

MISSÃO Promover o uso apropriado de P e K nos sistemas de produção agrícola através da geração e divulgação de informações científicas que sejam agronomicamente corretas, economicamente lucrativas, ecologicamente responsáveis e socialmente desejáveis.



DA QUANTIDADE PARA A QUALIDADE – A IMPORTÂNCIA DOS FERTILIZANTES NA NUTRIÇÃO HUMANA¹

David W. Dobb²
Terry L. Roberts²
Ross M. Welch³

A FOME NO MUNDO E A DEMANDA AGRÍCOLA

A subnutrição crônica está difundida por todo o mundo em desenvolvimento e é a expressão do problema mundial da fome. De acordo com a ONU, 852 milhões de pessoas, ou seja, cerca de 13% da população mundial, estavam subnutridas em 2000-2002 – 96% das quais se encontravam em países em desenvolvimento (FAO, 2004). Embora o número de pessoas subnutridas nos países em desenvolvimento tenha diminuído em cerca de 9 milhões desde 1990-1992, a Conferência de Cúpula World Food de 1996 estabeleceu o objetivo de reduzir pela metade o número de pessoas famintas entre 1990 e 2015.

Além do desafio de reduzir a fome, estima-se que a população mundial crescerá em 28% nos próximos 25 anos, do nível atual de 6,5 bilhões para 8,3 bilhões e, com este crescimento, haverá maior demanda por produtos agrícolas. A Tabela 1 resume as projeções populacionais e outros indicadores da demanda agrícola antecipada.

Tem havido esforços para que a produção de cereais se mantenha equiparada ao aumento linear em sua utilização e, embora regularmente apresente flutuações, tem aumentado gradualmente. Pela primeira vez em quase uma década, está previsto que a produção de cereais em 2004-05 excederá sua utilização em quase 2% (Figura 1).

A produção mundial de cereais está intimamente relacionada com o consumo de fertilizantes (Figura 2). O consumo de ferti-

Veja também neste número:

Dessecação: alternativas de manejo	7
Nutrição Mineral de Plantas - Resenha	10
Dinâmica da calagem superficial em Latossolo ...	14
Herbert Arnold Bartz – pai do plantio direto	16
Colhendo saúde – o futuro da agricultura	20
Encarte: Cultura da cana-de-açúcar: recuperação e manutenção da fertilidade do solo	

lizantes cresceu cerca de 12% nos últimos cinco anos, enquanto o crescimento da produção de cereais foi de aproximadamente 11% no mesmo período. A produção de cereais e a demanda por fertilizantes são impulsionadas por condições climáticas favoráveis, preços mais altos de *commodities* e outros fatores econômicos e políticos.

Os aumentos atuais e futuros na produção de cereais não seriam possíveis sem os fertilizantes comerciais. Em uma revisão recente sobre estudos de longa duração nos Estados Unidos, na Inglaterra e na América Latina, Stewart et al. (2005) relataram que pelo menos 30% a 50% da produção das culturas é atribuível à utilização de nutrientes oriundos de fertilizantes comerciais. A revi-

¹ Palestra apresentada no International Symposium on Information Technology in Soil Fertility and Fertilizer Management, Satellite Symposium no 15º International Plant Nutrition Colloquium, em Pequim, República Popular da China, em 14-15 de setembro, 2005.

² Potash & Phosphate Institute, 655 Engineering Drive, Suite 110, Norcross, GA, 30092 EUA.

³ U.S. Plant, Soil and Nutrition Laboratory, USDA-ARS, Tower Road, Ithaca, NY, 14853 EUA.

Tabela 1. Indicadores da demanda agrícola.

Indicador	Ano			
	1979-81	1997-99	2015	2030
População (bilhões de pessoas)	4,43	5,90	7,21	8,27
Crescimento populacional (% por ano)	1,6	1,5	1,2	0,9
Consumo de calorias (kcal pessoa ⁻¹ dia ⁻¹)	2.552	2.803	2.940	3.050
Produção de cereais (milhões t)	1.442	1.889	2.387	2.838
Produção de carne (milhões t)	132	218	300	376
Produção de óleos vegetais e sementes de oleaginosas (milhões t)	50	104	157	217
Subnutrição (milhões de pessoas)	816 ¹	777	610	443

¹ Linha de base estabelecida pela Conferência de Cúpula World Food de 1990-92.

Fonte: FAO (2002).

são incluiu 362 safras de produção de culturas e mostrou que a porcentagem média da produção atribuível a fertilizantes variou de 40% a 60% nos Estados Unidos e na Inglaterra e foi muito maior nos trópicos. A Figura 3 compara a porcentagem média da contribuição dos fertilizantes (e calcário) para a produção das culturas nas regiões temperada e tropical revisada por Stewart et al. (2005).

Os fertilizantes contribuem de forma expressiva para a produção de alimentos e continuarão a fazê-lo no futuro, à medida que aumenta a demanda por produção das culturas. A adubação adequada também pode melhorar a qualidade e a nutrição das culturas e ter efeito na nutrição humana.

