

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SORGO EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO COM COBRE E ZINCO

Hemmannuella Costa Santos

Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Departamento de Solos e Engenharia Rural, CCA, UFPB, Areia, PB, CEP. 58397-000, e-mail: hecosantos@yahoo.com.br

Jeandson Silva Viana

Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Departamento de Fitotecnia, CCA, UFPB, Areia, PB, CEP. 58397-000, e-mail: jeandsonsv@hotmail.com

Edilma Pereira Gonçalves

Dra. em Agronomia - Produção e Tecnologia de Sementes, Bolsista PRODOC-CAPES - UFPB/CCA, Areia, PB, e-mail: edilmapg@hotmail.com

Riselane de Lucena Alcântara Bruno

Prof. Associado I, Bolsista CNPq, Departamento de Fitotecnia, UFPB, Areia, PB, e-mail: riselane@pq.cnpq.br

Vânia da Silva Fraga

Prof. Adjunto, Departamento de Solos e Engenharia Rural, UFPB, Areia, PB, e-mail: vfraga@cca.ufpb.br

RESUMO - Para se obter altas produtividades são necessárias que sementes de qualidade sejam semeadas e, para a produção destas, plantas produtoras devem receber tratamento adequado, como a adubação. Objetivou-se avaliar o emprego da adubação com cobre (Cu) e zinco (Zn), em três tipos de solos, e sua influência sobre a qualidade fisiológica de sementes de sorgo, em experimento em blocos casualizados e com três repetições. Os tratamentos consistiram da combinação de cinco doses de Cu (0,0; 0,26; 0,90; 1,54; 1,80 mg kg⁻¹ de solo) e de Zn (0,0; 0,32; 1,10; 1,88; 2,20 mg kg⁻¹ de solo), perfazendo nove tratamentos na matriz experimental Composto Central de Box. As sementes produzidas foram analisadas quanto ao peso de cem sementes, germinação e vigor (primeira contagem de germinação, IVG, emergência, primeira contagem de emergência, IVE e massa seca de plântulas). As doses de cobre e zinco proporcionaram aumentos no peso de cem sementes e nos testes de vigor. As plantas cultivadas no Luvissole produziram sementes de melhor qualidade fisiológica.

Palavras chave: *Sorghum bicolor*, germinação, vigor, micronutrientes.

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SORGHUM SEEDS IN RESPONSE TO COPPER AND ZINC FERTILIZATION

ABSTRACT - To have high yields it is necessary that seed of good quality be sowing and, to produce them, mother plants should receive appropriate treatment, like fertilization. Aiming evaluate how copper and zinc fertilization, in three types of soil, and its influence in physiological quality of sorghum seeds, in an experiment in randomized blocks with tree replicates. The treatments were a combination of five levels of Cu (0,0; 0,26; 0,90; 1,54; 1,80 mg kg⁻¹ of soil) and five levels of Zn (0,0; 0,32; 1,10; 1,88; 2,20 mg kg⁻¹ of soil), resulting in nine treatments in experimental matrix Central Box. Seeds produced were analyzed of hundred seed weight, germination and vigor (germination first count, IVG, emergence, emergence first count, IVE and seedlings dry matter). The levels of copper and zinc increased hundred seed weight and vigor tests. Plants cultivated in Haplustalf produced seed with the best quality.

Key words: *Sorghum bicolor*, germination, vigor, micronutrients.

INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é o quinto cereal mais importante do mundo, em termos de produção e área plantada. É uma planta que se caracteriza pela adaptação às condições adversas de temperatura e umidade, sendo considerada uma alternativa para o semi-árido nordestino (Morgado, 2005).

A produção de sementes de qualidade é um dos requisitos para se obter uma boa produção, sendo necessário o tratamento adequado das plantas produtoras. A produção e a qualidade fisiológica da semente estão diretamente associadas a uma boa disponibilidade de nutrientes à lavoura, por afetar a formação do embrião e dos órgãos de reserva, assim como a composição química e, conseqüentemente, o metabolismo e o vigor (Carvalho & Nakagawa, 2000).

As reservas de nutrientes nas sementes devem ser adequadas para manter o crescimento até que o sistema radicular possa absorvê-los do solo. Durante a fase inicial de estabelecimento, o suprimento de minerais é parcialmente obtido das reservas de nutrientes e do solo (Rengel & Graham, 1995a).

