

Adubação Foliar da Cultura do Milho Utilizando Produtos Multinutrientes

Antônio M. Coelho^{1/} e Amélio C. Filho^{2/}

^{1/}Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG; CP 151, Email: amcoelho@cnpms.embrapa.br ^{2/}Engº Agrº Plant Ouro Agroquímica Ind. e Com. Ltda, Franca, SP.

Palavras-chaves: micronutrientes, adubação foliar, milho, produção de forragem.

Introdução: No Brasil, a adubação foliar com micronutrientes na cultura do milho tem se intensificado nos últimos anos, tendo contribuído para isso os seguintes fatores: o desenvolvimento de híbridos com elevado potencial produtivo e com maior exigência nutricional; o uso de fórmulas de fertilizantes de alta concentração reduziu a oferta de micronutrientes como impurezas; o avanço da fronteira agrícola para os solos ácidos e pobres – inclusive em micronutrientes – dos cerrados (com exceção do manganês); a correção de acidez com a elevação do pH do solo, diminuindo a disponibilidade (com exceção do molibdênio) dos micronutrientes zinco, boro, cobre, ferro e manganês, originalmente deficientes, podendo diminuir em até 100 vezes a disponibilidade de manganês e zinco, além de reduzir a atividade do cobre e de ampliar os riscos de perdas de boro por lixiviação. Essas condições tem levado a um agravamento geral das deficiências de micronutrientes, tornando-se uma obrigatoriedade as análises de solo e planta visando a um adequado diagnóstico das suas necessidades. Determinar as fontes, doses e épocas de aplicação mais adequadas, bem como verificar possíveis efeitos tóxicos às plantas, pela aplicação de produtos contendo micronutrientes, podem auxiliar de sobremaneira no planejamento da adubação. O presente trabalho teve por objetivo avaliar, para a cultura do milho, a eficiência agrônômica da aplicação foliar de produtos comerciais multinutrientes.

Material e métodos: o experimento foi conduzido na safra 2005/2006, na Fazenda Retiro da Barra, de propriedade de Roberto Mello Carvalho, município de Cássia, MG. O solo, classificado como Latossolo Vermelho, textura média (argila = 33 %), é manejado no sistema de plantio direto e utilizado para produção de milho forrageiro. Resultados das análises químicas de solo, realizadas em amostras coletadas na profundidade de 0 a 20 cm na área experimental, indicou valores de pH (CaCl₂) = 4,98; Ca = 2,12 cmol_c/dm³; Mg = 0,70 cmol_c/dm³; K = 0,31 cmol_c/dm³; P- resina = 44 mg/dm³; Sat. bases = 46 % e M.O = 23 g/dm³. Para os teores de micronutrientes, os resultados são apresentados na Tabela 1. O milho, híbrido simples P30S40, foi semeado em 23/11/2005, no espaçamento de 0,85 m e densidade de 5,4 sementes/m. Na adubação de semeadura foram aplicados 340 kg/ha da fórmula 8-24-12 + 0,4 de N, P₂O₅, K₂O + Zn, respectivamente. Na adubação de cobertura, realizada no estágio V6-folhas, foram aplicados 390 kg/ha da fórmula 30-00-20 de N, P₂O₅, K₂O, respectivamente. Para aplicação dos tratamentos (Tabela 2) foram demarcados na lavoura, 6 talhões com as dimensões de 23 m de comprimento por 4,25 m de largura. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 6 tratamentos (Tabela 2) e 4 repetições. Foram utilizadas duas fontes de micronutrientes, Master® e Ziman®, produzidos pela Plant Ouro Agroquímica Ind. & Com. Ltda, aplicadas via foliar (Tabela 2).

Tabela 1. Indicadores da fertilidade do solo para micronutrientes, avaliadas em amostras coletadas na camada de 0 a 20 cm, nos talhões da área experimental.

Parâmetros ^{1/}	Talhões - Tratamentos					
	01	02	03	04	05	06
Boro (mg/dm ³)	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2	0,3
Cobre (mg/dm ³)	1,8	1,8	1,7	1,7	2,0	1,9
Ferro (mg/dm ³)	29	34	31	32	36	34
Manganês (mg/dm ³)	15,1	15,3	13,7	12,4	11,3	12,9
Zinco (mg/dm ³)	2,8	2,0	2,7	2,2	2,8	4,5

^{1/}Análises realizadas pelo Laboratório da Cooperativa de Cafeicultores e Agropecuarista - Franca, SP. Métodos de extração: B - Mehlich1; Cu, Fe, Mn, Zn - DTPA-TEA.