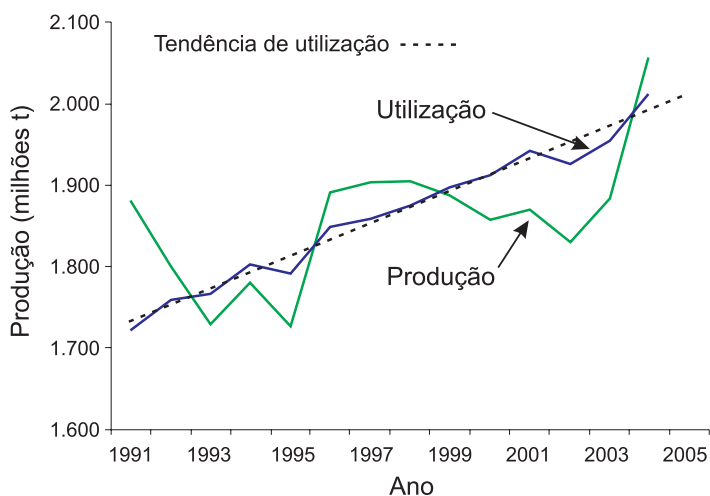


Figura 1. Produção mundial de cereais e sua utilização.

Fonte: FAO (2005).

NUTRIÇÃO HUMANA, QUALIDADE DAS CULTURAS E ADUBAÇÃO

A má nutrição em termos de micronutrientes aflige mais de 3 bilhões de pessoas no mundo todo (WELCH; GRAHAM, 2004). Ela é causada por dietas de baixa qualidade que são ricas em alimentos básicos (isto é, cereais tais como trigo, milho e arroz), porém são pobres em variedade de alimentos (isto é, frutas, legumes, verduras, produtos animais e de peixe), que são fontes mais ricas de minerais e vitaminas biodisponíveis. Pelo menos 50 nutrientes são necessários na dieta humana para sustentar a vida – água, carboidratos, proteínas, gorduras, minerais (macro e micronutrientes) e vitaminas (Tabela 2). Tanto as vit

aminas quanto os micronutrientes são considerados essenciais para a nutrição humana.

A má nutrição em termos de micronutrientes, em países em desenvolvimento, ceifa a vida de mais de 5 milhões de crianças a cada ano, custando aos lares mais de 220 milhões de anos de vida produtiva e bilhões de dólares em produtividade perdida (FAO, 2004). Mesmo deficiências leves de micronutrientes aumentam bastante o risco de morte e de doenças severas. As deficiências de ferro (Fe), iodo (I), vitamina A e zinco (Zn) são atualmente as deficiências de microelementos que causam maior preocupação em relação à saúde no mundo em desenvolvimento.

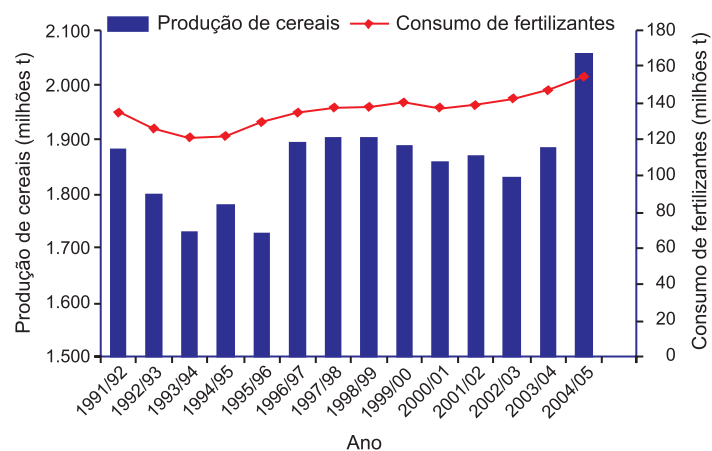


Figura 2. Produção mundial de cereais versus consumo de fertilizantes (N + P₂O₅ + K₂O).

Fonte: FAOSTAT (2005); IFA Statistics (2005); HEFFER (2005).

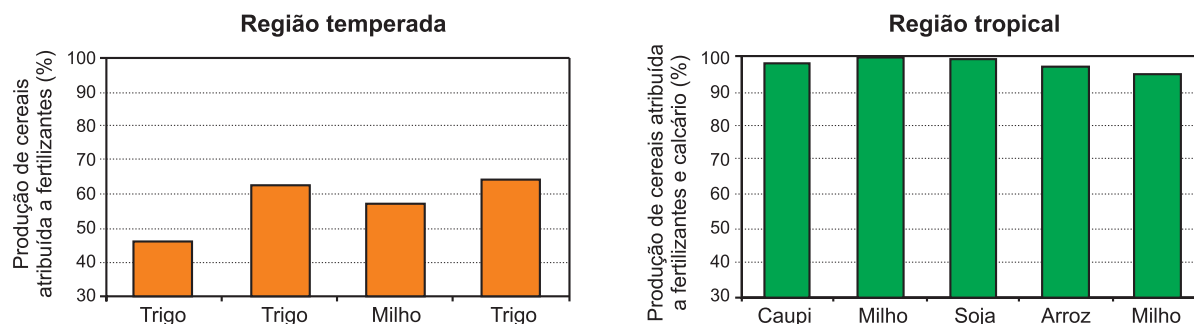


Figure 3. Contribuição média dos fertilizantes NPK e do calcário (região tropical) para a produção das culturas de acordo com estudos de longa duração em regiões temperadas (Estados Unidos e Inglaterra) e em regiões tropicais (Brasil e Peru).

