

RENDIMENTO E QUALIDADE DE GRÃOS DE MILHO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOLIAR COM COBRE E MOLIBDÊNIO

José Laercio Favarin¹
Rodrigo Taveira de Camargo²

RESUMO

O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar a influência da adubação foliar com cobre e molibdênio sobre o rendimento e a qualidade de grãos de milho. O ensaio foi realizado em área de plantio direto em solo oxídico de Cerrado (Typic Haplustox), com o híbrido XL 251. Foram utilizados 4 tratamentos com 6 blocos ao acaso, sendo adotada como testemunha (T1) a adubação foliar padrão da propriedade e os demais tratamentos obtidos pela aplicação suplementar de molibdênio (T2: T1 + 90 g ha⁻¹), cobre (T3: T1 + 130 g ha⁻¹) e a associação deles (T4: T1 + 90 g ha⁻¹ Mo + 130 g ha⁻¹ Cu), aplicados em duas épocas antes das adubações nitrogenadas de cobertura. A influência dos tratamentos foi avaliada pelas variáveis rendimento de grãos, teor de proteína e componentes de produção (comprimento e diâmetro de espiga, número de fileiras e grãos por fileira na espiga). A adubação foliar suplementar de cobre (130 g ha⁻¹), é recomendada tecnicamente para o plantio de milho em solos oxídicos de cerrado com plantio direto, devido ao aumento da qualidade de milho, com incremento em proteína de 22,72 g kg⁻¹ de grãos.

Palavras-chave: *Zea mays* L, micronutrientes, proteína, plantio direto, cerrado.

¹ Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP, C.P 9, CEP: 13.418-900, Piracicaba, SP. E-mail: jlfavari@esalq.usp.br

² Estagiário do Departamento de Produção Vegetal.

ABSTRACT

GRAIN YIELD AND QUALITY OF MAIZE AS FUNCTION OF LEAF FERTILIZATION WITH COPPER AND MOLYBDENUM

This research was carried out to evaluate the leaf application of Mo and Cu in corn plants (Hybrid XL 251). The field experiment was on a soil classified as Typic Haplustox, with the no tillage system. Four treatments were applied in six randomized blocks design: T1: control, the leaf application as using standard of the property; T2: control + 90 g ha⁻¹ Mo; T3: control + 130 g ha⁻¹ Cu and T4: control + 90 g ha⁻¹ Mo + 130 g ha⁻¹ Cu, twice before nitrogen application. The grain protein content increased with copper fertilization.

Key words: *Zea mays* L. micronutrients, protein, no tillage, cerrado soil.

INTRODUÇÃO

Poucos trabalhos de pesquisa avaliaram os efeitos da aplicação foliar de cobre e molibdênio no rendimento da cultura do milho e, no teor de proteína do grão. De acordo com Galvão (1999) o fornecimento de cobre, via foliar e tratamento de sementes, não tem sido recomendado devido à falta de resultados experimentais, o que evidencia a necessidade de pesquisa nesta área.

Galvão e Souza (1985) trabalharam com a aplicação de cobre, a lanço, na cultura de trigo e obtiveram aumento significativo de produção, enquanto, na soja, observaram aumento entre 13,4% a 22,2% (Galvão, 1991). Em trabalho sobre métodos de aplicação não foi constatada diferença entre os métodos (via solo, folhas ou sementes), entretanto, comparado a testemunha (sem cobre), seu fornecimento proporcionou rendimento máximo de soja em dois cultivos sucessivos (Galvão, 1999).

Como o molibdênio está envolvido com as reações de assimilação de nitrato e fixação de nitrogênio, sua falta causa deficiência de nitrogênio, razão por que em alguns trabalhos de pesquisa a sua aplicação aumenta significativamente a produção de grãos (Taiz e Zeiger, 1998; Coelho *et al.*, 1998; Galvão, 1999).

A incorporação de amoníaco (NH_3) em aminoácidos e formação de proteínas dependem inicialmente da redução assimilatória de nitrogênio após a redução do nitrato por meio de reação catalisada pela enzima redutase do nitrato, uma molibdo proteína (Gupta e Lipsett, 1981) em que o molibdênio está ligado a uma molécula orgânica, a pterina (Taiz e Zeiger, 1998).