Para a avaliação dos tratamentos, foram demarcadas em cada talhão, 4 parcelas de 5 linhas de milho, com 5 m de comprimento. Foi considerada como área útil, as 3 fileiras centrais com 3 m de comprimento (7,65 m²). Por ocasião do florescimento, foram coletadas amostras de folhas para avaliação do estado nutricional do milho. Na colheita, realizada com o milho no estágio de grão farináceo (R5), visando à produção de forragem, foram avaliados o estande, o número de espigas, e a massa verde de plantas e espigas. Visando ao cálculo do rendimento de massa seca, foram retiradas subamostras de plantas e espigas para determinação da massa seca a 65 °C. Os dados foram analisados estatisticamente no programa computacional SAS, utilizando-se o procedimento GLM (SAS, 1999). Na comparação das médias utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 2. Relação dos tratamentos envolvendo a aplicação, no estágio V6-folhas de desenvolvimento vegetativo do milho, dos produtos contendo micronutrientes.

N.º	Produtos contendo micronutrientes	Doses	Modo e época de aplicação ^{3/}
01	Master ^{1/}	1,0 kg/ha	Pulverização: milho 6 folhas
02	Master	1,5 kg/ha	Pulverização: milho 6 folhas
03	Master	2,0 kg/ha	Pulverização: milho 6 folhas
04	Master + Ziman ^{2/}	0,75 + 0,75 kg/ha	Pulverização: milho 6 folhas
05	Master + Ziman	1,0 + 1,0 kg/ha	Pulverização: milho 6 folhas
06	Controle	*****	Sem aplicação foliar

^{1/} Milho Master: Zn = 20 %, Mn = 3,0 %, B = 2,0 %, Fe = 1,0 %, Cu = 0,1 %, Mg = 1,0 %. ^{2/} Milho Ziman: Zn = 30 %, Mn = 4,0 %. ^{3/} Aplicação em pulverização diluindo os produtos em 300 l de água/ha.

Resultados e discussão: a recomendação para a aplicação de micronutrientes na cultura do milho pode ser preventiva ou corretiva. Para a aplicação preventiva, utiliza-se como critério os resultados da análise de solo. Para as condições desse experimento e, com base nos resultados das análises de solo para os micronutrientes apresentadas na Tabela 1 e, de acordo com os critérios de interpretação apresentados na Tabela 3, pode-se dizer que, entre os micronutrientes, a maior probabilidade de resposta do milho a adubação seria principalmente para o boro, cujos teores no solo (Tabela 1) são inferiores ao nível crítico de 0,6 mg/dm³ (Tabela 3). Os baixos teores de boro são devidos principalmente aos baixos teores de matéria orgânica (M.O = 22,80 g/dm³) do solo

(Tabela 1), considerada a principal fonte natural deste nutriente para as culturas. Para os demais micronutrientes (Zn, Mn, Cu, Fe) os teores no solo (Tabela 1) estão acima dos níveis críticos estabelecidos (Tabela 3), sendo pouco provável resposta do milho a adubação com esses elementos.

Tabela 3. Classes de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes em análises de solos.

Micronutrientes ^{1/}	Baixo	Médio	Alto
	----- mg/dm ³ -----		
Boro (B)	≤ 0,20	0,21 - 0,60 ^{1/}	> 0,60
Cobre (Cu)	≤ 0,20	0,30 - 0,80	> 0,80
Ferro (Fe)	≤ 4,00	5,00 - 12,00	> 12,00
Manganês (Mn)	≤ 1,20	1,20 - 5,00	> 5,00
Zinco (Zn)	≤ 0,50	0,60 - 1,20	> 1,20

^{1/} Extratores: B = água quente; Cu, Fe, Mn e Zinco = DTPA-TEA. ^{2/} O limite superior desta classe indica o nível crítico. Fonte: Raij et al. (1996).

Análise foliar: Os resultados das análises foliares para os teores de micronutrientes, assim como a faixa de suficiência destes para o milho (Bull, 1993), são apresentados na Tabela 4. Verifica-se que, para o tratamento controle (trat.06), os teores de todos os nutrientes analisados, exceto as do boro, estão dentro ou acima da faixa de suficiência estabelecida, indicando um suprimento adequado de micronutrientes para o milho (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados das análises foliares para micronutrientes.

Nutrientes	Talhões - Tratamentos ^{1/}						Faixa de suficiência ^{2/}
	01	02	03	04	05	06	
B (mg/kg)	15,66	15,88	18,07	21,68	21,52	11,66	15,00 - 20,00
Cu (mg/kg)	12,90	12,91	11,87	10,93	11,90	12,89	6,00 - 20,00
Fe (mg/kg)	100	98	97	91	93	104	50 - 250
Mn (mg/kg)	58	61	49	47	50	48	42 - 250
Zn (mg/kg)	27,78	27,80	26,72	26,83	29,75	33,72	15 - 50

^{1/} Ver Tabela 2. ^{2/} Bull (1993).