Deficiência de nutrientes usualmente exercem efeitos indiretos pelo decréscimo no crescimento e desenvolvimento da planta mãe, resultando em sementes com vigor e viabilidade reduzida (Rengel & Graham, 1995b). Alguns estudos confirmam a melhor qualidade fisiológica das sementes quando são produzidas por plantas submetidas à fertilização, ou quando as próprias sementes o são. Sementes de aveia preta apresentaram maior germinação e primeira contagem quando produzidas em solos com boa fertilidade (Nakagawa *et al.*, 2004). Em sementes de feijão-vagem, a qualidade fisiológica também foi influenciada positivamente pela aplicação de nitrogênio (Oliveira *et al.*, 2003), igualmente em sementes de arroz, as quais expressaram maior germinação com a aplicação de fósforo, tendo seu efeito aumentado pela aplicação de nitrogênio (Cavalcante *et al.*, 1982).

Dentre os diversos micronutrientes, observa-se que a deficiência de zinco na cultura do sorgo, principalmente em solos sob vegetação de cerrado, é a que tem ocorrido com mais frequência (Vasconcellos *et al.*, 1986). O zinco e o cobre atuam na viabilidade dos grãos de pólen (Marschener, 1995) o que resulta em maiores produções devido à melhor qualidade da semente. No entanto, zinco e cobre são elementos que apresentam interação negativa como observado por Fageria (2002). Estudos em que a adubação com micronutrientes é empregada tendo como objetivo a

qualidade fisiológica das sementes produzidas são escassos, principalmente nas condições edafoclimáticas nordestinas, contribuindo para a baixa expressão da cultura do sorgo no Nordeste Brasileiro

Desta forma, o presente trabalho objetivou estudar a qualidade fisiológica de sementes de sorgo produzidas em três solos do Estado da Paraíba e submetidos a diferentes doses de cobre e zinco.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em condições de casa de crescimento e no Laboratório de Análise de Sementes, do Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), em Areia-PB, no período entre maio e novembro de 2006.

As sementes de sorgo foram da cultivar Pioneer 8419, produzidas em três solos do Estado da Paraíba: Latossolo, Luvisso e Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 2006), onde foram aplicadas uma combinação de cinco doses de Cu (0,0; 0,26; 0,90; 1,54; 1,80 mg kg⁻¹ de solo) e cinco doses de Zn (0,0; 0,32; 1,10; 1,88; 2,20 mg kg⁻¹ de solo), perfazendo nove tratamentos na matriz experimental Composto Central de Box (Bortoluzzi & Alvarez V, 1997), em blocos casualizados com três repetições. A análise química dos solos, na camada de 0-20 cm, antes do experimento, foi realizada (Tabela 1), com base na metodologia adotada pela Embrapa (1997).

Tabela 1. Características químicas dos solos utilizados no experimento antes da aplicação dos tratamentos

	Atributos químicos												
	pH	P ²	K	S	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	Carbono	M.O.	Cu ²	Zn ²
	H ₂ O	-----mg dm ⁻³ -----					-----cmol _c dm ⁻³ -----			-----g kg ⁻¹ -----		-----mg kg ⁻¹ -----	
LA ¹	5,4	2,76	40,8	2,4	0,03	2,05	0,50	0,20	8,09	10,2	17,5	0,0	0,35
TX	6,0	2,76	144	8,0	0,05	2,55	0,75	0,0	2,15	7,26	12,5	0,0	0,64
RQ	6,9	26,9	111	3,2	0,08	2,45	0,65	0,0	0,58	4,71	8,13	0,0	1,14

¹LA: Latossolo Amarelo, TX: Luvisso, RQ: Neossolo Quartzarênico; ² Extrator Mehlich-1

As exigências nutricionais de macro e micronutrientes foram supridas de acordo com Malavolta (1980), excetuando-se o cobre e o zinco, que constituíram os tratamentos. Foram utilizados os seguintes reagentes P.A., uréia (NH₂CONH₂), fosfato de sódio (NaH₂PO₄ H₂O), cloreto de potássio (KCl), nitrato de cálcio [Ca(NO₃)₂ 4H₂O], nitrato de magnésio [Mg(NO₃)₂ 6H₂O], ácido bórico (H₃BO₃), Fe-EDTA, cloreto de manganês (MnCl₂ 4H₂O) e ácido molíbdico (MoO₃). Os nutrientes, em forma de solução, foram aplicados quinzenalmente em cinco parcelas, sendo o fósforo aplicado uniformemente em parcela única, em todo o solo do vaso.