O cobre desempenha importante papel ligado nas atividades enzimáticas e em certos processos de oxidação e redução nos vegetais e, ainda que exigido em pequenas quantidades, sua falta dificulta o aproveitamento de diversos nutrientes pela planta (Malavolta *et al.*, 1974), provocando distúrbios no metabolismo vegetal, com redução na síntese de proteína (Epstein, 1975).

A aminação redutiva do ácido α -cetoglutárico com amoníaco (NH_3), catalisada pela desidrogenase glutâmica existente nos cloroplastos (Crocomo, 1985), forma o ácido glutâmico, precursor na formação de aminoácidos e proteínas (Crocomo, 1985; Postgate, 1989). Assim, o menor teor de proteína em plantas deficientes em cobre, pode ser explicado pela sua função como cofator na síntese de enzimas do DNA e RNA.

O rendimento de híbridos de milho, potencialmente produtivos, poderá ser comprometido pela disponibilidade de micronutrientes, em particular de cobre, devido a suas interações com a fração argilo-mineral oxídica (Krauskopf, 1972; Forbes *et al.*, 1976) e a matéria orgânica (Shuman, 1979; Harmsen e Vlek, 1985). Ressalte-se que a fração orgânica do solo aumenta de 3 a 7 g dm^{-3} de MO nos 10cm da superfície do solo, em plantio direto, de acordo com o sistema de rotação (Mielniczuk, 1997), para o que a adubação foliar suplementar pode consistir numa alternativa à superação desta limitação.

A pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a influência da adubação foliar suplementar de cobre e molibdênio na cultura de milho semeada em solo oxídico de Cerrado, em plantio direto, em relação ao rendimento e a qualidade de grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Montreal, localizada no município de Acreúna, GO, com latitude de 12°33'S e altitude de 420m, em solo classificado como Typic Haplustox (Latossolo Vermelho Amarelo), de textura argilosa.

Antes da implantação da cultura, foi realizada a análise química de solo a partir de uma amostra composta de cada tratamento, obtida pela mistura e homogeneização de 15 subamostras de cada parcela, com a metodologia proposta por Raij *et al.* (2001) (Tabela 1).

Foi utilizado o híbrido XL 251, semeado em área com plantio direto, e irrigação por pivô central, no ano agrícola 1999/2000. Usaram-se 6 blocos ao acaso, com 4 tratamentos. Utilizou-se como tratamento padrão a adubação foliar adotada de forma rotineira na propriedade (T1: testemunha, 100 g ha⁻¹ de Zn e Cu, 80 g ha⁻¹ de S, 60 g ha⁻¹ de Mn e 10 g ha⁻¹ de B), realizada no estágio fenológico de 4 folhas. Os demais tratamentos foram constituídos pela combinação da aplicação padrão (T1) com aplicação suplementar de molibdênio (T2: T1 + 90 g ha⁻¹), cobre (T3: T1 + 130 g ha⁻¹) e da associação deles (T4: T1 + 90 g ha⁻¹ Mo + 130 g ha⁻¹ Cu), 15 dias antes das adubações nitrogenadas de cobertura, nos estádios fenológicos de 4 folhas (50% da dose) e 8 folhas (50% da dose), respectivamente.

Para a aplicação dos micronutrientes utilizou-se pulverizador costal e, para evitar problemas na absorção destes nutrientes pela lavagem foliar, impediu-se a aplicação de água durante a passagem do pivô na área experimental, nos 20 dias subsequentes às aplicações.

As parcelas experimentais foram constituídas de 8 linhas da cultura, com 8,0m de comprimento e 0,45m entre linhas, considerando-se as 4 linhas centrais a área útil de cada parcela, perfazendo 16,2m² de área (A). Entre as parcelas, deixou-se 1,0m de bordadura constituída pela própria cultura.

A adubação de plantio foi realizada fornecendo-se o equivalente a 30 kg ha⁻¹ de N, 57 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30 kg ha⁻¹ de K₂O, 24 kg ha⁻¹ de Ca, 15 kg ha⁻¹ de S, 7,2 kg ha⁻¹ de Mg, 1,5 kg ha⁻¹ de Zn e 0,45 kg ha⁻¹ de B e 0,15 kg ha⁻¹ de Cu.