Dentre os micronutrientes, o único que apresentou, no tratamento controle (Tabela 4), valores abaixo do nível de suficiência foi o boro, indicando uma provável deficiência deste nutriente. Análises de solo (Tabela 1) para este micronutriente, indicaram valores classificados como de baixo a médio, sendo, entretanto, inferiores ao nível crítico (0,60 mg/dm³) estabelecido (Tabela 3). A aplicação foliar do produto Master na doses de 1,0; 1,5 e 2,0 kg/ha (Tabela 4), isoladamente ou combinado com Ziman, elevou os teores de boro na folha para valores que estão dentro da faixa considerada suficiente (Tabela 4). É importante mencionar que o produto Master contém em sua formulação 2 % de boro (Tabela 2).

Componentes da produção: os dados de alguns componentes da produção, número de plantas e espigas por hectare e índices de espigas, são apresentados na Tabela 5. Para o número de plantas,

foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Isto pode ter ocorrido devido ao fato de que o experimento foi instalado em uma área de milho em que as plantas apresentavam-se no estágio V6-folhas de desenvolvimento vegetativo. Assim, nesta condição, é impossível se ter um controle adequado e uniforme do número de plantas dentro de cada tratamento (Tabela 5).

Tabela 5. Número de plantas e espigas e índices de espigas avaliados nos diferentes tratamentos.

Tratamentos (produtos)	Doses	Número de plantas (1.000/ha)	Número de espigas (1.000/ha)	Índice de espigas
1-Master	1,0 kg/ha	63,34a ^{1/}	61,11a	0,92a
2-Master	1,5 kg/ha	60,45ab	55,88a	0,92a
3-Master	2,0 kg/ha	63,40ab	57,52a	0,90a
4-Master + Ziman	0,75 + 0,75 kg/ha	60,78ab	58,82a	0,97a
5-Master + Ziman	1,0 + 1,0 kg/ha	59,15b	57,84a	0,97a
6-Controle	*****	57,84b	56,54a	0,97a
Média		61,33	57,95	0,94a
CV (%)		4,54	8,08	5,42

^{1/}Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5 %

Apesar de ter ocorrido variação no número de plantas entre os tratamentos (Tabela 5), o que poderia afetar o efeito destes na produtividade, verifica-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos para o número e o índice de espigas (Tabela 5). Assim, pode-se inferir que, na avaliação do rendimento de espigas as diferenças observadas são devidas aos tratamentos aplicados.

Rendimento de massa verde: independente de doses e combinação de produtos, a aplicação foliar do Master afetou significativamente a produção de massa verde de plantas, espigas e total (Tabela 6). As maiores produtividades de massa verde de plantas, espigas e total, foram obtidas com a aplicação foliar de Master na dose de 2,0 kg/ha. Com esse tratamento, a produtividade massa verde total foi de 79,25 t/ha que, comparada ao tratamento controle (67,25 t/ha), representa um aumento de 12 t/ha, ou seja, um ganho de 15 % na produção de forragem (Tabela 6). Por outro lado, verifica-se pela Tabela 6, que a aplicação foliar do produto Master teve um efeito mais significativo sobre o peso verde das espigas. A aplicação foliar de Master, na dose de 2,0 kg/ha, proporcionou, em relação ao tratamento controle, um aumento de 27 % no peso verde das espigas. Em se tratando de produção de milho para forragem, esse é um aspecto de grande importância na melhoria da qualidade da silagem.

Concentração de massa seca na forragem: por afetar a qualidade da silagem, a concentração de massa seca das plantas e espigas, assim como a proporção de espigas na matéria seca total, são parâmetros importantes a serem considerados na produção de forragem de milho. A percentagem de matéria seca das plantas não foi significativamente afetada pela aplicação dos tratamentos (Tabela 7). Entretanto a percentagem de matéria seca das espigas, assim como a contribuição das espigas na matéria seca total, foram significativamente afetadas pela aplicação foliar dos produtos contendo micronutrientes, sendo os tratamentos em que o produto Master foi aplicado nas doses de 1,0 e 1,5 kg/ha os que apresentaram os maiores valores para esses parâmetros (Tabela 7). Comparado ao tratamento controle, a aplicação de Master nas doses mencionadas, proporcionou

um aumento médio de 18 % e 21 %, respectivamente, na percentagem de matéria seca das espigas e a proporção de espigas na matéria seca total.

