

Qualidade fisiológica e produtividade das sementes de milho tratadas com micronutrientes e cultivadas no período de safrinha

Marizangela Rizzatti Ávila¹, Alessandro de Lucca e Braccini^{2*}, Carlos Alberto Scapim², Danilo Takara Martorelli¹, Leandro Paiola Albrecht¹ e Fernando Santos Facioli²

¹Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá. ²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: albraccini@uol.com.br

RESUMO. A aplicação de micronutrientes visando aumentar a produtividade tem apresentado resultados significativos, principalmente em regiões que adotam elevados níveis de tecnologia e manejo nas culturas. Com o objetivo de verificar o efeito da aplicação do fertilizante Stimulus PG[®] (20,0% de Zn; 3,0% de B; 1,0% de Mg e 1,0% de Mo), via tratamento de sementes, na produtividade e na qualidade fisiológica das sementes de milho produzidas no período de safrinha conduziu-se um experimento utilizando-se sementes de cinco híbridos comerciais de milho (AG-9010, BALU-184, AS-32, CD-304 e FORT), as quais foram tratadas com Stimulus PG[®] (200 g para cada 100 kg de sementes). O experimento foi instalado no delineamento em blocos completos casualizados, com 4 repetições e 2 tratamentos arranjados no esquema de parcelas subdivididas, em que as sementes tratadas e não-tratadas constituíram as subparcelas e os híbridos de milho, as parcelas. Por meio do rendimento das sementes nas unidades experimentais, foram calculadas as produtividades em kg ha⁻¹ e a massa de mil sementes. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada por meio dos testes de germinação (primeira contagem e contagem final), envelhecimento acelerado, frio modificado e condutividade elétrica. Por meio dos resultados obtidos, verificou-se que não houve efeito significativo do tratamento com micronutrientes na produtividade e na massa de mil sementes de todos os híbridos testados. No entanto, houve aumento na germinação e no vigor das sementes produzidas nas subparcelas que receberam tratamento de sementes com micronutrientes, sendo estes resultados variáveis em função do híbrido avaliado e do teste empregado.

Palavras-chave: *Zea mays* L., germinação, vigor, fertilizante.

ABSTRACT. Physiological quality and yield of micronutrient-treated corn seed grown in the late season crop. The use of micronutrients in order to increase yield has shown significant results, mainly in regions which adopt high levels of technology and management on cultures. Thus, the experiment was carried out aiming to verify the effects of the application of the fertilizer Stimulus PG[®] (20.0% of Zn; 3.0% of B; 1% of Mg and 1.0% of Mo), via seed treatment, on the yield and physiological quality of corn seeds grown in the late season crop (fall/winter). Seeds of five commercial corn hybrids were used (AG-9010, BALU-184, AS-32, CD-304 and FORT) and treated with Stimulus PG[®] (200g dose for each 100 kg seeds) before sowing. The experiment was set in a randomized complete block design containing four repetitions and two treatments arranged in subplots. The treated and non-treated seeds constituted the subplots and the corn hybrids, the plots. The productivity (given by kg ha⁻¹ and the weigh of 1000 seeds) was calculated through the yield of the seeds in the experimental units. The physiological quality of corn seeds was evaluated by using the germination test (first counting and final counting), accelerated aging, modified cold test and electrical conductivity. The results obtained in this study has revealed that there was no significant effect on the treatment using micronutrients concerning the productivity and weight of 1000 seeds of all the hybrids tested. However, there was an increase on the germination and vigor of the seeds produced in the subplots which received the micronutrient-seed treatment, whose results can vary according to the evaluated corn hybrid and seed germination and vigor tests.

Key words: *Zea mays* L., germination, vigor, fertilizer.

Introdução

A segunda safra de milho, produzida no período de safrinha, tem sido utilizada pelos agricultores com o objetivo de ser uma das opções de cultivo para o período de inverno. Em alguns estados, ela se tornou tão importante que substituiu quase que

completamente o cultivo do trigo. Sua semeadura é realizada de janeiro a abril, podendo ter sua produtividade afetada pelo regime de chuvas e por fortes limitações de radiação solar e temperatura na fase final de seu ciclo (Sans *et al.*, 2001). Entretanto, no ano agrícola de 2003, os agricultores brasileiros

semearam 3.354,7 milhões de hectares de milho no período da safrinha, atingindo uma produtividade média correspondente a 3.150 kg ha⁻¹, com destaque para o estado do Paraná, um dos maiores produtores nacionais, o qual alcançou uma produtividade média de 3.100 kg ha⁻¹ neste ano (Conab, 2004).

O cultivo do milho safrinha é de grande importância para determinadas regiões e tem se tornado a principal alternativa no inverno. Dessa forma, todos os esforços devem ser direcionados para a maximização da sua eficiência produtiva (Fancelli, 2001). Nesse contexto, há necessidade de se adotar novas práticas culturais com o objetivo de aumentar a quantidade e a qualidade da produção, e o tratamento das sementes com micronutrientes é de fundamental importância nesse processo.

Os micronutrientes são elementos químicos essenciais para o crescimento das plantas e são exigidos em quantidades muito pequenas (Mortvedt, 2001). Embora a participação dos micronutrientes seja pequena, a falta de qualquer um deles pode resultar em perdas significativas de produção (Barbosa Filho *et al.*, 2002).

