Se nos alimentos varia em função do solo local e, neste sentido, os alimentos obtidos das regiões de São Paulo e Mato Grosso apresentam os menores teores deste elemento, enquanto aqueles provenientes do Ceará e do Amazonas apresentam valores mais elevados. Observa-se, ainda, que a deficiência de Se correlaciona-se com o estado nutricional do indivíduo em relação ao I, uma vez que para transformar T4 em T3 (forma ativa do hormônio da tireóide), há necessidade de uma deiodinase dependente de Se. A castanha-do-Brasil é o alimento mais rico em selênio, contendo, geralmente, teores entre  $16$  e  $30 \text{ mg kg}^{-1}$ . Entretanto, pode haver frutos comerciais de castanha-do-pará com baixos valores de Se, caso o solo do local cultivado for deficiente em selênio.

A deficiência de Se no solo pode ser corrigida pela por meio da adubação de plantio, adicionando-se de 5 a 15 g de Se por tonelada de fertilizante NPK ou pela adubação foliar ou aplicação na semente na dose de 10 g de Se/hectare. Exemplos bem sucedidos desta prática têm sido observados há mais de 20 anos em países como Finlândia, Austrália, Nova Zelândia, etc.

O correto manejo da adubação pode, além de garantir altos rendimentos, melhorar também a qualidade nutricional dos produtos agrícolas. Sabe-se que a adubação potássica equilibrada aumenta o teor de vitamina C e o N promove aumentos dos teores de carotenos. Por outro lado, adubações em excesso diminuem o teor desses compostos nas plantas. É importante destacar que, do ponto de vista de qualidade em relação ao conteúdo de nutrientes, até o momento, não existem argumentos suficientemente seguros que comprovem o manejo de adubação orgânica promova a obtenção de alimentos com maior qualidade nutricional.

## Pesquisas futuras e conclusões

As pesquisas futuras visando o aumento de micronutrientes e vitaminas em produtos agrícolas devem continuar a concentrar esforços em estratégias de melhoramento vegetal (convencional e biotecnológica) e, também, em novas alternativas como: 1) adição de micronutrientes (essenciais para plantas e/ou humanos) aos fertilizantes; 2) incentivo para adoção de sistemas alimentares alternativos, com culturas ricas em determinados nutrientes inexistentes nas dietas daquele determinado local; 3) adoção de uma abordagem simultânea nos programas de seleção de plantas, passando a observar vários minerais e compostos, como: Se, Cu, ácido fólico, inulina, I, Mo e Co, além do Fe, do Zn e da pró-vitamina A.

Em conclusão, sugere-se que, para a produção de alimentos em quantidade e qualidade, será necessária a adoção de sistemas integrados de produção agrícola, no quais o manejo da fertilidade do solo, 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.

## Literatura citada

- BOUIS, H.E. Economics of enhanced micronutrient density in food staples. *Field Crops Research*, v.60, p.165-173, 1999.
- HarvestPlus. **Breeding crops for better nutrition**. Washington: CGIAR, 2009. 4p. In: <http://www.harvestplus.org> (acessado em 28 de agosto de 2009).
- MORAES, M.F. Relação entre nutrição de plantas, qualidade de produtos agrícolas e saúde humana. *Informações Agronômicas*, n.123, p.21-23, 2009.
- NUTTI, M.R.; WATANABE, E.; CARVALHO, J.L.V. et al. Biofortification in Brazil: the HarvestPlus Challenge Programme. In: SERAGELDIN, I.; MASSOD, E. (Eds.) **Changing Lives - BioVision Alexandria 2006**. Alexandria: Bibliotheca Alexandrina, 2007. p.289-296.
- TANG, G.; QIN, J.; DOLNIKOWSKI, G.G. et al. Golden Rice is an effective source of vitamin A. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.89, p.1776-83, 2009.
- 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.



© 2009 by Rogério de Paula Lana, Antônio Bento Mâncio, Geicimara Guimarães e Maria Regina de Miranda Souza

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida sem a autorização escrita e prévia dos detentores do *copyright*.

Impresso no Brasil

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa

S612a 2009	<p>Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável (1 : 2009 : Viçosa, MG). Anais [do] I Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável / Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável. 02 e 03 de outubro de 2009, Viçosa, MG; Editores Rogério de Paula Lana ... [et al.] -- Viçosa, MG, 2009. 326p.: il.; 23cm.</p> <p><i>Tema do congresso : Agricultura, pecuária e Cooperativismo</i> Inclui bibliografia. ISSN 2176-0470</p> <p>I. Agropecuária - Congressos. 2. Desenvolvimento Sustentável. I. Lana, Rogério de Paula, 1965-. II. Mâncio, Antônio Bento, 1948-. III. Título. IV. Título: I Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável. V. Título: I SIMBRAS-AS. VI. Título: Agricultura, pecuária e cooperativismo.</p> <p>CDD 22.ed. 630</p>
---------------	---

Capa: José Roberto da Silva Lana

Diagramação: José Roberto da Silva Lana

Impressão: Divisão Gráfica Universitária da UFV

# I SIMBRAS-AS

*I Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável*

**Agricultura, Pecuária e Cooperativismo**

## ANAIS

**Editores**

Rogério de Paula Lana

Antônio Bento Mâncio

Geicimara Guimarães

Maria Regina de Miranda Souza

02 e 03 de outubro de 2009

**Viçosa – MG – Brasil**