Tabela 6. Rendimento de massa verde de plantas, espigas e total

Tratamentos (produtos)	Doses	Massa verde plantas (t/ha)	Massa verde espiga (t/ha)	Massa verde total (t/ha)
1-Master	1,0 kg/ha	50,06ab ^{1/}	23,66ab	73,73ab
2-Master	1,5 kg/ha	48,95ab	23,07ab	72,02ab
3-Master	2,0 kg/ha	54,74a	24,51a	79,25a
4-Master + Ziman	0,75 + 0,75 kg/ha	49,60ab	20,07bc	69,67ab
5-Master + Ziman	1,0 + 1,0 kg/ha	46,37b	20,19bc	66,57b
6-Controle	*****	49,28ab	17,97c	67,25b
Média		49,83	21,58	71,41
CV (%)		6,23	8,40	6,30

^{1/}Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5 %

Tabela 7. Concentração de matéria seca nas plantas e espigas e contribuição das espigas na massa seca total

Tratamentos (produtos)	Doses	Massa seca plantas (%)	Massa seca espigas (%)	Espiga na massa seca total (%)
1-Master	1,0 kg/ha	18,77a ^{1/}	43,86a	52,52a
2-Master	1,5 kg/ha	19,48a	43,26ab	51,17a
3-Master	2,0 kg/ha	18,35a	39,98abc	49,36ab
4-Master + Ziman	0,75 + 0,75 kg/ha	21,33a	38,75bc	42,55b
5-Master + Ziman	1,0 + 1,0 kg/ha	20,55a	37,55c	44,41ab
6-Controle	*****	18,43a	35,97c	41,51b
Média		19,48	39,90	46,92
CV (%)		9,68	5,22	8,10

^{1/}Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5 %

Rendimento de massa seca: os resultados de produção de massa seca das plantas, espigas e total, são apresentados na Tabela 8. A aplicação foliar dos produtos não afetou a produção de massa seca das plantas, tendo tido entretanto, um efeito altamente significativo no peso seco de espigas e massa seca total. Independente da dose, a aplicação foliar do Master proporcionou, em relação ao tratamento controle, um aumento médio de 35 % e 21 %, respectivamente, na produção de massa seca de espigas e massa seca total. Com relação ao efeito das doses do produto Master, essas apresentaram resultados similares para produção de massa seca de espigas e total (Tabela 8). O maior efeito do Master sobre o peso de massa seca das espigas do que sobre o peso de massa seca das plantas pode ser devido principalmente ao suprimento de boro contido neste produto. Os resultados das análises de solo e foliar para esse nutriente também contribuem para suportar esta afirmativa. Resultados semelhantes foram verificados por Vaughan (1977) em experimentos sobre o efeito do boro na partição de matéria seca do milho.

Conclusões: nas condições em que este experimento foi conduzido, e com base nas análises e discussões efetuadas, pode-se concluir que: independente do tratamentos aplicados, foi obtida uma produtividade média de 71 t/ha de massa verde e 18 t/ha de massa seca total, o que é considerada uma alta produtividade de milho. A aplicação foliar do produto Master proporcionou, em relação ao tratamento controle, um aumento médio de 21 % na produção de massa seca total, sendo seu efeito mais acentuado sobre o peso de espigas, podendo-se atribuir esses resultados a presença do boro neste produto. A pulverização do milho com doses de 1,0; 1,5 e 2,0 kg/ha do produto Master, diluído em 300 litros de água/ha, no estágio de V6-folhas, apresentaram resultados similares na produção de forragem de milho.

Tabela 8. Rendimento de massa seca de plantas, espigas e total.

Tratamentos (produtos)	Doses	Massa seca plantas (t/ha)	Massa seca espigas (t/ha)	Massa seca total (t/ha)
1-Master	1,0 kg/ha	9,38a ^{1/}	10,38a	19,75a
2-Master	1,5 kg/ha	9,52a	9,98a	19,50a
3-Master	2,0 kg/ha	10,06a	9,78a	19,84a
4-Master + Ziman	0,75 + 0,75 kg/ha	10,57a	7,80b	18,37ab
5-Master + Ziman	1,0 + 1,0 kg/ha	9,54a	7,58b	17,13ab
6-Controle	*****	9,05a	6,49b	15,54b
Média		9,68	8,67	18,36
CV (%)		10,67	9,79	7,39

^{1/}Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey 5 %

Literatura Citada

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do Milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p.63-145.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. G. (eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim 100).

SAS Institute. 1996. **SAS/STAT guide for personal computers**. Version 8 ed. SAS Inst., Cary, NC, USA.

VAUGHAN, A.K.F. The relation between the concentration of boron in the reproductive e vegetative organs of maize plants and their development. *Rhod. J. Agric. Res.* **15**, 163-170, 1977.