Cada micronutriente exerce um papel diferenciado nas plantas. O zinco é o nutriente mais limitante à produção de milho (Cantarella, 1993); suas funções básicas na planta estão relacionadas ao metabolismo dos carboidratos, das proteínas e dos fosfatos e à formação da estrutura de auxinas, de RNA e de ribossomos (Borket, 1989). A função do boro está relacionada ao metabolismo de carboidratos, ao transporte de açúcares, à síntese de RNA e de DNA e de fito-hormônios, à formação das paredes celulares, à divisão celular e ao desenvolvimento de tecidos (Dechen, 1988; Borket, 1989).

O manganês participa de ligações energéticas entre o ATP e o complexo enzimático, também requerido na fotossíntese e na fotólise da água. O molibdênio participa como cofator de enzimas (redutase do nitrato, oxidase da xantina, oxidase de aldeído e oxidase de sulfeto).

A cultura do milho tem alta sensibilidade à deficiência de zinco, média à de cobre, de ferro e de manganês e baixa à de boro e de molibdênio (Martens e Westermann, 1991). Alguns híbridos de milho respondem mais do que outros à aplicação de micronutrientes, como demonstraram Giordino e Mortvedt (1969), para o zinco.

Nos últimos anos, a utilização de micronutrientes na agricultura tem sido freqüente. Segundo Lopes e Souza (2001), os principais motivos da utilização de fertilizantes contendo micronutrientes são o desenvolvimento de variedades com elevado potencial produtivo, as perdas anuais de solo devido à erosão e o avanço da fronteira agrícola para regiões onde os solos são ácidos e pobres em micronutrientes, tais como zinco, boro, cobre, ferro e manganês.

Os micronutrientes podem ser aplicados diretamente no solo, por meio da adubação convencional (Cheng, 1985), ou na parte aérea das plantas, por meio da adubação foliar (Pessoa, 1998), ou no solo, por meio da fertirrigação ou do tratamento das sementes (Cheng, 1985).

O tratamento de sementes é uma alternativa para a aplicação de alguns micronutrientes, com resultados amplamente positivos para certas condições específicas. Representa menores custos para a aplicação, maior uniformidade de distribuição (Parducci *et al.*, 1989) e bom aproveitamento pela planta (Luchese *et al.*, 2004), sendo uma prática mais fácil e eficaz de adubação (Vidor e Perez, 1988). Entre os fertilizantes à base de micronutrientes utilizados no tratamento de sementes de milho, disponíveis no mercado, encontra-se um formulado granulado que contém 20% de zinco, 3% de boro, 1% de manganês e 1% de molibdênio, denominado Stimulus (BINOVA, 2002).

Vários trabalhos tem sido realizados com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação de micronutrientes via tratamento de sementes, principalmente de zinco, boro, molibdênio e cobalto, na produtividade das sementes de milho (Reis Júnior, 2003), algodão (Reis Júnior, 2003) e feijão (Cícero *et al.*, 1999). Aplicados de forma isolada (Luchese *et al.*, 2004; Reis Júnior, 2003) ou associados, com dois (Ribeiro *et al.*, 1994; Meschede *et al.*, 2004) ou mais elementos (Smiderle *et al.*, 1999; Cícero *et al.*, 1999).

Trabalhos que visam ao emprego de diversos micronutrientes no tratamento de sementes são importantes, uma vez que as respostas que se têm até o momento são obtidas de forma isolada. Com relação à qualidade fisiológica das sementes, as respostas são obtidas apenas para o tratamento das sementes imediatamente após seu tratamento com micronutrientes e não após a sua produção, como indicam os trabalhos realizados por Ribeiro *et al.* (1994), na germinação e no vigor das sementes de milho, por Ohse *et al.* (1977) em arroz, por Cícero *et al.* (1999), em feijão, por Santos e Estefanel (1986), em soja e, finalmente, por Cheng (1985), em trigo.

A utilização de adubos que visam suprir micronutrientes merece uma atenção especial não somente com os metais essenciais e benéficos, mas também com relação aos tóxicos (cádmio, crômio e chumbo) que, muitas vezes, estão presentes na formulação (Gonçalves Júnior *et al.*, 2000; Gonçalves Júnior e Pessoa, 2002).

Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi verificar a eficiência do tratamento de sementes com o fertilizante à base de micronutrientes Stimulus PG[®] na produtividade e na qualidade fisiológica das sementes de milho produzidas no período de safrinha.

Material e métodos

O presente trabalho foi realizado na Universidade Estadual de Maringá (UEM), Estado do Paraná, durante o ano agrícola de 2003. O experimento de campo foi instalado em área localizada na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), região Noroeste do Estado do Paraná, situada a 52°03'54" de longitude oeste de Greenwich e 23°22'12" de latitude sul, com altitude média de 430 m, e as avaliações de rendimento e de qualidade fisiológica das sementes foram conduzidas no Laboratório de Tecnologia de Sementes do Núcleo de Pesquisas Aplicadas à Agricultura (Nupagri), ambos pertencentes ao Departamento de Agronomia da UEM.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho eutroférrico de textura arenosa (Embrapa, 1999). O tipo climático predominante é o Cfa - subtropical úmido mesotérmico, segundo a classificação de Koeppen. Esse tipo climático se caracteriza pela predominância de verões quentes, baixa frequência de geadas severas e uma tendência de concentração de chuvas no período de verão (Iapar, 1987). Os dados locais de precipitação pluvial, de temperaturas máxima e mínima diárias e de umidade relativa do ar, referentes ao período de duração do experimento em campo, foram coletados diariamente e apresentados em decêndios (Tabela 1).

