



Teor nos grãos e exportação de micronutrientes pelo milho em dois níveis de investimento tecnológico ⁽¹⁾

Aarón Martínez Gutiérrez ⁽¹⁾; Fábio Andrade Padilha ⁽²⁾; Carine Gregório Machado Silva ⁽¹⁾; Álvaro Vilela de Resende ⁽³⁾; Silvino Guimarães Moreira ⁽⁴⁾; Eduardo de Paula Simão ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Estudante do Curso de Mestrado em Ciências Agrárias - PPGCA; Universidade Federal de São João Del Rei - UFSJ; Sete Lagoas – MG, E-mail aaron_0715@hotmail.com. ⁽²⁾ Analista de Desenvolvimento; Codevasf; Montes Claros – MG. ⁽³⁾ Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas – MG; ⁽⁴⁾ Professor; Universidade Federal de São João Del Rei - UFSJ; Sete Lagoas – MG.

RESUMO: O aumento na produção de milho no Brasil está associado à adoção de tecnologias como a introdução de híbridos com alto potencial produtivo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o teor nos grãos e a exportação de micronutrientes por híbridos experimentais e comerciais de milho, em dois ambientes de investimento tecnológico, na região de Sete Lagoas – MG. Os dois ambientes diferenciaram-se em relação ao manejo do solo com adubos verdes, níveis de adubação mineral, uso de produtos para tratamento de sementes, adubações foliares e uso de pulverização com fungicidas. Foram comparados cinco híbridos experimentais e um comercial da Embrapa, além de quatro híbridos comerciais da iniciativa privada. Em cada ambiente, utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Foram determinados os teores de micronutrientes nos grãos e quantificada a sua exportação na colheita. As variações na exportação são influenciadas pelo nível de produtividade alcançado, mas também pelas diferenças entre híbridos modernos de milho quanto aos teores presentes nos grãos.

Palavras-chaves: alta produtividade, milho híbrido, adubação.

INTRODUÇÃO

O incremento considerável na produção do milho em terras brasileiras deve-se, em muito, à adoção de tecnologias como a introdução de híbridos de alto potencial produtivo, aliada a uma melhor eficiência no uso dos fertilizantes, controle de plantas daninhas, aumento da população de plantas e avanços no manejo da cultura. Além de condições de solo e clima favoráveis à sua implantação, o milho requer do agricultor decisões baseadas em recomendações técnicas da pesquisa.

Muitas vezes, este aumento de produtividade está relacionado com a melhor utilização de nutrientes pelas novas cultivares, quando se proporciona um estado nutricional ótimo suprindo todas as suas necessidades ao longo do ciclo.

A escassez de informações atualizadas quanto às exigências nutricionais de híbridos de alto potencial produtivo para as condições de solos brasileiros, especialmente em relação aos requerimentos de micronutrientes, justifica a realização de novos estudos que contemplem esses genótipos, permitindo identificar as quantidades mínimas que devem ser restituídas ao solo para fins de manutenção da fertilidade.

Esse correto dimensionamento contribui para o aumento da eficiência no manejo da cultura, proporcionando ganhos em produtividade e redução de custos na lavoura, pela utilização racional e eficiente dos insumos (Borges, 2009). Essas informações são importantes para atualização acerca da demanda nutricional e orientação das práticas de manejo da adubação visando à expressão do potencial genético de cultivares disponibilizadas aos agricultores.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o teor e exportação de micronutrientes de híbridos experimentais e comerciais de milho, em dois ambientes de produção, estabelecidos com distintos níveis de investimento tecnológico em práticas de manejo agrônômico.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nos campos experimentais da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, localizada a 19°28'30" de latitude S, 44°15'08" de longitude W e 732 m de altitude. A área experimental é constituída de Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso (Embrapa, 1999) e vinha sendo utilizada com rotação de culturas sob sistema de plantio direto, na sequência soja, milho e soja no verão dos anos agrícolas de 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012, respectivamente, com pousio nas entressafras. As condições médias de fertilidade do solo, antes da instalação do experimento são apresentadas na **tabela 1**.