Tabela 1. Resultados da análise química de solo para avaliação da fertilidade da área experimental.

Perfil	pH CaCl ₂	M.O.	P	S-SO ₄	K	Ca	Mg	H+Al	T	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
cm		g dm ⁻³	mg dm ⁻³				mmolc dm ⁻³			%			mg dm ⁻³		
00-20	5,0	26	22	15	3,8	26	6	42	77,8	46	0,22	0,20	11,6	3,9	0,9
20-40	5,0	20	05	27	1,7	16	3	34	54,7	34	0,17	0,17	10,2	2,6	0,7

As adubações nitrogenadas de cobertura foram realizadas nos estádios de 4 e 8 folhas respectivamente, conforme escala fenológica proposta por Fancelli (1990), aplicando-se 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cada época, totalizando 130 kg ha⁻¹ de N durante o ciclo da cultura, fornecido como sulfato de amônio.

A semeadura foi feita com uma semeadora-adubadora regulada para densidade de 66.600 plantas ha⁻¹. O controle de pragas foi realizado pela aplicação de 450 g ha⁻¹ de clorpirifós no sulco de semeadura para prevenir a infestação de pragas de solo. O controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi feito aplicando 15 g ha⁻¹ de lufenuron e, das plantas daninhas predominantes na área experimental, como trapoeraba (*Commelina benghalensis*) e restevas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), com uso de 2 kg ha⁻¹ de atrazine.

A análise foliar, para diagnose do estado nutricional, foi realizada em amostra composta de 30 folhas de cada tratamento, constituída pela coleta de 1 folha por planta na inserção abaixo e oposta à espiga principal, após a emissão do estilo-estigma (Malavolta *et al.*, 1997), de 5 plantas por parcela. Para a análise do teor foliar de cobre e molibdênio foram amostradas, aleatoriamente, 20 folhas de cada parcela, constituindo uma amostra composta. As amostras foliares foram preparadas e analisadas de acordo com a metodologia descrita por Bataglia *et al.* (1983).

Para a determinação da variável rendimento de grãos (RE, kg ha⁻¹) colheram-se as espigas da área útil de cada parcela e, após debulha manual, determinou-se a massa total de grãos (kg parcela⁻¹). Em seguida, retirou-se uma amostra de grãos de cada parcela para a avaliação do teor de

água (U, kg kg⁻¹) e a correção de rendimento para 0,13 kg kg⁻¹ (padronização da umidade para efeito de comparação dos tratamentos), de acordo com a expressão 1:

$$RE \text{ (kg ha}^{-1}\text{)} = [\text{kg parcela}^{-1} \cdot (1 - U) / (1 - 0,13 \text{ kg kg}^{-1})] \cdot A / 10.000 \quad (1),$$

em que U corresponde a umidade de grãos de cada parcela (kg kg⁻¹), A a área útil da parcela experimental (16,2 m²) e o divisor 10.000 para a transformação dos resultados de kg parcela⁻¹ para kg ha⁻¹.

Retiraram-se, também ao acaso, 30 espigas de milho por parcela, para avaliação dos seguintes componentes de produção: (i) comprimento de espiga (CE, cm), (ii) diâmetro de espiga (DE, cm), (iii) número de fileiras de grãos na espiga (NF) e (iv) número de grãos por fileira (GF). A qualidade de grãos de milho foi avaliada em função do teor de proteína (v), realizada em amostras debulhadas manualmente, de acordo com o método Kjehldal. Os dados obtidos de cada variável foram submetidos a análise de variância e, para a comparação de médias, adotou-se o teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise foliar para a diagnose do estado nutricional da planta encontram-se na Tabela 2. De acordo com a interpretação recomendada por Malavolta *et al.* (1997), os teores de N, P e Zn nas plantas de todos os tratamentos, S nas dos tratamentos 3 e 4, Cu nas dos tratamentos 1 e 2 e Mn nas do tratamento 3, são adequados. Para os nutrientes K, Ca, Fe e Mo os teores determinados nas folhas de plantas de todos os tratamentos e Cu nas dos tratamentos 3 e 4, são superiores à concentração adequada, enquanto os teores de Mg e B em todos os tratamentos, S nos tratamentos 1 e 2, e Mn nos tratamentos 1, 2 e 4, encontram-se abaixo do padrão.