Foram utilizadas sementes de milho provenientes de cinco lotes comerciais, sendo que cada lote se constituiu de um híbrido. Os híbridos utilizados nesse experimento foram: AG-9010 (híbrido simples modificado), BALU-184 (híbrido duplo), AS-32 (híbrido duplo), CD-304 (híbrido triplo) e FORT (híbrido simples), cujas sementes tinham recebido tratamento com fungicida e inseticida.

Tabela 1. Dados de temperaturas máxima e mínima, precipitação pluvial e umidade relativa do ar, no período de condução do experimento (Maringá, Estado do Paraná, 2003).

Meses ¹	Temperatura		Precipitação pluvial (mm)	Umidade relativa (%)	
	Máxima (°C)	Mínima (°C)			
Fevereiro	(1)	30,0	9,2	71,6	
	(2)	28,8	7,4	69,2	
	(3)	30,9	22,4	1,3	69,2
Março	(1)	31,6	21,7	5,9	74,3
	(2)	29,6	20,2	3,1	62,6
	(3)	28,5	16,5	2,1	64,3
Abril	(1)	29,6	18,8	2,4	71,3
	(2)	24,2	15,3	7,8	75,7
	(3)	28,8	20,3	0,0	71,1
Maio	(1)	22,8	12,0	1,8	77,2
	(2)	26,0	16,0	0,0	64,5
	(3)	23,7	13,9	2,8	67,7
Junho	(1)	24,1	16,5	3,7	76,9
	(2)	26,2	17,6	0,0	64,8
	(3)	25,9	15,1	0,0	65,9
Julho	(1)	23,7	15,1	2,8	71,7
	(2)	21,4	12,8	0,2	69,6

(3) 26,3 18,9 0,0 58,4

¹(1), (2) e (3) representam os decêndios do mês.

O sistema de preparo do solo empregado foi o convencional, mediante a utilização de arado escarificador e uma gradagem niveladora. A adubação de semeadura seguiu as recomendações sugeridas por Rajj *et al.* (1996) para a produtividade esperada de 4,0 t ha⁻¹, utilizando-se 200 kg ha⁻¹ da formulação 8-28-16.

A semeadura foi realizada em 22/2/2003. O Stimulus PG[®] (20,0% de Zn; 3,0% de B; 1,0% de Mg e 1,0% de Mo) foi aplicado diretamente sobre as sementes, no momento da semeadura, levando-se em consideração a recomendação de 200 g do produto comercial para cada 100 kg de sementes (BINOVA, 2002) e, em seguida, foram semeadas com o auxílio de matracas, 3 sementes a cada 20 cm, a uma profundidade aproximada de 3,0 cm. Aos dez dias após a emergência, realizou-se o desbaste para a obtenção da população aproximada de 66.000 plantas ha⁻¹. A adubação de cobertura foi realizada no estádio de 6 a 8 folhas totalmente expandidas, com 30 kg ha⁻¹ N, utilizando-se como fonte de N o sulfato de amônio.

O experimento foi instalado no delineamento em blocos completos casualizados, com 4 repetições e tratamentos arranjados no esquema de parcelas subdivididas, utilizando-se sementes tratadas e não-tratadas com fertilizante à base de micronutrientes (Stimulus PG[®]) constituindo as subparcelas e os híbridos de milho nas parcelas. As parcelas foram constituídas de 6 linhas com 10 m de comprimento, espaçadas de 0,9 m entre si e divididas em subparcelas com 5 m de comprimento. A área útil das parcelas apresentou 14,5 m². Na colheita, foram eliminadas as duas fileiras externas, bem como 0,5 m de cada extremidade das linhas centrais como bordaduras; a área útil de cada subparcela foi de 7,25 m².

Todos os tratos culturais foram realizados de acordo com Embrapa (1993).

A colheita foi realizada manualmente, na área útil das parcelas. Em seguida, efetuou-se a debulha manual das espigas e foram calculadas as produtividades em kg ha⁻¹ e a massa de mil sementes.

Rendimento de sementes

Partindo-se do rendimento de sementes nas subparcelas, foram calculadas as produtividades em kg ha⁻¹. Para o cálculo do rendimento, a umidade das sementes, determinada pelo método de estufa a 105±3°C, por 24 horas (Brasil, 1992), foi corrigida para 13% de umidade.

Massa de mil sementes

A massa de mil sementes foi determinada pela

pesagem de 8 subamostras de 100 sementes para cada lote, com auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama, multiplicando os resultados por 10 (Brasil, 1992).

Grau de umidade

O grau de umidade, expresso com base na massa da amostra úmida, foi calculado por meio da seguinte expressão (Brasil, 1992):

$$\%U_{(bu)} = \frac{P_u - P_s}{P_u - T} \times 100,$$

em que:

$\%U_{(bu)}$ = grau de umidade da amostra base úmida (em porcentagem);

P_u = massa das sementes úmidas;

P_s = massa das sementes secas;

T = tara do recipiente.