Fonte: Adaptada de STEWART et al. (2005).

Tabela 2. Nutrientes conhecidos e que são essenciais para sustentar a vida.

Água e energia	Proteínas (aminoácidos)	Lipídeos (ácidos graxos)	Macro-elementos	Micro-elementos	Vitaminas
Água	Fenilalanina	Ácido linoléico	Na	Fe ¹	A ¹
Carboidratos	Histidina	Ácido linolênico	K	Zn ¹	D
	Isoleucina		Ca	Cu	E
	Leucina		Mg	Mn	K
	Lisina		S	I ¹	C (ácido ascórbico)
	Metionina		P	F	B1 (tiamina)
	Treonina		Cl	B	B2 (riboflavina)
	Triptofano			Se	B3 (niacina)
	Valina			Mo	B5 (ácido pantotênico)
				Ni	B6 (piridoxina)
				Cr	B7 (biotina)
				Si	B9 (ácido fólico)
				As	B12 (cobalamina)
				Li	
				Sn	
				V	
				Co (na vitamina B12)	

¹ Nutrientes essenciais para humanos causadores das maiores preocupações com a saúde.

Fonte: WELCH e GRAHAM (2004).

A deficiência de Fe é a desordem nutricional mais comum no mundo. A Organização Mundial da Saúde estima que 4 a 5 bilhões de pessoas possam ter deficiência de Fe e aproximadamente 2 bilhões de pessoas são anêmicas em decorrência da deficiência deste nutriente (WHO, 2004). A deficiência de I afeta mais de 740 milhões de pessoas e é a principal causa nutricional de danos cerebrais no mundo. A deficiência de vitamina A é a principal causa de cegueira que poderia ser prevenida em crianças; entre 100 e 140 milhões de crianças apresentam esta deficiência. A deficiência de vitamina A aumenta o risco de contrair severas infecções e de morte causada por elas, causa cegueira noturna em gestantes e pode aumentar o risco de mortalidade materna. O crescimento infantil prejudicado é o indicador mais claro de deficiência de Zn. A prevalência da deficiência de Zn em humanos não está disponível, pois métodos simples e de baixo custo para esta análise não são disponíveis; porém, em um relatório recente, Hotz e Brown (2004) sugeriram que um quinto da população mundial pode não estar ingerindo Zn suficiente em sua dieta, e estimam que um terço da população mundial vive em países considerados de alto risco para a deficiência deste nutriente. Os alimentos são a chave para a solução de problemas de desordens nutricionais de maneira sustentável e a adubação pode influenciar diretamente o teor de Fe e de Zn dos alimentos e afetar indiretamente o teor de vitamina A.

Dos 50 componentes nutricionais que são requeridos para satisfazer as necessidades metabólicas dos humanos (Tabela 2), somente água, potássio (K), fósforo (P), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), Fe, manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn) são considerados essenciais para todas as plantas. O cobalto (Co) é essencial para a fixação de nitrogênio (N) em leguminosas e é um componente essencial da vitamina essencial cobalamina, a qual somente é sintetizada por determinadas bactérias. A deficiência de cobalamina (isto é, a anemia perniciosa) em humanos é conhecida como um problema significativo em certas regiões do mundo, incluindo o subcontinente da Índia, o México, a América Central, a América do Sul, e entre os vegetarianos da Ásia (STABLER; ALLEN, 2004). As plantas utilizam N e esses elementos minerais para sintetizar os componentes nutricionais essenciais (proteínas e vitaminas) dos alimentos que

os humanos consomem. A adubação com esses 14 nutrientes essenciais pode não só aumentar as produções das culturas, como também melhorar a qualidade da nutrição de plantas e animais.

A relação entre adubação com N, produção da cultura e proteínas é largamente reconhecida. Os resultados mostrados na Figura 4 para trigo são típicos do que deve ser observado quando fertilizantes nitrogenados são aplicados a solos responsivos. A concentração de proteína no trigo continua a aumentar com o aumento da quantidade de N aplicada além daquela necessária para obter a máxima produtividade. Quando o N disponível é limitado (isto é, na parte mais baixa da curva de produção), como geralmente é o caso em países em desenvolvimento, a aplicação de quantidades pequenas, porém inadequadas, de N frequentemente resulta em um declínio de proteína no grão. É preciso aplicar quantidades suficientes de N para satisfazer as necessidades de produção da planta antes que aumentos significativos em proteína possam ser esperados.