A quantidade de cobre disponível no solo (0,20 mg dm⁻³, Tabela 1), mais a aplicação no sulco de plantio (0,15 kg ha⁻¹) e o fornecimento foliar rotineiro da propriedade (100 g ha⁻¹ Cu), foram responsáveis pela concentração adequada do nutriente nas folhas das plantas dos tratamentos (T1: 17 mg kg⁻¹, e T2: 18 mg kg⁻¹), as quais não receberam aplicações suplementares de cobre (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados da análise química de folhas de milho após emissão do estilo-estigma, para avaliação do estado nutricional da planta em função dos tratamentos.

Amostra	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					
T1	27,6	2,9	25,7	5,1	1,8	1,4	6	17	319	48	18	0,3
T2	27,1	2,7	30,5	4,1	1,6	1,3	6	18	349	45	24	0,4
T3	29,1	3,2	30,3	4,6	1,8	1,5	6	24	473	53	29	0,3
T4	28,4	3,2	29,1	4,3	1,7	1,6	6	27	320	46	28	0,4
Faixa ¹	27,5/32,5	2,5/3,5	17,5/22,5	2,5/4	2,5/4	1,5/2	15/20	6/20	50/250	50/150	15/50	0,15/0,2

¹ Teores adequados em folhas (Malavolta *et al.*, 1997)

Os tratamentos que receberam adubação foliar suplementar de cobre apresentaram teores superiores ($p < 0,05$), cujas concentrações foram iguais a 24 mg kg⁻¹ (T3) e 27 mg kg⁻¹ (T4) respectivamente, comparados aos que não receberam o nutriente (T1 e T2, Tabela 3). As interações de cobre com os minerais de argila, principalmente a goethita (Forbes *et al.*, 1976), caulinita (Krauskopf, 1972), e a matéria orgânica (Shuman, 1979; Harmsen & Vlek, 1985), amplamente relatadas na literatura, explicam o aumento da concentração em consequência da aplicação foliar suplementar de Cu, que, em média, foi de 45,7%. Portanto, em solos oxidícos de Cerrado, em que a composição mineralógica é constituída principalmente por goethita (óxidos hidratados de ferro) e/ou argilo-minerais do tipo 1:1 (Volkoff, 1978; Adámoli *et al.*, 1985), a adubação foliar com cobre é técnica que poderá ser recomendada.

O número de fileiras (NF) e número de grãos por fileira (GF) não foram influenciados pelo fornecimento suplementar de Cu e Mo aplicados nas folhas. Os demais componentes de produção como comprimento (CE) e diâmetro de espigas (DE), também não diferiram estatisticamente, justificando a semelhança entre os resultados dos tratamentos para a variável rendimento de milho (Tabela 3).

Tabela 3. Rendimento de grãos (kg ha^{-1}), teor de proteína de grãos (g kg^{-1}), comprimento (CE, cm) e diâmetro de espiga (DE, cm), número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por fileira (GF) e teor foliar de Cu e Mo (mg.kg^{-1}).

Tratamentos	grãos	proteína	CE	DE	NF	GF	Cu	Mo
	kg ha^{-1}	g kg^{-1}	cm				mg.kg^{-1}	
T1= padrão	6.245,5a	87,22b	17,0a	4,6a	13,9a	34,1a	17b	0,3a
T2=T1+160 g ha^{-1} Mo	6.536,8a	96,08ab	17,7a	4,7a	14,1a	35,9a	18b	0,4a
T3=T1+130 g ha^{-1} Cu	6.514,2a	109,94a	18,1a	4,7a	14,0a	35,4a	24a	0,3a
T4=T1 + T2 + T3	6.534,8a	105,85a	18,1a	4,7a	13,9a	36,0a	27a	0,4a
CV (%)	6,16	11,03	5,08	3,72	2,39	7,06	14,26	43,02

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste Tukey a 5%

A aplicação de 90 g ha^{-1} de molibdênio (T2) não influenciou o rendimento de milho, em contraste com o aumento de produção verificado por Araújo *et al.* (1996), com aplicação da mesma dose, bem como em relação aos resultados de pesquisas desenvolvidas por Taiz & Zeiger (1998), Coelho *et al.* (1998) e Galvão (1999). A falta de resposta, para o fornecimento de molibdênio via foliar, se deve às reservas do solo, uma vez que o teor foliar ($0,3 \text{ mg kg}^{-1}$, Tabela 3) determinado nas plantas do tratamento padrão (T1: testemunha) foi superior ao teor adequado ($0,15$ a $0,20 \text{ mg kg}^{-1}$, Tabela 2) para este nutriente (Malavolta *et al.*, 1997).