A semeadura foi realizada diretamente em sacos plásticos com 7 kg de solo, com oito sementes de sorgo, acondicionados em vasos de polietileno, sob

condições de casa de crescimento e, 15 dias após o plantio (DAP) foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por vaso. A irrigação dos vasos foi efetuada em razão da necessidade, com base no peso dos vasos, mantendo-se a umidade em torno da capacidade de campo. Durante a condução do ensaio, o controle de pragas foi realizado manualmente, para evitar que a presença de micronutrientes dos defensivos mascarasse os resultados do experimento. As sementes das plantas foram colhidas aos 96 DAP, e as sementes das três repetições de cada tratamento foram misturadas, homogeneizadas e levadas para o Laboratório de Análise de Sementes, onde foram realizados os seguintes testes e determinações:

Peso de cem sementes: determinado por meio da pesagem de quatro amostras de 100 sementes para cada tratamento;

Teste de Germinação: conforme prescrições das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), utilizaram-se como substrato três folhas de papel “germitest”, umedecidas com água destilada no volume de 2,5 vezes o peso do papel seco. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento, organizados em forma de rolo e mantidos em sacos de plásticos no germinador, à temperatura de 25 °C. A primeira contagem foi realizada no quarto dia e a contagem final, no décimo dia após a instalação do teste;

Primeira contagem de germinação: conduzido junto com o teste de germinação. Consistiu no registro das plântulas normais, avaliadas no quarto dia do teste de germinação, conforme Brasil (1992);

Índice de Velocidade de Germinação: efetuado conjuntamente com o teste de germinação, em que, a partir do quarto dia após a semeadura, foram feitas contagens do número de sementes germinadas diariamente, até o décimo dia. O índice de velocidade de germinação foi calculado de acordo com Maguire (1962);

Emergência em areia: conduzido em casa de crescimento, com semeadura realizada em bandejas plásticas (45,0 x 30,0 x 6,5 cm), empregando-se como substrato areia de textura média (menor que 0,8 mm e maior que 0,05 mm de diâmetro), lavada e esterilizada, umedecidas a 60% da sua capacidade de retenção de água, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes por tratamento. A contagem final das plântulas emergidas foi feita no décimo dia após a semeadura;

Primeira contagem de emergência: conduzido junto com o teste de emergência, onde foram registradas todas as plântulas normais, verificadas na primeira contagem do teste de emergência, no quarto dia após a semeadura;

Índice de Velocidade de Emergência: efetuado conjuntamente com o teste de emergência, onde a partir do quarto dia após a semeadura, foram feitas contagens do número de plântulas emergidas, sendo

repetida diariamente até o décimo dia. O índice de velocidade de emergência foi calculado de acordo com Maguire (1962);

Massa seca das plântulas: aos vinte e um dias após a semeadura, as plântulas foram colhidas e lavadas, separando-se em parte aérea e raiz, e colocadas em estufa com circulação de ar forçada, a 65 °C, permanecendo até atingirem peso constante, quando foram pesadas em balança de precisão de três casas decimais.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as classes de solos foram comparadas por contrastes (Neossolo vs Latossolo e Luvisolo e Latossolo vs Luvisolo). As doses de cobre e zinco foram avaliadas utilizando-se superfície de resposta, obtidos mediante regressão polinomial.

A escolha do modelo de regressão foi feita com base no coeficiente de determinação (R^2), na significância dos parâmetros e pelo significado biológico do fenômeno, testados pelo teste F a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de doses de cobre e zinco influenciou o peso de cem sementes ocorrendo interação positiva desses elementos no Neossolo. Todas as equações de regressão e superfície de resposta encontram-se na Tabela 2. No Neossolo, com a aplicação de 1,06 mg kg⁻¹ de Cu e 1,74 mg kg⁻¹ de Zn no solo, houve um aumento de cerca de 27% no peso das sementes em relação àquelas originadas de plantas que não receberam adubação. Desta forma, a adubação resultou em incrementos nos teores iniciais de cobre e zinco no solo (Tabela 1), aumentando o peso das sementes, devido a uma boa nutrição das plantas produtoras. O cobre e o zinco possuem importante função na produção de sementes, por serem responsáveis pela viabilização dos grãos de pólen, já que a deficiência de cobre afeta muito mais a formação de grãos, sementes e frutos, do que o crescimento vegetativo (Marschner, 1995).