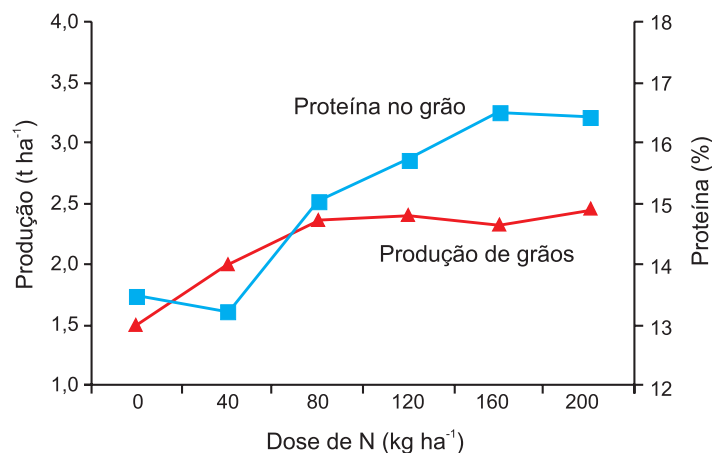


Figura 4. A produção de grãos de trigo e de proteína respondem à adubação com nitrogênio no oeste do Canadá.

Fonte: GRANT et al. (2001).

A qualidade e a composição em aminoácidos da proteína também são afetadas pela adubação nitrogenada e, como o S é um componente estrutural de três aminoácidos (metionina, cistina e

cisteína), também tem efeito sobre a qualidade da proteína (RENDIG, 1984; GRUNES; ALLAWAY, 1985). A adubação nitrogenada aumenta a concentração de alguns aminoácidos não-essenciais e diminui a de outros essenciais; todavia, com base no peso de grãos, o teor de aminoácidos geralmente aumenta com o aumento da quantidade de N aplicada. A nutrição mineral usualmente tem mais efeito sobre os aminoácidos livres na fração não-proteica. O emprego de N em solos deficientes promove o crescimento das plantas com maior teor total de proteína, resultando em mais proteína produzida por hectare. Embora a genética controle mais a qualidade nutricional da proteína do que a adubação com N, o manejo da adubação pode influenciar a combinação de aminoácidos da proteína e, assim, a utilização de proteínas pelo consumidor.

A IMPORTÂNCIA DO EQUILÍBRIO NUTRICIONAL

Alguns dos impactos de N, P e K sobre a qualidade dos vegetais foram revisados por Salunkhe e Desai (1988). Esses autores citam pesquisas que mostram que aplicações generosas de N tendem a diminuir o teor de vitamina C em vegetais (espinafre, beterraba, couve e couve-de-bruxelas), enquanto aplicações de K tendem a aumentar o teor desta vitamina (Figura 5). Observou-se que a adubação nitrogenada afeta positivamente os níveis de caroteno em cenoura e espinafre, mas aplicações pesadas de N podem afetar negativamente a qualidade dos vegetais em decorrência do acúmulo de nitrato, que é potencialmente danoso.

Outros impactos nutricionais citados por Salunkhe e Desai (1988) sugerem que a adubação com P pode aumentar o teor de açúcares em tomate e melhorar a cor da beterraba, enquanto a deficiência deste nutriente leva a má granação de espigas de milho verde. A acidez em tomate e o teor de sólidos e de amido em batata são correlacionados positivamente com a adubação potássica. Perkins-Veazie e Roberts (2002) documentaram outros efeitos do K sobre a composição e a qualidade de morango, uva, pomelo, pistache, melancia e tomate. Geralmente, o K parece afetar a acidez, o pH e o teor de carotenóides. O acréscimo de K usualmente diminui o pH das frutas, aumentando sua acidez. Em tomate, o aumento de K melhora a cor da polpa e aumenta o teor de licopeno. O licopeno é o carotenóide que confere a cor vermelha ao tomate e à melancia. Os nutrientes N, P e K interagem para aumentar as produções das culturas e a absorção de nutrientes, deste modo melhorando a qualidade das culturas. Os efeitos benéficos adicionais de P e K sobre a qualidade das culturas são revisados no periódico *Better Crops with Plant Food*, nos artigos *The influence...* (1998) e *Phosphorus...* (1999).

Geralmente, a adubação com micronutrientes apresenta pequeno efeito sobre o acúmulo de micronutrientes nas partes comestíveis das plantas, com exceção de Zn, Ni, I e selênio (Se), os quais não se encontram prontamente disponíveis em fertilizantes comerciais.

A deficiência de Zn é comum em plantas, especialmente em cereais. Cerca da metade das áreas mundiais nas quais são cultivados cereais são deficientes em Zn disponível para as plantas (GRAHAM; WELCH, 1996). Arroz e trigo, fontes predominantes de energia e de minerais para a maioria da população mundial, são particularmente sensíveis à deficiência de Zn. O cultivo dessas culturas em solos deficientes em Zn limita tanto sua produção quanto sua qualidade nutricional. Experimentos de campo extensivos na década de 90, sobre a deficiência generalizada de Zn em solos da Turquia, demonstraram a efetividade da adubação para corrigir o problema de deficiência deste nutriente que afeta todo o país (CAKMAK, 2005).