O crescimento de raízes no estágio inicial da planta, quando consistem em dreno principal de carboidratos, é influenciado, entre outros fatores, pela adubação nitrogenada de plantio (30 kg ha^{-1}), estimulando a proliferação de raízes e, em consequência, haverá maior exploração do solo por elas (Yamada & Abdalla, 2000), atendendo, sem dificuldade, a sua demanda (Mo) por meio da reserva do solo. Esta observação corrobora os resultados obtidos por Coelho *et al.* (1998), que verificaram aumento de 40% no rendimento de milho pela adubação foliar de 50 g ha^{-1}

de Mo, na ausência de adubação nitrogenada na semeadura e em cobertura. Estes autores também constataram que, na presença de adubação nitrogenada (40 kg ha^{-1} de N), não houve aumento de rendimento devido a aplicação foliar deste nutriente (Mo).

A falta de resposta em relação ao rendimento de grãos é também explicada pelo estado nutricional da planta (Tabela 2), uma vez que as concentrações de nutrientes exigidos em maior quantidade, como o Mg, nas folhas das plantas de todos os tratamentos, e de S nos tratamentos 1 e 2, bem como os teores de Mn nos tratamentos 1, 2 e 4 e de B em todos os tratamentos, foram inferiores aos valores adequados (Malavolta *et al.*, 1997).

O teor médio de proteína em grãos de milho, exceto nas plantas da testemunha (T1), foi superior ao valor apresentado em Watt & Merrill (1963) e Tosello (1987). A aplicação foliar suplementar de 130 g ha^{-1} de Cu (T3) aumentou significativamente ($p < 0,05$) a concentração foliar deste nutriente de 17 mg kg^{-1} (T1) para 24 mg kg^{-1} (T3) e 27 mg kg^{-1} (T4), Tabela 3. A qualidade do milho, avaliada pelo teor de proteína, dependente do metabolismo vegetal, também aumentou significativamente, apresentando teores superiores ($p < 0,05$) da ordem de 26% em grãos do tratamento T3 ($109,94 \text{ g kg}^{-1}$) e 21% no tratamento T4 ($105,85 \text{ g kg}^{-1}$), comparativamente as plantas do tratamento padrão T1 ($87,22 \text{ g kg}^{-1}$).

O teor de proteína em grãos de milho de plantas que receberam a aplicação foliar da mistura de cobre e molibdênio (T4), nas mesmas doses, não diferiu do teor determinado com a aplicação exclusiva de cobre (T3), evidenciando que, nas condições do experimento, o pH (5,0), extração de molibdênio para rendimento médio de milho (6.500 kg ha^{-1} , Tabela 3) e o fornecimento de nitrogênio no sulco de plantio, discutido anteriormente, possibilitaram que a demanda pelo nutriente (Mo) fosse suprida pela reserva disponível no solo.

CONCLUSÕES

A qualidade do milho, em função do teor de proteína, foi superior com a adubação suplementar de cobre via foliar; é alternativa recomendada tecnicamente para plantio de milho em solos oxidicos de cerrado,

em plantio direto, uma vez que proporcionou incremento em proteína de 22,72 g kg⁻¹ de grãos.

AGRADECIMENTOS

À Agropianta Indústrias Químicas Ltda. pelo fornecimento dos micronutrientes e o auxílio para a realização do experimento.