Para se iniciar o estabelecimento do ambiente de alto investimento tecnológico, em agosto de 2012 foram feitas aplicações a lanço de 100 kg ha⁻¹ de



superfosfato simples, 200 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, 429 kg ha⁻¹ de óxido de magnésio e 50 kg ha⁻¹ de FTE BR 10, com o objetivo de se elevar a condição de fertilidade em relação aos nutrientes contidos nestas fontes. Posteriormente, em setembro de 2012, foi realizado o cultivo irrigado de crotalaria e milho consorciados como plantas de cobertura, objetivando produção de palhada e adubação verde, somente no ambiente de alto investimento tecnológico. Quarenta e seis dias após o plantio das culturas de cobertura, as mesmas foram dessecadas e picadas, mantendo-se a palhada sobre o solo.

Foram comparados cinco híbridos simples experimentais e um híbrido simples comercial da Embrapa, todos não transgênicos, e quatro híbridos simples transgênicos comerciais de empresas privadas (**Tabela 2**).

Para o ambiente de médio investimento tecnológico, as sementes de milho foram tratadas de forma tradicional, com uma solução contendo fungicida Metalaxyl-M + Fludioxonil, inseticida Bifenthrin, corante e água. Já para o ambiente de alto investimento tecnológico, utilizou-se a mesma solução descrita acima, acrescida ainda do fungicida Thiram + Carboxin e do inseticida Thiamethoxam, além de uma solução fertilizante com Cobalto + Molibdênio e um bioestimulante à base de Giberelina + Auxina + Citocinina.

A adubação de base foi feita com a aplicação, no sulco de semeadura, de 260 e 500 kg ha⁻¹ do formulado NPK 08-28-16 para os ambientes de médio e alto investimento, respectivamente. Os híbridos de milho foram semeados manualmente no mesmo local dos sulcos de adubação, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e densidade equivalente a 75 mil sementes ha⁻¹, no dia 31 de outubro de 2012.

No ambiente de médio investimento foi realizada apenas uma adubação de cobertura em V4 com 200 kg ha⁻¹ de ureia (45% de N), distribuídos em filete nas entrelinhas. No ambiente de alto investimento, além dessa primeira cobertura, efetuaram-se mais duas adubações, com 350 kg ha⁻¹ de formulado NPK 20-00-20 em V5 e 200 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio (20% de N e 24% de S) em V6. Para as plantas cultivadas nesse ambiente, foram feitas também pulverizações com um fertilizante foliar em V5 (14% de N; 6,0% de P₂O₅; 4,0% de K₂O; 0,1% de B; 1,0% de Mn; 0,05% de Mo; e 5,0% de Zn) e outro em V7 (1,73% de N; 5,0% de K₂O; 2,1% de S; 0,08% de B; 0,49% de Fe; 1,0% de Mn; 2,45% de Zn; e 3,5% de carbono orgânico).

Em ambos os ambientes e para todos os híbridos (transgênicos ou não), foram feitas três aplicações de inseticidas para controle de lagartas, quando as plantas estavam com V2 (duas folhas expandidas),

V5 e V6, com produtos à base de Metomil, Cipermetrina e Metomil, respectivamente.

Em cada ambiente, o delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com quatro repetições, sendo cada parcela constituída de oito linhas de seis metros de comprimento, espaçadas 0,5 m entre si. Como parcela útil, consideraram-se três das linhas centrais, deixando-se um metro nas extremidades como bordaduras. Após a maturação fisiológica, foram colhidas as espigas na área útil, avaliando-se os teores de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) nos grãos e sua exportação com a colheita.

As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância conjunta para verificar a existência de interação entre híbridos e ambientes de investimento tecnológico. Utilizou-se o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, para a comparação de tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre híbridos e ambientes, verificando-se apenas os efeitos isolados desses fatores. Os dados de teores nos grãos e de exportação dos micronutrientes, na média dos ambientes de alto e médio investimento estão apresentados na **tabela 3**.

Verificaram-se diferenças estatísticas entre os híbridos quanto aos teores de Cu, Fe, Mn, e Zn, que variaram de 1,6 a 2,7; 1,9 a 6,4; 3,9 a 5,1 e 12,7 a 16,4 mg kg⁻¹, respectivamente. Parece não existir uma relação clara entre produtividade e teor de micronutrientes nos grãos dos híbridos avaliados (**Tabela 3**), pois nem sempre as cultivares mais produtivas apresentaram menores teores, o que sugeriria a ocorrência de um efeito de diluição.

