



## Exportação de macronutrientes por híbridos de milho cultivados em ambientes com diferentes níveis de investimento tecnológico<sup>(1)</sup>.

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

<sup>(1)</sup> Estudante do Curso de Mestrado em Ciências Agrárias - PPGCA; Universidade Federal de São João Del Rei - UFSJ; Sete Lagoas – MG, [carine.greg@gmail.com](mailto:carine.greg@gmail.com). <sup>(2)</sup> Analista de Desenvolvimento; Codevasf; Montes Claros – MG. <sup>(3)</sup> Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas – MG; <sup>(4)</sup> Professor; UFSJ; Sete Lagoas – MG.

**RESUMO:** A determinação do potencial de rendimento de híbridos de milho em ambientes distintos fornece subsídios para a melhoria na tomada de decisões de manejo e também para o melhoramento desta cultura. O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de híbridos experimentais e comerciais de milho em dois ambientes com distintos níveis de investimento tecnológico em práticas de manejo agrônômico, na região de Sete Lagoas – MG. Foram comparados dez híbridos, sendo cinco experimentais e cinco comerciais. Em cada ambiente, utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Avaliaram-se os teores e a exportação de macronutrientes nos grãos. Embora os teores de nutrientes sejam estatisticamente distintos entre híbridos, as variações na exportação pela colheita são condicionadas principalmente pelas diferenças de produtividade.

**Termos de indexação:** milho de alta produtividade; exigência nutricional; adubação.

### INTRODUÇÃO

Para que uma cultivar tenha desenvolvimento ótimo e expresse seu potencial genético é necessário que a disponibilidade de nutrientes no solo seja adequada às exigências da cultura.

A exigência nutricional de uma planta é determinada pela quantidade de nutrientes que ela extrai durante o seu ciclo. No caso do milho, a extração total dependerá do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada. Para que a cultura do milho possa expressar o seu potencial produtivo ela deve ter à disposição a quantidade total de nutrientes que ela extrai, a qual deve ser fornecida pelo solo e através de adubações (Coelho & França, 1995).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os teores e a exportação de macronutrientes em grãos 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 na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG na safra 2012/2013 em uma área de Latossolo Vermelho que vinha sendo utilizada com rotação soja-milho, sob sistema de semeadura direta nas três safras anteriores. 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, foram feitas aplicações a lanço de 100 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples, 200 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto de potássio, 429 kg ha<sup>-1</sup> de óxido de magnésio e 50 kg ha<sup>-1</sup> 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 milheto 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 (11862, 11873, 11923, 11931, 11953) e um híbrido simples comercial da Embrapa (BRS 1055) todos não transgênicos, e quatro híbridos simples transgênicos comerciais de empresas privadas (AG 8088 YH, DKB 390 VTpro, Pioneer 3646 H, Pioneer 30F53 YH).

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.

Em cada ambiente, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro



repetições, sendo cada parcela constituída de oito linhas de seis metros de comprimento, espaçadas 0,5 m entre si. A densidade de semeadura foi equivalente a 75 mil sementes  $ha^{-1}$ .

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. 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  $P_2O_5$ ; 4,0% de  $K_2O$ ; 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  $K_2O$ ; 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.

Após a maturação fisiológica, em cada parcela, foram colhidas as espigas de três linhas de quatro metros, deixando-se um metro nas extremidades como bordaduras. Após a colheita do experimento foram realizadas novas amostragens de solo objetivando monitorar o "status" da fertilidade ao longo do tempo nos dois ambientes.

Os resultados foram submetidos 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

Pode-se verificar, na **tabela 2**, que a aplicação de adubações corretivas com P, K, Mg e micronutrientes, promoveu elevação nos teores dos nutrientes aplicados, quando comparado à condição inicial apresentada na **tabela 1**. Dentre os macronutrientes analisados na camada de 0 a 20 cm de profundidade, K e Mg passaram da classificação de bom para muito bom e os demais já se encontravam nesta classe, de acordo com os critérios de interpretação de Alvarez et al. (1999). Os acréscimos nos teores de K e Mg também

contribuíram para a elevação da saturação por bases no ambiente de alto investimento tecnológico.

O milho apresenta forte resposta à adubação potássica, expressando elevada capacidade de absorção, embora menos de um terço do K acumulado na planta seja exportado com a colheita dos grãos. Depois do nitrogênio, o potássio é o nutriente absorvido em maiores quantidades pelo milho. Nos solos do Brasil Central, a quantidade de potássio naturalmente disponível é normalmente baixa e a adubação produz resultados significativos. Aumentos de produção de 100%, com a adição de 120 a 150  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$ , são comuns em solos não adubados anteriormente (Coelho et al. 2002). Para o fósforo, que é um dos nutrientes que mais limitam a produtividade em solos de cerrado, também houve aumento no teor disponível no solo com a adubação corretiva no ambiente de alto investimento, em comparação ao ambiente de médio investimento tecnológico (**tabela 2**).