Tabela 2. Equações de regressão e superfície de resposta para algumas das variáveis estudadas, influenciadas por doses de cobre e zinco, em três solos do Estado da Paraíba

Solo	Equações	R ²
	Peso de cem sementes	
RQ ¹	$\hat{Y} = 2,41 + 0,77 \text{ Cu} + 0,46 \text{ Zn} - 0,36 \text{ Cu}^{2**} - 0,13 \text{ Zn}^{2**} - 0,09 \text{ Cu} \times \text{Zn}^*$	0,83
	Índice de velocidade de emergência	
TX	$\hat{Y} = 4,50 + 0,19 \text{ Cu}$	0,73
RQ	$\hat{Y} = 4,50 - 0,17 \text{ Cu} - 0,18 \text{ Zn} + 0,31 \text{ Cu} \times \text{Zn}$	0,70
	Massa seca de parte aérea	
TX	$\hat{Y} = 0,0292 + 0,0042 \text{ Zn} - 0,0011 \text{ Zn}^{2**}$	0,79

¹ LA: Latossolo Amarelo, TX: Luvisolo, RQ: Neossolo Quartzarênico; * e **, significativo a 5 e 1%, respectivamente

Com relação aos tipos de solo, o peso médio de cem sementes obtido das plantas cultivadas no Luvisolo alcançou maior valor, seguido pelo Latossolo e Neossolo, 2,94, 2,92 e 2,86 g,

respectivamente. O peso de sementes alcançado no Neossolo foi significativamente menor ($P < 0,01$) que o das produzidas no Latossolo e Luvissole (Tabela 3). As sementes produzidas no Luvissole apresentaram

maiores pesos, possivelmente porque este solo apresentou maior equilíbrio entre os teores iniciais de cobre e zinco (Tabela 1), o que permitiu a absorção de ambos sem que ocorra interação negativa.

Tabela 3. Valores médios e estimativas dos contrastes para peso de cem sementes (PCS), g; primeira contagem de germinação (PCG), %; germinação (GER), %; índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem de emergência (PCE), %; emergência (EME), %; índice de velocidade de emergência (IVE); massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR), g, em três classes de solos do Estado da Paraíba influenciados por doses de cobre e zinco

Parâmetros	Valores médios			Estimativa dos contrastes	
	Solos			Contrastes	
	LA	TX	RQ	RQ vs LA e TX	LA vs TX
PCS	2,92	2,94	2,86	0,02**	-0,14ns
PCG	92,6	94,5	92,3	-2,5ns	1,9ns
GER	93,77	97,33	93,88	-3,34ns	3,56**
IVG	5,84	6,04	5,84	-0,18ns	0,20**
PCE	73,55	89,77	80,11	-3,1ns	16,22**
EME	94,44	95,33	91,22	-7,33**	0,89ns
IVE	4,42	4,69	4,45	-0,21*	0,27**
MSPA	0,027	0,032	0,031	0,003**	0,005**
MSR	0,042	0,041	0,045	0,007ns	-0,001ns

*,** e ns: significativo a 5, 1% e não significativo, pelo teste F; LA: Latossolo Amarelo, TX: Luvissole, RQ: Neossolo Quartzarênico.

A primeira contagem de germinação não foi influenciada pela aplicação de doses de cobre e zinco. As sementes oriundas do Luvissole apresentaram os maiores valores médios para primeira contagem de germinação (94,5%), porém não houve diferenças significativas para aquelas provenientes dos outros solos (Tabela 3).