A Anatólia Central, a região mais seca da Turquia, cobre 50% da área produtora de trigo daquele país (4,5 milhões ha) e foi relatada pela FAO como tendo alguns dos solos com as mais severas deficiências de Zn do mundo. Experimentos de campo e pesquisas com amostragens de solos e de plantas confirmaram a existência de deficiência generalizada de Zn. A adubação com este nutriente propiciou aumentos expressivos de produção e, em certas áreas onde a produção de trigo não era economicamente viável e as produções eram extremamente baixas (0,25 t ha⁻¹), a aplicação de Zn aumentou a produção em até 600% (Tabela 3).

As aplicações de Zn no solo e nas folhas e o tratamento de sementes com este nutriente aumentaram efetivamente a produção de grãos e, igualmente importante, aumentaram a concentração de Zn nos grãos em até três vezes (Figura 6). A maioria da população da Turquia conta com o trigo como sua fonte primária de alimento. Na média, 45% da ingestão calórica diária naquele país é proveniente deste cereal, o que torna crucial o fato de haver níveis adequados de Zn no grão. Esse projeto é um dos primeiros exemplos no mundo no qual a adubação foi utilizada especificamente para intervir em um severo problema de saúde humana.

INTERAÇÕES DOS NUTRIENTES

As interações entre os nutrientes fornecidos pelos fertilizantes, o pH do solo e as condições adversas do solo, tais como excesso de água ou compactação, afetam o teor de nutrientes das partes comestíveis das plantas. Nos solos pobres em nutrientes, típicos dos países em desenvolvimento, a produção das culturas é

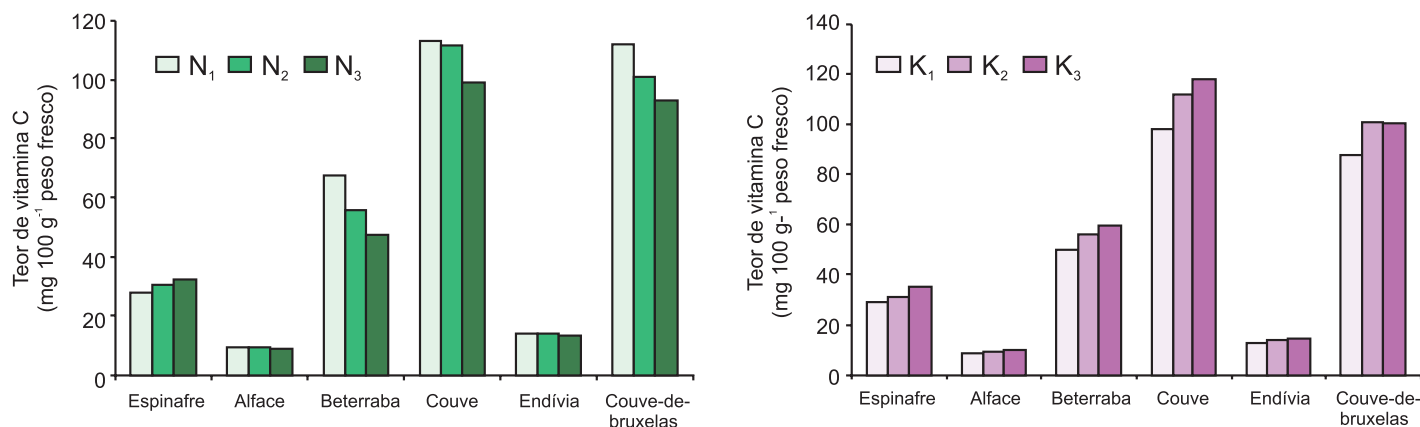


Figura 5. A adubação com nitrogênio e potássio afeta o teor de vitamina C em vários vegetais.

Fonte: Adaptada de SALUNKHE e DESAI (1988).

Tabela 3. Efeito da aplicação de zinco sobre a produção de grãos de trigo em diferentes locais, com níveis variáveis deste nutriente em testes de solo na Anatólia Central.

Local	Zn no solo (mg kg ⁻¹)	Produção de grãos		
		- Zn	+ Zn	Aumento
		--- (t ha ⁻¹)	---	(%)
Konya (centro)	0,13	2,8	5,9	111
Konya (Komaki)	0,11	0,2	1,4	600
Eskisehir	0,15	2,5	3,3	32
Sarayonu (Cesmelisebil)	0,25	1,1	2,3	109
Sarayonu (Gozlu)	0,38	1,1	1,5	36
Cumra	0,64	5,4	5,6	4
Média	0,28	2,2	3,3	53

Fonte: CAKMAK et al. (1996).

geralmente limitada primeiramente por aqueles nutrientes requeridos em maiores quantidades, isto é, N, P e/ou K. Quando esses macronutrientes são limitantes, sua aplicação causará aumento do crescimento radicular e, freqüentemente, resultará em aumento da absorção de micronutrientes. Entretanto, pH alto, excesso de calcário ou excesso de P podem afetar negativamente a absorção de Zn e Fe (MARSCHNER, 1995).