A qualidade fisiológica das sementes de milho foi avaliada por meio dos testes de germinação (primeira contagem e contagem final), de envelhecimento acelerado, de frio modificado e de condutividade elétrica, conforme descritos a seguir:

Teste de germinação

O teste de germinação foi conduzido com 4 subamostras de 50 sementes para cada lote e repetição de campo, colocadas para germinar entre três folhas de papel-toalha embebidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Foram confeccionados rolos, sendo estes levados para um germinador do tipo "Mangelsdorf", regulado para manter constante a temperatura de 25°C. As avaliações foram realizadas aos quatro (primeira contagem) e sete dias (contagem final), computando-se a porcentagem de plântulas normais, segundo os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992). A primeira contagem foi considerada um indicativo de vigor e a contagem final, da viabilidade das sementes.

Envelhecimento acelerado

O envelhecimento acelerado foi realizado com 4 subamostras de 50 sementes para cada lote e repetição de campo. Para a avaliação do teste de envelhecimento acelerado, foram utilizadas caixas plásticas do tipo "gerbox", adaptadas com tela metálica. No seu interior, abaixo da tela, foram adicionados 40 mL de água destilada para formar uma câmara úmida e, sobre a tela, distribuíram-se as sementes em camada única, ficando à distância de aproximadamente 2 cm do nível superior da lâmina de água. Em seguida, as caixas foram fechadas, lacradas com fita crepe e mantidas em uma estufa incubadora, regulada para manter constante a temperatura de 41°C, por um período de 96 horas.

Após o período de envelhecimento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito anteriormente, e a avaliação foi realizada ao final do quarto dia após a semeadura, computando-se as plântulas consideradas normais (Marcos Filho, 1999).

Teste de frio modificado

Teste de frio modificado foi conduzido com 4 subamostras de 50 sementes para cada lote e repetição de campo. Como substrato, foram utilizadas três folhas de papel-toalha umedecidas com água destilada. Após a semeadura, confeccionaram-se rolos, sendo estes envoltos por sacos plásticos e lacrados com fita adesiva, permanecendo nessa condição por um período de sete dias em uma câmara de germinação, regulada à temperatura constante de 10°C. Em seguida, os rolos foram levados para um germinador regulado para manter constante a temperatura de 25°C, durante quatro dias, procedendo-se, em seguida, à avaliação (Barros *et al.*, 1999). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais obtidas na data de avaliação, segundo os critérios adotados para o teste de germinação (Brasil, 1992).

Condutividade elétrica

Condutividade elétrica foi avaliada utilizando-se 4 subamostras de 50 sementes para cada lote e repetição de campo. Inicialmente, as sementes foram pesadas, eliminando-se aquelas com trincas e/ou fraturas, mesmo as superficiais. Posteriormente, foram pesadas e colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água deionizada e, então, levadas para uma estufa incubadora regulada à temperatura de 25°C, por um período de 24 horas. Ao final desse período, efetuou-se a leitura da condutividade elétrica na solução de embebição, utilizando-se um condutivímetro microprocessado digital de bancada, modelo ACA 150, da marca Alpax. Previamente à leitura, a solução de embebição foi levemente agitada com a ajuda de um bastão de vidro. O eletrodo do aparelho foi lavado em água deionizada e seco com papel toalha antes de cada medição. O valor indicado pelo aparelho foi anotado e dividido pela massa de sementes obtida de cada subamostra. Desse modo, o resultado obtido foi expresso em $\mu\text{Scm}^{-1} \text{g}^{-1}$ (Vieira e Krzyzanowski, 1999).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, na presença de interação significativa, procederam-se aos desdobramentos necessários. As médias foram comparadas pelo método de agrupamento de Scott e Knott (1974) para a avaliação dos híbridos em cada tratamento e pelo teste F para os tratamentos realizados em cada híbrido, a 5% de probabilidade.

Resultado e discussão

Na Tabela 2 são apresentados os valores referentes à massa de mil sementes e produtividade de sementes de cinco híbridos de milho submetidas ou não ao tratamento com micronutrientes. Os resultados da massa de mil sementes (Tabela 2A) indicaram que não houve diferença significativa entre os híbridos AG-9010, BALU-184 e FORT, quando as sementes não foram tratadas com micronutrientes. Por outro lado, os híbridos AS-32 e CD-304 apresentaram, nessas condições, os menores valores para a característica em questão. Em contrapartida, quando as sementes foram submetidas ao tratamento com micronutrientes, apenas o híbrido AS-32 apresentou massa de mil sementes significativamente inferior aos demais.

Comparando-se os resultados de cada híbrido em relação ao tratamento das sementes com micronutrientes, verifica-se que não houve diferença significativa na massa de mil sementes entre os dois tratamentos para todos os híbridos avaliados (Tabela 2A). Independentemente de terem sido tratadas ou não com micronutrientes, as sementes de todos os híbridos alcançaram massa de mil sementes semelhantes, ou seja, nas condições em que foi realizado o experimento, a aplicação de micronutrientes nas sementes de milho não foi eficiente em aumentar a referida característica. Segundo Massey e Loefel (1966), a atuação de determinados micronutrientes, como o zinco, pode ser indireta, influenciando o tamanho das sementes ou o número de sementes por espiga, o que não foi observado neste experimento.

Tabela 2. Massa de mil sementes (A), em gramas, e rendimento de sementes (B), em kg ha⁻¹, de cinco híbridos de milho, com e sem aplicação de micronutrientes (Maringá, Estado do Paraná, 2003).