A aplicação dos nutrientes às plantas produtoras não resultou em aumentos de germinação das plantas de sorgo, resultado que discorda de estudos anteriores, já que a aplicação de 20 kg ha⁻¹ do adubo Zincogran (20% de Zn) reduziu a germinação de sementes de feijão de 67 para 58% no primeiro ano de cultivo. No entanto, no segundo ano houve aumento de 70 para 75% na germinação (Ambrosano *et al.*, 1999). Neste mesmo estudo, os autores ainda encontraram uma diminuição na germinação com a aplicação de micronutrientes em forma de Fritas, de 67 para 61%, no primeiro ano de cultivo, e incrementos de 70 para 77%, no segundo ano de cultivo. Estes resultados contraditórios entre os anos de cultivo devem estar relacionado com a disponibilização dos nutrientes de um ano para outro, indicando que no segundo ano de cultivo as plantas apresentaram melhor estado nutricional, influenciando positivamente a germinação. Estudando a aplicação de doses de zinco em sementes de sorgo, Yagi *et al.* (2006) também observaram diminuição na germinação das sementes. No entanto, Cavalcante *et al.* (1982) observaram que o zinco aplicado ao solo aumentou a germinação de sementes de arroz e que seu efeito foi favorável tanto

sozinho, como associado ao potássio ou ao nitrogênio. O zinco tem importante papel durante a germinação das sementes e no crescimento inicial das plântulas, já que uma grande quantidade de zinco presente nas sementes pode exercer efeitos protetores contra patógenos do solo e contra infestação radicular de nematóides, além de contribuir para tolerância a estresses abióticos (Cakmak, 2005).

O contraste entre os solos indicou que as sementes oriundas do Luvissole apresentaram diferenças significativas com relação às do Latossolo ($P < 0,01$). Os valores médios para germinação foram 97,3; 93,7 e 93,8 % para Luvissole, Latossolo e Neossolo, respectivamente (Tabela 3), valores estes considerados adequados para a germinação das sementes. Os Luvissoles e Neossolos, por serem solos que apresentam baixo grau de intemperismo, possuem grandes reservas de nutrientes, que possivelmente passaram para a solução do solo e contribuíram para uma boa nutrição das plantas.

O índice de velocidade de germinação das sementes só foi influenciado pela interação entre as doses de cobre e zinco no Neossolo ($P < 0,01$). Neste solo, com a aplicação da combinação das maiores doses de cobre (1,8 mg kg⁻¹) e zinco (2,2 mg kg⁻¹) foram obtidos maiores vigor das sementes de sorgo (Figura 1). O mesmo não ocorreu quando as sementes foram produzidas no Latossolo e Luvissole, com doses de cobre e, em nenhum dos solos com doses de zinco.

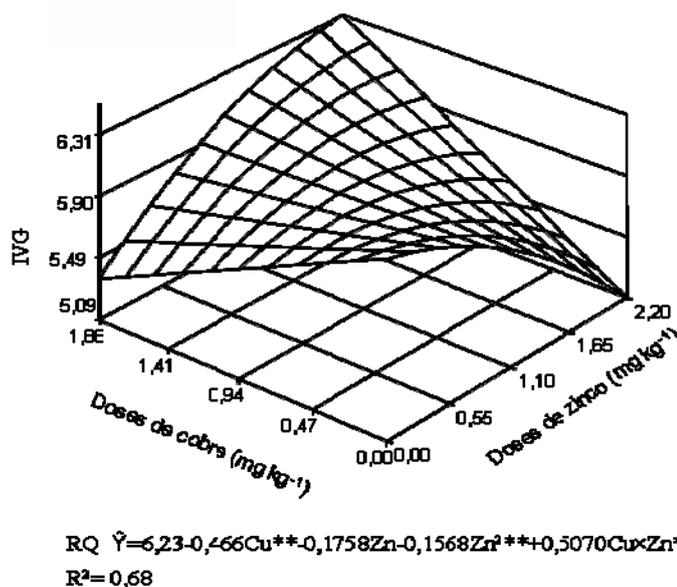


Figura 1. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de sorgo influenciadas por doses de cobre e zinco aplicados ao Neossolo

O índice de velocidade de germinação das sementes produzidas no Luvissole foi significativamente maior ($P<0,01$) que as produzidas no Latossolo, com valores médios de 6,04 e 5,84, respectivamente (Tabela 3).

Os valores médios para a primeira contagem de emergência foram significativamente diferentes, para as sementes produzidas no Latossolo e Luvissole, com o último apresentando os maiores valores (89,77%), em relação ao primeiro (73,55%). Os Latossolos por serem solos bastante intemperizados e lixiviados não possuem grandes reservas de nutrientes para as plantas e, os nutrientes aplicados via adubação, possivelmente foram adsorvidos aos colóides do solo.