A absorção de Zn pelas raízes das plantas é especialmente sensível a mudanças no pH do solo da rizosfera. O aumento do pH do solo diminui a absorção de Zn e pode induzir a deficiência deste nutriente nas plantas, embora as espécies possam variar em sua resposta ao pH do solo (LONERAGAN; WEBB, 1993). As interações entre P e Zn são bem conhecidas e complexas, pois a aplicação de P pode induzir a deficiência de Zn, não ter nenhum efeito ou aumentar a absorção de Zn. A causa mais comum de diminuição da absorção de Zn do solo é a supressão da infecção por micorrizas vesículo-arbusculares causada por adubação com P. A aplicação de N também pode aumentar a deficiência de Zn ou ajudar a diminuí-la. A interação mais comum é a do N promovendo crescimento radicular e da planta e, em menor escala, diminuindo o pH do solo na zona radicular, ambos os efeitos aumentando a absorção de Zn. Outros micronutrientes também interagem com o Zn e, sob algumas circunstâncias, podem inibir sua absorção.

O ácido fítico (ou fitato), uma forma orgânica de P encontrada em sementes de plantas superiores, também interage com elementos-traço metais (BRUULSEMA, 2002b). Por exemplo, o ácido fítico abrange cerca de 70% do P total em sementes de soja. Quando as plantas de soja crescem em solos enriquecidos com P, o P das

sementes é acumulado principalmente na forma de fitato. O ácido fítico geralmente diminui a biodisponibilidade de Zn e Fe em alimentos vegetais básicos. É um dos vários antinutrientes conhecidos por estarem presentes em altos níveis em muitos alimentos básicos (GRAHAM et al., 2001). O ácido fítico forma precipitados insolúveis com vários cátions minerais polivalentes, tais como Zn, Fe e Ca, diminuindo a absorção deles em humanos.

ALIMENTOS FUNCIONAIS E NUTRIENTES PROVENIENTES DE FERTILIZANTES

A literatura contém evidências substanciais do impacto positivo dos fertilizantes comerciais sobre o suprimento dos nutrientes que são essenciais para sustentar a vida humana. A indústria de fertilizantes tem um papel-chave a desempenhar para aliviar a fome e as desordens nutricionais que existem em grande parte do mundo em desenvolvimento. Embora a má nutrição não afete diretamente a maior parte do mundo desenvolvido, as pessoas estão conscientes sobre a qualidade dos alimentos e sua contribuição para a saúde humana. Os consumidores estão se tornando cada vez mais interessados em alimentos funcionais e nutracêuticos. Os alimentos funcionais são definidos como aqueles que contêm ingredientes bioativos (por exemplo, o licopeno em tomate ou as isoflavonas em soja), os quais são tidos como intensificadores da saúde e da boa forma física (BRUULSEMA, 2002b). Os ingredientes em alimentos funcionais estão associados com a prevenção e o tratamento de câncer, diabetes, hipertensão, doenças cardíacas e outras afecções. Também denominados nutracêuticos, eles podem ser extraídos e consumidos como suplementos ou podem ter valor terapêutico quando consumidos nos próprios alimentos. A genética de plantas controla intensamente os componentes dos alimentos funcionais, mas outros fatores, tais como o clima, as práticas culturais e o manejo dos nutrientes, também podem ter impacto.

O impacto da nutrição mineral de plantas sobre os componentes dos alimentos funcionais foi recentemente revisado em um simpósio especial da American Society of Agronomy (BRUULSEMA, 2002a). A seguir são comentados alguns exemplos de interação de nutrientes de plantas e fitoquímicos.

O licopeno não é essencial para os humanos ou para os animais, mas pesquisas mostraram que ele é benéfico. É uma substância da família dos carotenóides que confere a cor vermelha a tomate, melancia e pomelo e apresenta propriedades antioxidantes (isto é, neutraliza os radicais livres que podem causar danos às células humanas). Um estudo antigo já demonstrava que o teor total de carotenóides em tomate geralmente aumentava com o aumento das