Híbridos	A			B		
	Micro-nutrientes ¹		Média	Micro-nutrientes ¹		Média
	Com	Sem		Com	Sem	
AG-9010	32,16 Aa	30,16 Aa	31,16	3743,32 Ba	472,13 Aa	3607,73
BALU-184	30,75 Aa	30,06 Aa	30,41	4347,23 Aa	795,18 Aa	4071,21
AS-32	25,31 Ba	26,06 Ba	25,69	3302,86 Ba	541,08 Aa	3421,97
CD-304	29,09 Aa	27,09 Ba	28,09	4298,26 Aa	971,75 Aa	4135,01
FORT	32,13 Aa	31,47 Aa	31,80	4665,31 Aa	202,44 Aa	4433,88
Média	29,89	28,97		4071,39	3796,52	
V. A (%)	5,51			12,17		
V. B (%)	2,23			11,21		

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott (1974), ou médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade.

É fato notório que os híbridos diferenciaram-se entre si quanto as suas exigências nutricionais, principalmente quanto ao zinco, o que foi observado por Cox e Wear (1977) trabalhando com as culturas do milho e do arroz. As diferenças observadas entre os híbridos de milho avaliados quanto à massa de mil sementes se devem ao fato de cada híbrido possuir características genéticas diferentes e, também, por terem sido desenvolvidos para o

cultivo de verão, embora alguns dos materiais sejam, também, indicados para o cultivo em safrinha.

Quanto ao rendimento de sementes (Tabela 2B), verifica-se que, quando as sementes não foram tratadas com o produto, os híbridos avaliados não apresentaram diferenças significativas entre si, apresentando uma produtividade média de 3796,52 kg ha⁻¹, rendimento considerado superior à média de produtividade paranaense, registrada nos últimos 10 anos, ou seja, de 2.490 kg ha⁻¹ (Conab, 2004); isso se deve, provavelmente, ao fato de as condições climáticas registradas no período de condução do experimento (Tabela 1) terem sido favoráveis ao cultivo do milho safrinha.

Comparando-se os resultados de produtividade entre os híbridos que tiveram suas sementes tratadas com micronutrientes, observa-se que os híbridos BALU-184, CD-304 e FORT obtiveram os melhores resultados quanto ao rendimento de sementes, enquanto que os híbridos AG-9010 e AS-32 apresentaram rendimentos significativamente inferiores. Não foram encontrados trabalhos na literatura especializada que dessem suporte à causa do menor rendimento obtido por esses híbridos, quando suas sementes foram tratadas com micronutrientes. Algumas suposições podem ser levantadas, tais como a aplicação dos micronutrientes de maneira desuniforme nas sementes, muito embora alguns trabalhos tenham confirmado que o tratamento de sementes com determinados micronutrientes isolados é mais responsivo na produtividade do milho, do que outras formas de aplicação (Santos e Estefanel, 1986; Sagiorato *et al.*, 1993).

Observa-se que o tratamento das sementes de milho com micronutrientes não apresentou resultados satisfatórios em aumentar a produtividade de sementes de todos os híbridos avaliados nesse experimento, o que difere de outros autores. Sagiorato *et al.* (1993), realizando ensaios em dois locais no estado de Goiás, Quirinópolis e Montevídiu, verificaram que, quando as sementes foram tratadas com zinco, houve um incremento de 38,8% na produção de sementes de milho. Em soja, a aplicação de zinco nas sementes proporcionou um aumento de 535 kg na produtividade, em comparação com a testemunha (Santos e Estefanel, 1986).

Para o boro, Büll (1993) verificou que as respostas da aplicação desse micronutriente na cultura do milho são, na maioria das vezes, inconsistentes. Da mesma forma, Abreu e Lopes (1995) não verificaram resposta da cultura do milho à aplicação do referido micronutriente, o que está de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho.

Uma outra suposição é que, para cada micronutriente, tem-se uma forma mais recomendada de aplicação. Desse modo, para o zinco tem sido mais recomendada a aplicação foliar, devido à baixa mobilidade do elemento na planta (Volkweiss, 1997); no entanto outros trabalhos demonstram que o zinco absorvido pela planta concentra-se principalmente nas raízes, sendo parte do elemento translocado para os grãos (Karlen *et al.*, 1988), o que confirma a importância do tratamento de sementes no fornecimento de determinados micronutrientes às plantas, principalmente quando as condições do ambiente restringem o crescimento radicular (Edwards e Kamprath, 1974), condições estas normalmente observadas no período de safrinha.

Segundo Yamada e Lopes (1998), a aplicação de boro deve ser efetuada no solo para que seja plenamente aproveitada pela planta, uma vez que, caso o elemento seja aplicado via foliar, não será translocado do local de aplicação, devido a sua baixa mobilidade dentro das plantas. O contrário tem sido observado para o molibdênio, pois, devido a sua alta mobilidade na planta, pode proporcionar resultados satisfatórios, desde que a aplicação seja realizada no início do desenvolvimento vegetativo da cultura da soja (Meschede *et al.*, 2004).

Comparando os resultados obtidos na avaliação de rendimento com a massa de mil sementes (Tabela 2A, B), observa-se que, para alguns híbridos, não houve relação direta entre essas duas características, quando as sementes foram tratadas, uma vez que o AG-9010, apesar de ter apresentado valores estatisticamente iguais aos híbridos BALU-184, CD-304 e FORT, quanto à massa de mil sementes, foi o menos produtivo, juntamente com o híbrido AS-32.