A emergência das plântulas não foi influenciada pelas doses de cobre e zinco aplicadas nos solos. Estes resultados são semelhantes aos apresentados por Duxbury *et al.* (2005) que, estudando a aplicação de micronutrientes por via foliar e em solo, observaram que as sementes produzidas em plantas que receberam adubação no solo apresentaram qualidade fisiológica inferior àquelas que receberam micronutrientes via foliar. Já Magalhães *et al.* (1994) observaram aumentos na emergência das sementes de sorgo, quando estas foram peletizadas com fritas, em relação à testemunha. Trabalhando com a aplicação de cobre em sementes de milho, Luchese *et al.* (2004) verificaram menor porcentagem de emergência, à medida que se aumentou a dose de cobre aplicado à semente. Estes resultados contraditórios da literatura possivelmente se devem ao fato de que o cobre foi aplicado de diferentes formas, seja no solo, sendo absorvido pelas plantas e translocados para as sementes, ou aplicado diretamente nas sementes causando, possivelmente, toxicidade. Estudando o revestimento de sementes de alface com diferentes

materiais, Diniz *et al.* (2006) encontraram aumentos de cerca de 12% na emergência das plântulas com a aplicação de fritas nas sementes. Estes resultados indicam que a qualidade fisiológica das sementes é influenciada não só pela aplicação de micronutrientes, mas também pela forma de aplicação.

A adubação com zinco não influenciou a emergência das plântulas provenientes das sementes de plantas cultivadas nos solos estudados. A maior porcentagem de emergência foi obtida pelas sementes das plantas cultivadas no Luvissole (95,33%), seguido daquelas do Latossolo e Neossolo (94,44 e 91,22%, respectivamente). As plântulas oriundas das sementes produzidas no Neossolo diferiram significativamente ($P<0,01$) quanto à emergência daquelas, cujas sementes foram produzidas no Latossolo e Luvissole (Tabela 3).

Houve interação positiva entre as doses de cobre e zinco ($P<0,01$), sobre o índice de velocidade de emergência (IVE) das plântulas oriundas das sementes produzidas no Neossolo, sendo o maior valor de IVE de 5,01, alcançado com a combinação das maiores doses de cobre e zinco (Tabela 2). As sementes cultivadas no Luvissole apresentaram valores médios de IVE significativamente maiores ($P<0,01$) que as do Latossolo, 4,69 e 4,42, respectivamente.

A aplicação de zinco afetou a massa seca de parte aérea das plântulas oriundas de sementes produzidas no Luvissole ($P<0,01$). No Luvissole, a dose 1,90 mg zinco kg^{-1} resultou na maior massa seca de parte aérea das plantas neste solo (0,033 g). Estes resultados diferem dos encontrados por Yagi *et al.* (2006), que não observaram aumento de massa seca de parte aérea de sorgo, com a aplicação de doses de zinco nas sementes. No entanto, confirmam os obtidos por Rengel & Graham (1995b), em plantas de trigo. Os

valores médios para massa seca de parte aérea de plantas de sorgo oriundas de sementes cultivadas no Luvissole, Neossolo e Latossolo foram 0,032, 0,031 e 0,027 g, respectivamente. As plântulas oriundas de sementes do Latossolo apresentaram valores médios de massa seca de parte aérea significativamente menores que os do Luvissole (Tabela 3).

A aplicação dos tratamentos não influenciou a massa seca de raiz das plântulas oriundas de sementes cultivadas em nenhum dos solos. Também não houve diferença com a aplicação de cobre ou zinco entre os solos para os valores médios de massa seca de raiz (Tabela 3). Com a aplicação de zinco em sementes de sorgo, Yagi *et al.* (2006) observaram diminuição na massa seca das raízes e da planta inteira. Possivelmente este nutrientes em excesso nas sementes tenha causado toxicidade nas plantas, fato não observado no presente trabalho.