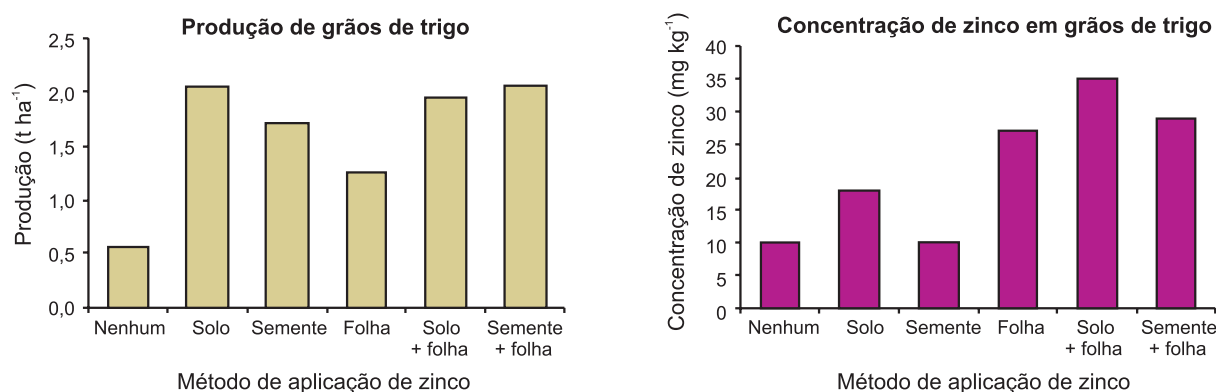


Figura 6. Efeito de diferentes métodos de aplicação de zinco sobre a produção de trigo e a concentração de zinco nos grãos em Anatólia Central, Turquia. Fonte: YILMAZ et al. (1997).

quantidades de K na solução nutritiva (TRUDEL; OZBUN, 1971). As análises de frutas mostraram que o teor de licopeno aumentou significativamente com o aumento de K, chegando a 56%. Os autores concluíram que o licopeno é o pigmento mais sensível à deficiência de K e que, como o K é um co-fator essencial para a síntese de proteínas, sua deficiência poderia levar a taxas reduzidas das reações enzimáticas envolvidas na síntese de carotenóides e seus precursores. Um estudo ainda em andamento no Texas mostrou que os teores de carotenóides (licopeno e betacaroteno) e de vitamina C em pomelo podem ser aumentados por adubação foliar com KNO₃ (B. Patil, dados não publicados, PPI/FAR Research Database, TX-45F). Também já foi demonstrado que a adubação com NPK aumenta o teor de licopeno e de sólidos solúveis (doçura) em melancia em outro estudo em andamento em Oklahoma (Perkins-Veazie e Roberts, dados não publicados, PPI/FAR Research Database, OK-07F).

Além de fornecer uma fonte protéica de alta qualidade, acredita-se que a soja ajude na prevenção de câncer, doenças cardiovasculares, osteoporose e que ajude a reduzir os sintomas da menopausa (BRUULSEMA, 2002b). A soja contém várias classes de anticarcinogênicos, incluindo isoflavonas, genisteína e daidzeína, e é a única fonte dietética significativa desses compostos. Também tem sido creditado às isoflavonas da soja o efeito de baixar o colesterol e a redução na frequência e na intensidade das “ondas de calor” em mulheres na menopausa. Uma pesquisa em Ontário, no Canadá, demonstrou que fertilizantes contendo K podem influenciar o teor de isoflavonas em soja (Tabela 4). O K aplicado aumentou o teor de isoflavonas em 13% em média em dois locais e em três anos do estudo. Os dois locais diferiam nos níveis de K no solo, sendo um muito baixo e outro alto, mas ambos foram semelhantes na resposta à adubação com K em termos de produção. Em locais onde a soja não respondeu à aplicação de K, os níveis de isoflavonas não diferiram, sugerindo que a deficiência de K reduz os níveis de isoflavonas em soja.

Tabela 4. A adubação potássica aumenta a concentração de isoflavonas em sementes de soja em Ontário, Canadá; média de dois locais e três anos.

Aplicação de K	Isoflavonas			
	Genisteína	Daidzeína	Gliciteína	Total ¹
	----- (ppm) -----			
No sulco na primavera	938	967	146	2.051
Nenhuma	831	854	130	1.815
Aumento devido ao K (%)	13	13	12	13

¹ A concentração total de isoflavonas é expressa como aglicona, a soma dos três componentes (ppm).

Fonte: BRUULSEMA (2002b).

CONCLUSÃO

A aplicação equilibrada e apropriada de fertilizantes comerciais é fator decisivo para a produção de alimentos no mundo e sua importância continuará a aumentar à medida que a demanda por alimentos aumentar com o concomitante aumento de demanda por melhoria da fertilidade do solo. A adubação adequada também melhora o nível de qualidade da cultura e dos alimentos, medido pelo nível dos componentes nutricionais essenciais para a nutrição humana. Os governos, os gestores de saúde pública e todos aqueles que trabalham na agricultura precisam reconhecer o papel primordial que os fertilizantes desempenham no fornecimento de alimentos ricos em nutrientes, fitoquímicos e proteínas e vitaminas derivados de animais e plantas.