Os resultados referentes à porcentagem de plântulas normais obtidas na primeira contagem e na contagem final do teste de germinação, com e sem o tratamento de sementes com micronutrientes, encontram-se apresentados no Tabela 3. Para a primeira contagem do teste de germinação, verifica-se, por meio dos resultados obtidos na ausência do tratamento com o fertilizante, que o híbrido AG-9010 apresentou a maior porcentagem de plântulas normais na referida característica e, portanto, maior vigor. No entanto, quando as sementes foram tratadas com micronutrientes, o híbrido CD-304 apresentou maior porcentagem de plântulas normais nessa mesma característica, ou seja, suas sementes foram mais vigorosas, enquanto que as do híbrido FORT apresentaram menor vigor (Tabela 3A).

Tabela 3. Porcentagem de plântulas normais na primeira contagem (A) e na contagem final (B) do teste de germinação das sementes de cinco híbridos de milho, com e sem aplicação de micronutrientes (Maringá, Estado do Paraná, 2003).

Híbridos	A		Média	B		Média
	Micro-nutrientes ¹			Micro-nutrientes ¹		
	Com	Sem	Com	Sem		
AG-9010	78,00 Cb	87,87 Aa	84,94	92,50 Aa	93,37 Aa	92,94
BALU-184	80,75 Ba	77,75 Ba	79,25	93,25 Aa	86,75 Bb	90,00
AS-32	75,37 Ca	76,87 Ba	76,12	84,37 Ba	86,12 Ba	85,25
CD-304	85,00 Aa	78,50 Bb	81,75	95,00 Aa	90,25 Ab	92,63
FORT	65,37 Db	79,25 Ba	72,31	78,50 Cb	92,25 Aa	85,38
Média	76,89	80,05		88,72	89,75	
C.V. A (%)	3,13			2,21		
C.V. B (%)	3,31			4,23		

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott (1974), ou médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Em contrapartida, observa-se que o tratamento de sementes com micronutrientes, em comparação com a ausência do tratamento, apresentou resultados satisfatórios em aumentar o vigor das sementes, avaliado por meio da primeira contagem do teste de germinação, apenas para o híbrido CD-304. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para as sementes dos híbridos BALU-184 e AS-32, enquanto que, para os híbridos AG-9010 e FORT, o tratamento das sementes com micronutrientes reduziu o seu vigor (Tabela 3A).

A contagem final do teste de germinação das sementes identificou os híbridos AG-9010, CD-304 e FORT como os que possuem maior porcentagem de plântulas normais, quando suas sementes não foram tratadas, enquanto que as do híbrido BALU-184 e AS-32 apresentam menor germinação. No entanto, na presença do tratamento de sementes, novamente os híbridos AG-9010 e CD-304, além do BALU-184, apresentaram a maior porcentagem de germinação, quando comparados com os demais híbridos (Tabela 3B).

Comparando-se o efeito da presença com a ausência do tratamento das sementes com micronutrientes, observa-se que apenas as sementes dos híbridos BALU-184 e CD-304 apresentaram aumento na porcentagem de germinação com a aplicação de micronutrientes via tratamento de sementes. Para os híbridos AG-9010 e AS-32, não houve diferença significativa entre os tratamentos, enquanto que, para as sementes do híbrido FORT, houve redução no poder germinativo com o referido tratamento (Tabela 3B).

No Tabela 4, estão apresentados os resultados referentes à porcentagem de plântulas normais obtidas nos testes de frio sem solo e de envelhecimento acelerado das sementes de cinco híbridos de milho, na ausência e na presença do tratamento com micronutrientes. Observa-se que, quando as sementes não foram tratadas, o híbrido CD-304 foi o único que apresentou menor porcentagem de plântulas normais no teste de frio sem solo, em comparação com os demais híbridos. Quando as sementes foram tratadas com o fertilizante à base de micronutrientes, os híbridos

AG-9010, BALU-184 e AS-32 apresentaram sementes mais vigorosas, enquanto que os híbridos CD-304 e FORT apresentaram menor porcentagem de plântulas normais e, portanto, menor potencial fisiológico de suas sementes no referido teste. Os resultados obtidos na comparação dos tratamentos com e sem aplicação de micronutrientes apontaram diferenças significativas apenas para o híbrido FORT, enquanto que os demais híbridos não apresentaram diferenças significativas nessa característica (Tabela 4A).

No teste de envelhecimento acelerado (Tabela 4B), foi observado efeito significativo do tratamento de sementes com micronutrientes para praticamente todos os híbridos avaliados, com exceção do AS-32 que não apresentou diferença significativa entre a presença e a ausência do tratamento.

Observa-se que, na ausência do tratamento das sementes, o híbrido FORT foi o único que apresentou menor porcentagem de plântulas normais no teste de envelhecimento acelerado, em comparação com os demais híbridos que não diferiram significativamente entre si na referida característica. Em contrapartida, quando as sementes foram tratadas com o fertilizante, os resultados apontaram as sementes dos híbridos BALU-184 e CD-304 como as de maior vigor (Tabela 4B). Ribeiro e Santos (1996) verificaram que plantas bem nutridas em zinco apresentaram maior desenvolvimento inicial, principalmente em condições adversas de temperatura e de umidade no solo.

Tabela 4. Porcentagem de plântulas normais no teste de frio sem solo (A) e de envelhecimento acelerado (B) das sementes de cinco híbridos de milho, com e sem aplicação de micronutrientes (Maringá, Estado do Paraná, 2003).