CONCLUSÕES

1. As doses de cobre e zinco proporcionaram aumentos no peso de cem sementes e no vigor (IVG, IVE, massa seca de parte aérea das plântulas) de sorgo;
2. Houve incrementos no vigor (IVE) de plântulas provenientes de sementes que receberam aplicação de cobre;
3. As plantas cultivadas no Luvissole geraram sementes de melhor qualidade fisiológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSANO, E.J.; AMBROSANO, G.M.B.; WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MARTINS, A.L.M & SILVEIRA, L.C.P. Efeitos da adubação nitrogenada e com micronutrientes na qualidade de sementes do feijoeiro cultivar IAC-carioca. **Bragantia**, Campinas, v.58, p.393-399, 1999

BORTOLUZZI, A.L. & ALVAREZ V, V.H. **Pesquisa em casa de vegetação e em campo:** matrizes experimentais. Viçosa, Departamento do Solo/CCA – UFV, 1997. 73 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Regras para análise de sementes**. Brasília, SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

CAKMAK, I. Effect of micronutrients on seed quality. In: LI, C.J. et al. (Eds.) **Plant nutrition for food security, human health and environmental protection**. China, Tsinghua University Press, p. 384-385. 2005.

CARVALHO, N.M. & NAKAGAWA, J. **Sementes:** ciência, tecnologia e produção. 4 ed. Jaboticabal, Funep, 2000. 588p.

CAVALCANTE, J.I.V.; SILVEIRA, J.F. & VIEIRA, M.G.G.C. Influência do nitrogênio, fósforo, potássio e zinco na germinação de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 4, p.27-33, 1982.

DINIZ, K.A.; OLIVEIRA, J.A.; GUIMARÃES, R.M.; CARVALHO, M.L.M. & MACHADO, J.C. Incorporação de microrganismos, aminoácidos, micronutrientes e reguladores de crescimento em sementes de alface pela técnica de peliculização. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, p.37-43, 2006.

DUXBURY, J.M.; BODRUZZAMAN, M.; JOHNSON, S.; MAYER, A.B.M.; LAUREN, J.G. & MEISNER, C.A. Impacts of increased mineral micronutrient content of rice and wheat seed/grian on crop productivity and human nutrition in Bangladesh. In: LI, C.J. et al. (Eds.) **Plant nutrition for food security, human health and environmental protection**. China, Tsinghua University Press. p.30-31, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Brasília, Embrapa Produção de informação. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

FAGERIA, N.K. Influence of micronutrients on dry matter yield and interaction with other nutrients in annual crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.12, p.1765-1772, 2002.

LUCHESE, A.V.; GONÇALVES JR., A.C.; LUCHESE, E.B. & BRACCINI, M.C.L. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.1949-1952, 2004.

MAGALHÃES, P.C.; FERREIRA, D.M.N.; VASCONCELOS, C.A.; AZEVEDO, J.T. & BORBA, C.S. Efeito da pelotização na germinação e desenvolvimento de cultivares de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.16, p.20-25, 1994.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, p.176-177, 1962.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London, Academic Press, 1995. 889p.

MORGADO, L.B. Sorgo. In: KIILL, L.H.P. & MENEZES, E.A. (Eds.) **Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semi-árido brasileiro**. Brasília, Embrapa Informações Tecnológicas. p. 251-274, 2005.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. & CASTRO, M.A. Armazenamento de sementes de aveia preta produzidas em solos de diferentes fertilidades. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, p.07-14, 2004.

OLIVEIRA, A.P.; PEREIRA, E.L.; BRUNO, R.L.A.; ALVES, E.U.; COSTA, R.F. & LEAL, F.R.F. Produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão-vagem em função de fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.25, p.49-55, 2003.

RENGEL, Z. & GRAHAM, R.D. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil. I. Vegetative growth. **Plant and Soil**, Netherlands, v.173, p.259-266, 1995a.

RENGEL, Z. & GRAHAM, R.D. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil. II. Grain yield. **Plant and soil**, Netherlands, v.173, p.267-274, 1995b.

VASCONCELLOS, C.A.; SANTOS, H.L.; FRANÇA, G.E. Calagem e adubação na cultura do sorgo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.144, p. 36-39, 1986.

YAGI, R.; SIMILI, F.F.; ARAÚJO, J.C.; PRADO, R.M.; SANCHEZ, S.V.; RIBEIRO, C.E.R. & BARETTO, V.C.M. Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.655-660, 2006.