Na literatura, Heckman et al.(2003) apresentam teores de Cu, Fe, Mn, e Zn variando de 1,0 a 5,8; 9,0 a 89,5; 1,0 a 9,8; e 15,0 a 34,5 mg kg⁻¹ para esses nutrientes respectivamente. Portanto, somente os valores de Fe observados no presente estudo (**Tabela 3**) encontram-se abaixo das faixas descritas por esses autores. Em outra comparação, verifica-se que em geral os teores aqui observados ficaram abaixo dos relatados por Ferreira (2009), em que os teores de Cu, Fe, Mn, e Zn em grãos de híbridos simples variaram de 5,7 a 7,3; 18,5 a 20,9; 4,6 a 6,1; e 30,4 a 36,4 mg kg⁻¹, respectivamente.

Para produtividades de grãos entre 11.704 e 13.997 kg ha⁻¹, os dados de exportação de micronutrientes pelos híbridos variaram de 18 a 35; 23 a 92; 52 a 63; 164 a 232 g ha⁻¹, respectivamente, para Cu, Fe, Mn e Zn (**Tabela 3**). Com bases nos dados Malavolta et al. (1997), para um rendimento de 9,0 t ha⁻¹ de grãos, foram exportados 20 g de Cu,



100 g de Fe, 50 g de Mn e 170 g de Zn. Pauletti (2004) obtiveram a seguinte exportação para uma produção de 9 t ha⁻¹: 11,5 g de Cu; 111,0 g de Fe; 58,5 g de Mn; e 265,0 g de Zn.

Percebe-se que existem diferentes padrões de exportação de micronutrientes ao se comparar as fontes da literatura. Entretanto, considerando as produtividades relativamente altas alcançadas (**Tabela 3**), pode-se inferir que de modo geral os híbridos modernos avaliados no presente estudo não são mais exigentes em micronutrientes.

Na média dos dez híbridos, o ambiente de alto investimento tecnológico apresentou maiores teores e exportação de micronutrientes (**Tabela 4**). Vale destacar que este ambiente recebeu maiores aportes de fertilizantes contendo micronutrientes, o que, em princípio, favorece a absorção e acúmulo pelas plantas. Todavia, é preciso ponderar que a maior exportação se deveu também às diferenças de potencial produtivo (14.025 e 11.967 kg ha⁻¹ de grãos nos ambientes de alto e médio investimento, respectivamente).

A ordem de exportação média de micronutrientes identificada no presente trabalho foi Zn>Mn>Fe>Cu, a mesma observada por Ritchie et al. (2003). Os híbridos AG 8088 YH e P30F53 YH constituíram exceções, apresentando a seguinte ordem de exportação: Zn>Fe>Mn>Cu. Segundo Ferreira (2009), a variabilidade genética proporciona diferentes respostas quanto à exportação de nutrientes entre as cultivares. Em princípio, genótipos produtivos e com menores demandas de nutrientes são mais vantajosos aos produtores, pois seu cultivo resulta em maior retorno ao que foi investido em adubação. Por outro lado, genótipos que apresentam bom rendimento e mantêm teores mais elevados de nutrientes nos grãos podem ser vantajosos do ponto de vista de qualidade nutricional, como parece ser o caso dos híbridos AG8088 YH e P30F53 YH em relação aos micronutrientes Fe e Zn (**Tabela 3**).

De qualquer modo, as exportações mais intensas, associadas a ambientes e híbridos mais produtivos, reforçam a necessidade de maior cuidado na reposição correta de micronutrientes em sistemas de alta produtividade.

CONCLUSÕES

As variações na exportação de micronutrientes via colheita são influenciadas pelo nível de produtividade alcançado, mas também pelas diferenças entre híbridos modernos de milho quanto aos teores presentes nos grãos.

AGRADECIMENTOS

À UFSJ e Fapemig, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BORGES, I.D. **Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em milho**. Lavras: UFLA, 2006, 172p. (Tese, Doutorado em Fitotecnia).

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FERREIRA, C.F. **Diagnose nutricional de diferentes cultivares de milho (*Zea mays* L.) de diferentes níveis tecnológicos**. Curitiba: UFPR, 2009, 114p. (Dissertação, Mestrado em Ciências do Solo).

HECKMAN, J.R.; SIMS, J.T.; BEEGLE, D.B.; et al. Nutrient removal by corn grain harvest. **Agronomy Journal**, v.95, n.3, p.587-591. 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

PAULETTI, V. **Nutrientes: Teores e interpretações**. 2.ed. Castro: FUNDAÇÃO ABC, 2004. p.25-27.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. Como a planta de milho se desenvolve. **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba: IPNI, n.15, 2003. 20p.