Constata-se, pela análise da **tabela 3**, considerável depleção da fertilidade do solo após a colheita do experimento. Daí a importância das adubações de manutenção, pois boa parte dos nutrientes contidos no solo e aplicados nas adubações corretivas e de manutenção (adubações de plantio e cobertura) foi exportada nos grãos e uma outra parte ficou retida na palhada. Assim, a reposição de nutrientes ao longo dos cultivos não pode ser relegada, mesmo considerando-se que a palhada será mineralizada e uma parcela dos nutrientes poderá retornar ao solo, com a manutenção dos restos culturais do milho na lavoura.

Foi constatada ausência de interação entre híbridos e ambientes de investimento tecnológico para os teores de N, P e K nos grãos. Houve efeitos isolados de híbridos e de ambientes para N e apenas de híbridos para os teores de P e K.

Assim, somente no caso do nitrogênio a maior adubação incrementou significativamente os teores do nutriente nos grãos (13,3  $g\ Kg^{-1}$  no médio investimento e 14,6  $g\ Kg^{-1}$  no alto investimento), os quais permaneceram mais constantes para P, K, e Mg. Maiores teores de N nos grãos correspondem a maiores teores de proteína (Ferreira et al., 2001), promovendo assim benefício para os compradores destes grãos devido à sua melhor qualidade nutricional.

Os dados de teores nos grãos e de exportação dos macronutrientes pelos híbridos, na média dos dois ambientes de cultivo, estão apresentados na **tabela 4**. Verificaram-se, teores de N, P e K variando de 13,3 a 14,5; 1,8 a 2,2; e 2,7 a 3,9  $g\ kg^{-1}$ , respectivamente. De modo geral, esses valores



encontram-se abaixo das faixas de valores levantadas na literatura por Sousa & Lobato (2004), as quais correspondem a 17 a 23; 4 a 6; e 4 a 7 g kg<sup>-1</sup> para esses nutrientes, respectivamente.

Para um rendimento de 10 t ha<sup>-1</sup> de grãos os valores médios de exportação indicados por Ritchie et al. (2003) corresponderiam à remoção de 156; 48; e 51 kg N, P e K, respectivamente. Estabelecendo-se um paralelo, a exportação baseada nos dados médios do presente experimento variaram de 171 a 199, 22 a 29, 35 a 48 de N, P e K, respectivamente, para uma produtividade média de 12,9 t ha<sup>-1</sup>. Por essas comparações é possível inferir que, ao desenvolver novas cultivares, o melhoramento genético vem promovendo ganhos de eficiência no uso dos nutrientes P e K ao longo do tempo.

Em virtude do aporte extra de nutrientes nas adubações, e especialmente das maiores respostas produtivas dos híbridos, o ambiente de alto investimento tecnológico em manejo propiciou médias de exportação mais elevadas de todos os macronutrientes avaliados. As médias de exportação no ambiente de alto investimento foram de 207; 28; 48; 12 e 15 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para N, P, K, Mg e S. Já no ambiente de médio investimento essas médias foram de 158; 24; 39; 10 e 11 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para N, P, K, Mg e S. Em geral, a literatura informa que a maior parte do N, P e S absorvidos pelas plantas de milho são exportados nos grãos, enquanto grande parte do K, Ca, Mg e micronutrientes ficam retidos na palhada e retornam ao solo com a decomposição dos restos culturais (Fancelli & Tsumanuma, 2006; Coelho & Resende, 2008).

A ordem de exportação média de nutrientes identificada no presente trabalho foi N>>K>P>S>Mg (**tabela 4**) e diferiu da observada por Dorneles (2011) e Ritchie et al. (2003) que indicam o S como quinto nutriente removido em maior quantidade.

### CONCLUSÕES

O ambiente com alto investimento tecnológico proporciona grãos com teores mais elevados de nitrogênio, o que não se verifica para o fósforo e o potássio.

Há diferenças estatísticas entre híbridos quanto aos teores nos grãos, mas as variações na exportação de nutrientes são condicionadas principalmente pelas produtividades alcançadas.

### AGRADECIMENTOS

À UFSJ e Fapemig, pelo apoio financeiro.

### REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F. de; BARROS, et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.p. 25-32. 359 p.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. de. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. Informações Agronômicas, 71. **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba, n.2, p.1-9, 1995.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. de; PITTA, G.V.E.; et al **Cultivo do milho nutrição e adubação**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 12 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 44).

COELHO, A.M.; RESENDE A.V. de R. **Exigências nutricionais e adubação do milho safrinha**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 111).

DORNELES, E.P. **Atributos químicos de argissolo e exportação de nutrientes por culturas sob sistema de preparo e de adubação**. 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado em 2011) – Departamento de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2011.

FANCELLI, A.L.; TSUMANUMA, G.M. **Nitrogênio e enxofre nas culturas de milho e feijão**. In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Piracicaba, 2006. p. 445–486.