Ao Engenheiro Agrônomo José Paulo Marini pelo apoio na condução do experimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L.G. de; NETTO, J.M., 1985. Caracterização da Região dos Cerrados. In: Goedert, W.J., ed. **Solos dos Cerrados: Tecnologias e Estratégias de Manejo**. São Paulo: Nobel; Brasília: EMBRAPA. 422p.
- ARAÚJO, G.A. de A.; VIEIRA, C.; BERGER, P.G., 1996. Épocas de Aplicação de Molibdênio na Cultura do Milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21, 1996. Londrina, **Anais**. Londrina, 1996. 160p.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; GALLO, J.R., 1983. **Métodos de Análise Química de Plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 48p. (Boletim Técnico, 78).
- COELHO, F.C.; VIEIRA, C.; MOSQUIM, P.R.; CASSINI, S.T.A., 1988. Nitrogênio e Molibdênio nas Culturas de Milho e do Feijão, em Monocultivos e em Consórcio: II – Efeitos sobre o Milho. **Rev. Ceres**, 45:479-489.
- CROÇOMO, O.J., 1985. Assimilação do Nitrogênio pelas Plantas. In: M.G. FERRI (ed.), **Fisiologia Vegetal I**, 2ª ed., São Paulo: EPU. p.181-209.
- EPSTEIN, E., 1975. **Nutrição Mineral das Plantas: Princípios e Perspectivas**; trad. e notas E. MALAVOLTA. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. São Paulo: Ed. USP, 344p.
- FANCELLI, A.L., 1980. **Milho**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP. 88p.
- FORBES, E.A.; POSNER, A.M.; QUIRK, J.P., 1976. The Specific Adsorption of Divalent Cd, Co, Cu, Pb and Zinc on Goethite. **J. Soil**

- Sci.**, **27**:154-166.
- GALRÃO E.Z., 1999. Métodos de Aplicação de Cobre e Avaliação da Disponibilidade para a Soja num Latossolo Vermelho-Amarelo Franco-Argilo-Arenoso Fase Cerrado. **Rev. Bras. Ci. Solo**, **23**:265-272.
- GALRÃO, E.Z., 1991. Micronutrientes e Cobalto no Rendimento da Soja em Solo de Cerrado. **Rev. Bras. Ci. Solo**, **15**:117-120.
- GALRÃO, E.Z.; SOUZA, D.M.G., 1985. Resposta do Trigo à Aplicação de Cobre em Solo Orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20, Belém, 1985. **Anais**. p.92.
- GUPTA, U.C.; LIPSETT, J., 1981. Molybdenum in Soil, Plants, and Animals. **Adv. Agron.**, **34**:73-115.
- HARMSSEN, K.; VLEK, P.L.G., 1985. The Chemistry of Micronutrients in Soil. **Fertilizer Res.**, **7**:1-42.
- KRAUSKOPF, K.B., 1972. Geochemistry of Micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (eds). **Micronutrients in Agriculture**. Madison, Soil Sci Society of America, p.7-40.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C., 1974. Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas. São Paulo, Pioneira, 752p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de, 1997. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: Potafós, 319p.
- MIELNICZUK, J.A., 1997. A Sustentabilidade Agrícola e o Plantio Direto. In: PEIXOTO, R.T.G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J., eds. **Plantio Direto: o Caminho para uma Agricultura Sustentável**. Ponta Grossa, PR: IAPAR, PRP/PG, 275p.
- POSTGATE, J., 1989. **Fixação do Nitrogênio**. São Paulo: EPU, 1989. (Temas de Biologia; v.32, 84p.).
- RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J.A., 2001. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 285p.
- SHUMAN, L.M., 1979. Zinc, Manganese, and Copper in Soil Fractions. **Soil Sci.**, **127**:10-17.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E., 1998a. Assimilation of Mineral Nutrients. In: **Plant Physiology**, Sinauer Associates, 2^a ed., Sunderland, U.S.A., p. 323-345.
- TOSELLO, G.A., 1987. Milhos Especiais e seu Valor Nutritivo. In: Paterniani, E. & Viégas G. P. (ed.). **Melhoramento e Produção de Milho**. Campinas, Fundação Cargill, 2^a ed. p.375-409.
- VOLKOFF, B., 1978. Os Produtos Ferruginosos que Determinam a Cor dos Latossolos da Bahia. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 2(1):55-59.
- WATT, B.K.; MERRIL, A.L., 1963. **Composition of Foods, Raw, Processed, Prepared**. Washington, DC., USDA, 190p. (Agriculture Handbook 8).
- YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S., 2000. Como Melhorar a Eficiência da Adubação Nitrogenada do Milho: **Inform. Agronômicas**, (91):1-5.