REFERÊNCIAS

- BRUULSEMA, T. W. (Ed.). **Fertilizing crops for functional foods**. Symposium Proceedings. Norcross: Potash & Phosphate Institute, 2002a. Disponível em: <www.ppi-ppic.org/functionalfood>.
- BRUULSEMA, T. W. Nutrients and product quality. In: POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE. **Plant nutrient use in North America**. Norcross, 2002b. p. 69-78. (PPI/PPIC/FAR Technical Bulletin, 2002-1).
- CAKMAK, I. Identification and correction of widespread zinc deficiency problem in central Anatolia, Turkey. In: IFA ANNUAL CONFERENCE, 73., 2005, Kuala Lumpur. **Proceedings...** Paris: IFA, 2005.
- CAKMAK, I.; YILMAZ, A.; EKIZ, H.; TORUN, B.; ERENOGLU, B.; BRAUN, H. J. Zinc deficiency as a critical nutritional problem in wheat production in Central Anatolia. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 180, p. 165-172, 1996.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **World agriculture: towards 2015/2030, an FAO perspective**. FAO Corporate Document Repository. Rome, 2002. Disponível em: <www.fao.org/documents>.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of food insecurity in the world in 2004**. Monitoring progress towards the World Food Summit and Millennium Development Goals. Rome, 2004.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Global information and early warning system on food and agriculture (GIEWS)**. Rome, 2005. Disponível em: <www.fao.org/giews/english/index.htm>.
- FAOSTAT. **Agricultural data**. Rome, 2005. Disponível em: <faostat.fao.org/>.
- GRAHAM, R. D.; WELCH, R. M. **Breeding for staple-food crops with high micronutrient density**. Agricultural strategies for micronutrients. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 1996. p. 1-72. (Working Paper, 3).
- 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**, New York, v. 70, p. 77-142, 2001.
- GRANT, C. A.; MCKENZIE, R. M.; RAWLUK, C. D.; LUKOW, O.; FLATEN, D. N. Nitrogen management for enhanced protein content in wheat in the Black soil zone. In: SASKATCHEWAN SOILS AND CROPS WORKSHOP, 2001, Saskatoon. **Proceedings...** Saskatoon: University of Saskatchewan, 2001. p. 86-93.
- GRUNES, D. L.; ALLAWAY, W. H. Nutritional quality of plants in relation to fertilizer use. In: ENGELSTAD, O. P. (Ed.). **Fertilizer technology and use**. 3. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1985. p. 589-619.
- IFA Statistics. **Fertilizer indicators**. Paris: 2005. Disponível em: <www.fertilizer.org/ifa/statistics.asp>.
- HEFFER, P. Medium-term outlook for world agriculture and fertilizer demand 2004/05-2009/10. In: IFA ANNUAL CONFERENCE, 73., 2005, Kuala Lumpur. **Proceedings...** Paris: IFA, 2005.
- HOTZ, C.; BROWN, K. H. (Ed.). Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. **Food and Nutrition Bulletin**, Tokyo, v. 25, p. S91-S204, 2004. (International Zinc Nutrition Consultative Group - IZiNCG).
- LONERAGAN, J. F.; WEBB, M. J. Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. In: ROBSON, A. D. (Ed.). **Zinc in soil and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. p. 119-134.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press, 1995. 889 p.
- PERKINS-VEAZIE, P. M.; ROBERTS, W. Can potassium application affect the mineral and antioxidant content of horticulture crops? In: FERTILIZING CROPS FOR FUNCTIONAL FOODS. 2002, Indianapolis. **Proceedings...** Norcross: Potash & Phosphate Institute. p. 2-1-2-4. Disponível em: <www.ppi-ppic.org/functionalfood>.
- PHOSPHORUS improves crop quality. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 83, n. 1, p. 28-29, 1999.
- RENDIG, V. V. Soil fertility and plant nutrition effects on the nutritional quality of crops. In: **Crops as sources of nutrients for humans**. Madison: Soil Science Society of America, Crop Science Society of America, American Society of Agronomy, 1984. p. 61-78. (ASA Special Publication, 48).
- SALUNKHE, D. K.; DESAI B. B. Effects of agricultural practices, handling, processing, and storage on vegetables. In: KARMAS, E.; HARRIS, R. S. (Ed.). **Nutritional evaluation of food processing**. New York: Avi Book, 1988. p. 23-71.
- STABLER, S. P.; ALLEN, R. H. Vitamin B12 deficiency as a worldwide problem. **Annual Reviews of Nutrition**, Palo Alto, v. 24, p. 299-326, 2004.
- STEWART, W. M.; DIBB, D. W.; JOHNSTON, A. E.; SMYTH, J.T. The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, p. 1-6, 2005.
- THE INFLUENCE of potassium in crop quality. **Better Crops with Plant Food**, Norcross, v. 82, n. 3, p. 28-29, 1998.
- TRUDEL, M. J.; OZBUN, J. L. Influence of potassium on carotenoid content of tomato fruit. **Journal of the American Society of Horticultural Sciences**, Alexandria, v. 96, n. 6, p. 763-765, 1971.
- WELCH, R. M.; GRAHAM, R. D. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 55, n. 396, p. 353-364, 2004.
- WHO. World Health Organization. **Micronutrient deficiencies**. Health Topics, Nutrition. 2004. Disponível em: <www.who.int/nut/#mic>.
- YILMAZ, A.; EKIZ, H.; TORUN, B.; GÜLTEKIN, I.; KARANLIK, S.; BAGCI, S. A.; CAKMAK, I. Effect of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat grown on zinc-deficient calcareous soils in Central Anatolia. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 20, p. 461-471, 1997.