FERREIRA, A.C.B.; ARAÚJO, G.A.A.; PEREIRA, P.R.G.; CARDOSO, A.A.C. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 131–138. 2001.

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

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416



**Tabela 1** - Condições médias de fertilidade do solo na área experimental, na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação do experimento. Sete Lagoas- MG, safra 2012/2013.

P <sup>1</sup>	K	Ca	Mg	Al	B	Cu	Fe	Mn	Zn	pH <sub>água</sub>	SB	T	H+AL	MO	V
mg dm <sup>-3</sup>	— cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —				mg dm <sup>-3</sup>					— cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —			—%—		
16	96	4,5	1,2	0	0,9	0,9	23,6	46	3,9	6,1	5,9	10,7	4,7	3,4	55

<sup>1</sup>Extrator Mehlich-1. \* Análise granulométrica: areia = 130 g kg<sup>-1</sup>; silte = 210 g kg<sup>-1</sup>; e argila = 660 g kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 2**- Condições de fertilidade do solo nos ambientes de produção, nas profundidades de 0-20 cm, após adubações corretivas no ambiente de alto investimento tecnológico.

Ambiente <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>	K	Ca	Mg	Al	Cu	Fe	Mn	Zn	pH <sub>água</sub>	SB	T	H+AL	MO	V
	mg dm <sup>-3</sup>	— cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —				mg dm <sup>-3</sup>					— cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —			—%—	
Ai	21	147	5,6	1,4	0	0,9	29	59	8,4	6,6	7,4	9,5	2,2	4,7	77
Mi	17	109	5,3	1,2	0	0,8	28	56	8,4	6,6	6,8	9,5	2,7	4,6	71

<sup>1</sup>Ai = Alto investimento; Mi = Médio investimento. <sup>2</sup>Extrator Mehlich-1.

**Tabela 3**- Condições de fertilidade do solo nos ambientes de produção com diferentes níveis de investimento tecnológico, nas profundidades de 0-20 cm, após a colheita do experimento.

Ambiente <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>	K	Ca	Mg	Al	Cu	Fe	Mn	Zn	pH <sub>água</sub>	SB	T	H+AL	MO	V
	mg dm <sup>-3</sup>	— cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —				mg dm <sup>-3</sup>					— cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> —			—%—	
Ai <sup>2</sup>	19	138	4,6	1,0	0	0,6	17	13	5,4	6,4	6,0	9,6	3,6	3,9	63
Mi <sup>3</sup>	18	93	4,4	0,8	0	0,6	18	12	4	6,3	5,4	9,4	4	3,8	58

<sup>1</sup>Ai = Alto investimento; <sup>2</sup>Mi = Médio investimento. <sup>3</sup>Extrator Mehlich-1.

**Tabela 4**- Média dos ambientes de alto e médio investimento para produtividade (Prod, kg ha<sup>-1</sup>), teor nos grãos (g kg<sup>-1</sup>) e exportação (Exp, kg ha<sup>-1</sup>) de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre por híbridos de milho.

Híbrido	Prod	Nitrogênio (N)		Fósforo (P)		Potássio (K)		Magnésio (Mg)		Enxofre (S)	
		Teor	Exp	Teor	Exp	Teor	Exp	Teor	Exp	Teor	Exp
1I 862	13.205 a	13,8 b	183 a	1,9 b	25 b	3,5 a	46 a	0,8 b	11 a	1,0 b	14 a
1I 873	13.899 a	13,3 c	185 a	1,9 b	26 b	3,4 a	48 a	0,8 b	11 a	0,9 c	13 b
1I 923	12.414 c	14,4 a	179 b	1,8 b	22 b	3,1 b	39 b	0,8 b	10 b	1,0 b	13 b
1I 931	12.795 b	14,4 a	186 a	1,9 b	24 b	2,7 b	35 b	0,8 b	10 b	1,0 b	13 b
1I 953	12.128 c	13,5 c	164 b	2,1 a	25 b	3,9 a	47 a	0,8 b	9 b	1,0 b	12b
BRS 1055	11.704 c	14,5 a	171b	2,2 a	26 b	3,4 a	40 b	0,9 a	10 b	1,1 a	13 b
AG8088 YH	13.997 a	13,8 b	194 a	2,0 b	28 a	3,2 b	46 a	0,9 a	13 a	1,0 b	14 a
DKB390 Pro	12.846 b	13,4 c	173 b	2,0 b	25 b	3,3 a	42 b	0,9 a	11 a	1,0 b	13 b
P 3646 H	13.033 b	14,3b	181 a	2,1 a	28 a	3,6 a	47 a	0,9 a	12 a	1,1 a	14 a
P30F53 YH	13.941 a	14,3 a	199 a	2,1 a	29 a	3,3 b	46 a	0,9 a	12 a	1,0 a	15 a
Média	12.996	12,7	182	2	26	3,3	44	0,85	11	1	13
CV (%)	6,45	2,63	7,25	7,82	11,59	12,7	16,5	7,52	11,59	5,9	5,9

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