



Exportação de macronutrientes por híbridos de milho cultivados em ambientes com diferentes níveis de investimento tecnológico⁽¹⁾.

Carine Gregório Machado Silva⁽¹⁾; Fábio Andrade Padilha⁽²⁾; Aarón Martínez Gutiérrez⁽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, carine.greg@gmail.com. ⁽²⁾ Analista de Desenvolvimento; Codevasf; Montes Claros – MG. ⁽³⁾ Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo; Sete Lagoas – MG; ⁽⁴⁾ 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⁻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 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⁻¹ para esses nutrientes, respectivamente.

Para um rendimento de 10 t ha⁻¹ 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⁻¹. 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⁻¹, 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⁻¹, 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 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	3,9	6,1	5,9	10,7	4,7	3,4	55

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

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 ¹	P ²	K	Ca	Mg	Al	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 —			—%—	
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

¹Ai = Alto investimento; Mi = Médio investimento. ²Extrator 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 ¹	P ²	K	Ca	Mg	Al	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 —			—%—	
Ai ²	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 ³	18	93	4,4	0,8	0	0,6	18	12	4	6,3	5,4	9,4	4	3,8	58

¹Ai = Alto investimento; ²Mi = Médio investimento. ³Extrator Mehlich-1.

Tabela 4- Média dos ambientes de alto e médio investimento para produtividade (Prod, kg ha⁻¹), teor nos grãos (g kg⁻¹) e exportação (Exp, kg ha⁻¹) 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.