Híbridos	A			B		
	Micro-nutrientes ¹		Média	Micro-nutrientes ¹		Média
	Com	Sem		Com	Sem	
AG-9010	84,12 Aa	84,25 Aa	84,19	68,25 Ba	61,87 Ab	65,06
BALU-184	85,75 Aa	85,37 Aa	85,56	78,87 Aa	63,62 Ab	71,25
AS-32	83,62 Aa	83,87 Aa	83,75	64,37 Ba	65,50 Aa	64,94
CD-304	74,75 Ba	77,75 Ba	76,25	74,75 Aa	62,37 Ab	68,56
FORT	77,37 Bb	81,62 Aa	79,49	55,00 Ca	33,75 Bb	44,38
Média	81,12	82,57		68,25	57,42	
C.V. A (%)	2,66			6,40		
C.V. B (%)	6,01			7,52		

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott (1974), ou médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade.

O teste de condutividade elétrica (Tabela 5A), por sua vez, revelou, em seus resultados, que as sementes do híbrido AS-32 foram menos vigorosas, em comparação com as sementes dos demais híbridos, tanto na presença quanto na ausência do tratamento com micronutrientes. No entanto, na comparação do efeito do tratamento das sementes, não houve diferença estatística entre os híbridos avaliados, indicando que o tratamento com

micronutrientes não foi eficiente em aumentar o vigor das sementes no referido teste. O grau de umidade das sementes (Tabela 5B), medido logo após a colheita do experimento, variou entre 10% e 14%, dependendo do híbrido avaliado.

Tabela 5. Condutividade elétrica (A), em $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$, e grau de umidade (B), em %, das sementes de cinco híbridos de milho, com e sem aplicação de micronutrientes (Maringá, Estado do Paraná, 2003).

Híbridos	A		Média	B		Média
	Micro-nutrientes ¹			Micro-nutrientes ²		
	Com	Sem	Com	Sem		
AG-9010	12,82 Ca	14,88 Ba	13,85	11,38	10,86	11,12
BALU-184	10,83 Ca	13,27 Ba	12,05	13,34	12,44	12,89
AS-32	27,49 Aa	27,39 Aa	27,44	12,99	14,09	13,54
CD-304	16,11 Ba	15,25 Ba	15,68	13,40	11,74	12,57
FORT	15,93 Ba	17,25 Ba	16,59	14,09	14,63	14,36
Média	16,64	17,61		13,04	12,75	
C.V. A (%)	17,09			11,98		
C.V. B (%)	11,98					

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott (1974), ou médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste F, a 5% de probabilidade.
²Médias não submetidas à análise estatística.

Conclusão

O tratamento das sementes com micronutrientes não apresentou resposta significativa na produtividade e na massa de mil sementes de todos os híbridos testados;

- a germinação e o vigor das sementes aumentaram significativamente com aplicação do fertilizante, sendo este resultado variável em função do híbrido avaliado e do teste empregado.

Referências

- ABREU, C.A.; LOPES, A.S. Identificação de deficiências de micronutrientes em cinco solos de várzea da região de cerrado de Minas Gerais. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO*, 2., Belém, 1985. *Resumos...* Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1985. p. 76.
- BARROS, A.S.R. *et al.* Teste de frio. *In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al.* (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, 1999. cap. 5, p. 1-15.
- BARBOSA FILHO, M.P. *et al.* Arroz, milho e trigo. *In: BINOVA. Micronutrientes*. Ribeirão Preto: Binova, 2002. 3p. (Informativo Técnico).
- BINOVA. *Tratamento de sementes: Stimulus fertilizante*. Ribeirão Preto: Binova, 2002. 2p. (Informativo Técnico).
- BORKET, C.M. Micronutrientes na planta. *In: BÜLL, L.T.; ROSELEM, C.A.* (Ed.). *Interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação*. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1989. p. 309-329.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. *Regras para análise de sementes*. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. *In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H.* (Ed.). *Cultura do milho: fatores que*

- afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 63-145.
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 147-196.
- CHENG, T. The effect of the seed treatment with microelements upon the germination and early growth of wheat. *Sci. Sin.*, Beijing, v. 44, p. 129-135, 1985.
- CICERO, S.M. et al. Aplicação de micronutrientes e de inoculantes em sementes de feijão: efeitos na produção e na qualidade fisiológica das sementes. *Inf. Abrates*, Curitiba, v. 9, n. 1/2, p. 97, 1999.
- CONAB-COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safras 1990/91 a 2003/04 - Séries históricas. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/safras.asp>>. Acesso em: 15 dez. 2004.
- COX, F.R.; WEAR, J.J. *Diagnosis and correction of zinc problems in corn and rice production*. Raleigh: North Carolina State Univ., 1977. 73p. (South. Coop. Ser. Bull., 222).
- DECHEN, A.R. Micronutrientes: funções nas plantas. In: FERREIRA, M.E. (Coord.). SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., Jaboticabal, 1988. *Anais...* Jaboticabal: FCAV/Unesp, 1988. p. 111-132.
- EDWARDS, J.H.; KAMPRATH, E.J. Zinc accumulation by corn seedlings as influenced by phosphorus, temperature, and light intensity. *Agron. J.*, Madison, v. 66, n. 4, p. 479-482, 1974.
- EMBRAPA. *Recomendações técnicas para o cultivo do milho*. Brasília: Embrapa-SPI, 1993.
- EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação dos solos*. Embrapa: Brasília, 1999.
- FANCELLI, A.L. Fisiologia das plantas de milho em condições de safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 6., e CONFERÊNCIA NACIONAL DE POS-COLHEITA SAG-MERCOSUL, 2., e SIMPÓSIO EM ARMAZENAGEM DE GRAOS DO MERCOSUL, 2., 2001, Londrina. *Valorização da produção e conservação de grãos no mercosul: a cultura do milho safrinha*. Londrina: Fapeagro, 2001. p. 11-31.
- GIORDINO, P.M.; MORTVEDT, J.J. Response of several corn hybrids to level of water-soluble zinc in fertilizers. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, v. 33, p. 145-148, 1969.
- GONCALVES JUNIOR, A.C. et al. Avaliação da fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e crômio, em soja cultivada em Latossolo Vermelho Escuro, tratado com fertilizantes comerciais. *Quim. Nova*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 173-177, 2000.
- GONCALVES JUNIOR, A.C.; PESSOA, A.C.S. Avaliação da fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e crômio, em soja cultivada em Argissolo Vermelho Eutrófico, tratado com fertilizantes comerciais. *Sci. Agrar.*, Curitiba, v. 3, n. 1-2, p. 19-23, 2002.
- IAPAR. *Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná*. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1987.
- KARLEN, D.L. et al. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. *Agron. J.*, Madison, v. 80, n. 2, p. 232-242, 1988.
- LOPES, A.S.; SOUZA, E.C.A. Filosofias e eficiência de aplicação. In: FERREIRA, M.E. et al. (Ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001. p. 255-282.
- LUCHESE, A.V. et al. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 24, n. 6, p. 1949-1952, 2004.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYŻANOWSKI, F.C. et al. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, 1999. cap. 3, p. 1-24.
- MARTENS, D.C.; WESTERMANN, D.T. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. In: MORTVEDT, J.J. et al. (Ed.). *Micronutrients in agriculture*. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 549-592.
- MASSEY, H.F.; LOEFEL, F.A. Variation of zinc content of grain from inbred lines of corn. *Agron. J.*, Madison, v. 58, n. 2, p. 143-144, 1966.
- MESCHEDÉ, D.K. et al. Rendimento, teor de proteínas nas sementes e características agrônômicas das plantas de soja em resposta a adubação foliar e tratamento de sementes com molibdênio e cobalto. *Acta Sci.*, Maringá, v. 26, n. 2, p. 139-145, 2004.
- MORTVEDT, J.J. Tecnologia e produção de fertilizantes com micronutrientes. Presença de elementos tóxicos. In: FERREIRA, M.E. et al. (Ed.). *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001. p. 237-254.
- OHSE, S. et al. Efeito de fontes e doses de zinco sobre a germinação e o vigor de sementes de arroz irrigado. *Rev. Bras. Sem.*, Brasília, v. 19, n. 2, p. 370-374, 1977.
- PARDUCCI, S. et al. *Micronutrientes*. Campinas: Microquímica, 1989.
- PESSOA, A.C.S. *Atividades de nitrogenase e redutase do nitrato e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo*. 1998. (Tese de Doutorado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- RAIJ, B. VAN. et al. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1996. p. 60-61. (Boletim, 100).
- REIS JÚNIOR, A. *Avaliação agrônômica do Stimulate® na cultura do algodão*. Disponível em: <http://www.fundacaochapadao.com.br/v1/images/stories/arquivos/artigos/Algodao_Stoller_01-02.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2003.
- RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S. Aproveitamento de zinco aplicado na semente e na nutrição da planta. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 159-165, 1996.
- RIBEIRO, N.D. et al. Tratamento de sementes de milho com fontes de zinco e boro. *Rev. Bras. Sem.*, Brasília, v. 16, n. 2, p. 116-120, 1994.
- SAGIORATO, J.A. et al. Adubação com micronutrientes na cultura do milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., Petrolina, 1993. *Anais...* Petrolina: SBCS/Embrapa, 1993. p. 394-395.
- SANS, L.M.A. et al. *Zoneamento agrícola: época de*

- plantio do milho*. Disponível em: 197-204.
<<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/zoneamen.htm>>. Acesso em: 15 dez. 2001.
- SANTOS, O.S.; ESTEFANEL, V. Efeito de micronutrientes e do enxofre aplicados nas sementes de soja. *Rev. Centro Cienc. Rurais*, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 5-17, 1986.
- SCOTT, A.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. *Biometrics*, Washington, D.C., v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.
- SMIRDELE, O.J. *et al.* Tratamento de sementes de feijão com micronutrientes: embebição e qualidade fisiológica. *Inf. Abrates*, Curitiba, v. 9, n. 1/2, p. 100, 1999.
- VIDOR, C.; PERES, J.R.R. Nutrição das plantas com molibdênio e cobalto. In: BORKET, C.M.; LANTMANN, A.F. (Ed.). *Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira*. Londrina: Embrapa-CNPSO/SBCS, 1988. p.
- VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C. *et al.* (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates, 1999. Cap.4, p.1-26.
- VOLKWEISS, S.J. Fontes e métodos de aplicação. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.). *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. p. 391-409.
- YAMADA, T.; LOPES, A.S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. *Inf. Agron.*, Curitiba, n. 84, p. 1-8, 1998.

Received on October 25, 2005.

Accepted on August 09, 2006.