Tabela 1 - Condições médias de fertilidade do solo na área experimental, na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação do experimento.

P ¹	K	Ca	Mg	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	pH _{água}	SB	T	H+Al	MO	V
mg dm ⁻³		— cmol _c dm ⁻³ —			mg dm ⁻³					— cmol _c dm ⁻³ —			— %—		
16	96	4,5	1,2	0	0,9	0,9	23,6	46,0	3,9	6,1	5,9	10,7	4,7	3,4	54,9

¹Extrator Mehlich-1. *Análise granulométrica: areia = 130 g kg⁻¹; silte = 210 g kg⁻¹; e argila = 660 g kg⁻¹.

Tabela 2 - Híbridos de milho avaliados.

Híbrido	Transgênico	Observação
1I 862	Não	Híbrido simples experimental, Embrapa
1I 873	Não	Híbrido simples experimental, Embrapa
1I 923	Não	Híbrido simples experimental, Embrapa
1I 931	Não	Híbrido simples experimental, Embrapa
1I 953	Não	Híbrido simples experimental, Embrapa
BRS 1055	Não	Híbrido simples comercial, Embrapa
AG 8088 YH	Sim	Híbrido simples comercial, Monsanto
DKB 390 VTpro	Sim	Híbrido simples comercial, Monsanto
Pioneer 3646 H	Sim	Híbrido simples comercial, Pioneer
Pioneer 30F53 YH	Sim	Híbrido simples comercial, Pioneer

Tabela 3- Produtividade de grãos (Prod, kg ha⁻¹), teores (mg kg⁻¹) e exportação (Export, g ha⁻¹) de micronutrientes por híbridos de milho. Média dos dois ambientes de investimento tecnológico.

Híbrido	Prod	Cobre		Ferro		Manganês		Zinco	
		Teor	Export	Teor	Export	Teor	Export	Teor	Export
1I 862	13.205 b	2,5 a	33 a	2,6 b	35 b	4,5 b	60 a	12,8 b	170 b
1I 873	13.899 a	1,7 c	24 b	2,4 b	35 b	3,9 d	54 b	13,3 b	187 b
1I 923	12.414 c	1,8 c	23 b	2,0 b	25 b	4,1 d	52 b	13,2 b	164 b
1I 931	12.795 c	2,1 b	27 b	3,4 b	44 b	4,0 d	52 b	13,0 b	168 b
1I 953	12.128 d	1,6 c	19 c	1,9 b	23 a	4,6 b	57 b	12,7 b	156 b
BRS 1055	11.704 d	1,6 c	18 c	2,8 b	33 b	5,1 a	60 a	14,3 b	169 b
AG 8088 YH	13.997 a	2,2 b	32 a	4,9 a	69 a	4,4 c	62 a	16,4 a	232 a
DKB 390 VTpro	12.846 c	2,7 a	35 a	3,0 b	39 b	4,4 c	57 b	13,9 b	180 b
P 3646 H	13.033 b	2,2 b	29 a	4,6 a	60 a	4,8 b	63 a	13,2 b	174 b
30 F53 YH	13.941 a	1,8 c	24 b	6,4 a	92 a	4,3 c	60 a	15,7 a	220 a
Média	12.996	2,0	27	3,4	45	4,4	58	13,9	182
CV (%)	6,45	18,17	18,72	45,27	45,29	8,82	12,61	10,76	13,99

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 4- Teores nos grãos (mg kg⁻¹) e exportação (g ha⁻¹) de micronutrientes em função de ambientes de médio ou alto investimento tecnológico. Média dos dez híbridos de milho.

Nutriente	Teor		Exportação	
	Investimento tecnológico		Investimento tecnológico	
	Médio	Alto	Médio	Alto
Cobre (Cu)	2,0 A	2,0 A	23,9 B	28,2 A
Ferro (Fe)	3,0 B	4,2 A	35,3 B	61,2 A
Manganês (Mn)	3,9 B	4,8 A	46,9 B	67,5 A
Zinco (Zn)	12,9 B	15,0 A	153,7 B	214,0 A

Para cada variável, médias seguidas de mesma letra na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.