

**TRATAMENTO DE SEMENTES DE MILHO COM ZINCO SEMEADAS EM DIFERENTES PROFUNDIDADES**

Adão Felipe dos Santos<sup>1</sup>, Mailson Freire de Oliveira<sup>2</sup>, Paulina Diniz Junqueira<sup>3</sup>, Lígia Negri Correa<sup>4</sup> & Rouverson Pereira da Silva<sup>5</sup>

1 - Doutorando em Agronomia, UNESP/FCAV (Produção Vegetal), Jaboticabal-SP, [adaofeliped@gmail.com](mailto:adaofeliped@gmail.com), [mailsonagronomia@gmail.com](mailto:mailsonagronomia@gmail.com)

2 - Doutorando em Agronomia, UNESP/FCAV (Produção Vegetal), Jaboticabal-SP, [mailsonagronomia@gmail.com](mailto:mailsonagronomia@gmail.com)

3 - Engenheira Agrônoma, UNESP/FCAV, Jaboticabal-SP, [paulina\\_diniz@me.com](mailto:paulina_diniz@me.com)

4 - Mestranda em Agronomia, UNESP/FCAV (Produção Vegetal), Jaboticabal-SP, [ligia.negri@hotmail.com](mailto:ligia.negri@hotmail.com)

5 - Prof. Dr. Livre-Docente da UNESP/FCAV, Jaboticabal-SP, [rouverson@gmail.com](mailto:rouverson@gmail.com)

**Palavras-chave:**

*Zea mays* L.  
parâmetros germinativos  
adubação com micronutrientes

**RESUMO**

A profundidade de semeadura e a nutrição das plântulas com micronutrientes na fase de desenvolvimento inicial são imprescindíveis para se atingir o estande recomendado para cultura do milho. Nesse sentido, objetivou-se verificar se o tratamento de sementes com zinco afeta os parâmetros fitotécnicos e fisiológicos no estágio de desenvolvimento inicial da cultura do milho até os 21 dias após a emergência, bem como verificar a relação do tratamento de semente com a profundidade de semeadura. O experimento foi realizado em blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 3x4, sendo duas fontes de zinco (sulfato e óxido de zinco) no tratamento de semente e uma testemunha (sem zinco), combinadas com quatro profundidades de semeadura (2, 4, 6 e 8 cm). Avaliou-se a média do número de dias para a emergência, a porcentagem de germinação, o diâmetro de colmo, a área foliar e o teor de zinco na parte aérea, bem como a eficiência de uso do zinco aos 21 dias. Independentemente da fonte de zinco e das profundidades de semeadura, não foram observadas diferenças em nenhuma das variáveis analisadas. O tratamento de sementes com zinco não afetou os parâmetros germinativos e fisiológicos do milho até os 21 dias após a emergência.

**Keywords:**

*Zea mays* L.  
germination parameters  
fertilizer with micronutrients

**DEVELOPMENT OF MAIZE SEEDLINGS ACCORDING TO THE TREATMENT AND SEED SOWING DEPTH****ABSTRACT**

Sowing depth and seedling nutrition with micronutrients in the initial development phase are essential to reach the recommended stand for the corn plantation. In this sense, the objective was to verify if the treatment of seeds with zinc affects the phytotechnical and physiological parameters at the corn initial development stage up to 21 days after the emergence, as well as to assess the relation of the seed treatment with sowing depth. The experiment was carried out in a randomized block with four repetitions, in a 3x4 factorial scheme, with two zinc sources (sulfate and zinc oxide) for seed treatment, and one control group (without zinc), combined with four sowing depths (2, 4, 6 and 8 cm). The average number of days for emergence, germination percentage, stem diameter, leaf area and zinc content in leaves were assessed, as well as the efficiency of zinc use at 21 days. Regardless of the zinc source and sowing depths, no differences were found in any of the variables analyzed. Seed treatment with zinc did not affect germination and physiological parameters of corn up to 21 days after emergence.

## INTRODUÇÃO

O desequilíbrio nutricional, principalmente dos micronutrientes, tem sido apontado como um dos principais fatores na queda de produção das culturas agrícolas. Entre os micronutrientes, o zinco (Zn), assim como o cobre (Cu), é comumente encontrado em baixas concentrações nos solos (ALLOWAY, 2008), pois, muitas vezes, parte desses nutrientes é adsorvido pelas argilas, como goethita, e outra parte fica aderida à matéria orgânica (ARAÚJO & SILVA, 2012). Além disso, cerca de 30 e 60% da quantidade extraída de cobre e de zinco por milho, respectivamente, é exportada com grãos colhidos, o que exige a sua reposição (BENDER *et al.*, 2013).

A reposição do zinco em áreas agrícolas é fundamental para o funcionamento do metabolismo das plantas, visto que, no Brasil, o nível de zinco crítico no solo é considerado de  $1 \mu\text{g mL}^{-1}$  (1 ppm, extrator Mehlich 1, DTPA a pH 7.3 e HCl 0,1 N) (RIBEIRO & SANTOS, 1996). O zinco, em concentrações ótimas na planta, pode promover o crescimento vegetal e inibir a atividade de espécies reativas de oxigênio (LUO *et al.*, 2010). No entanto, o excesso de zinco nas plantas pode levar à toxicidade, incluindo desequilíbrios nutricionais, inibição do crescimento, clorose foliar e, conseqüentemente, comprometimento da fotossíntese (HASSAN & AARTS, 2011; TODESCHINI *et al.*, 2011; CAMBROLLÉ *et al.*, 2012).

Dessa forma, sabendo da importância do micronutriente e que esse deve ser fornecido em quantidades adequadas para a planta, aplicações via tratamento de sementes antes da semeadura tornam-se uma alternativa viável para suprir as necessidades desse nutriente no desenvolvimento inicial das plântulas, pois compostos aplicados no tratamento de sementes podem ser absorvidos pelas plantas através das estruturas da semente, pela absorção da raiz ou ainda pela absorção através do coleóptilo (DIAS *et al.*, 2014).

Na literatura existem relatos que indicam efeito benéfico do tratamento de sementes com zinco na germinação e potencial fisiológico para várias

espécies, como sorgo (YAGI *et al.*, 2006), melancia (OHSE *et al.*, 2012), brachiaria (SANTOS *et al.*, 2015) e até mesmo o milho (PRADO *et al.*, 2007), contudo com divergência entre a fonte a ser utilizada.

Porém, nenhum desses trabalhos avaliaram a relação do tratamento de sementes com a profundidade de semeadura, sendo que, para se alcançar o sucesso produtivo do milho, é preciso atentar-se às etapas de semeadura, germinação e emergência de plântulas, focando em profundidade de semeadura (MATA *et al.*, 2011).

Vale ressaltar que, para assegurar boa emergência, a profundidade age como fator determinante, pois elevados níveis de germinação não necessariamente resultam em bons níveis de emergência (SILVA *et al.*, 2008), uma vez que sementes acima da profundidade recomendada podem germinar sem que haja emergência das plântulas, ao passo que, em profundidade menor que a recomendada, ocorre dificuldade de absorção de água pela diminuição da superfície de contato da semente com o solo.

Nesse sentido, objetivou-se com o presente trabalho, verificar o efeito do zinco, via tratamento de sementes, sobre parâmetros agrônômicos e fisiológicos no estágio de desenvolvimento inicial da cultura do milho, bem como analisar a relação do tratamento de semente com a profundidade de semeadura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal, da Universidade Estadual Paulista, no estado de São Paulo, próximo às coordenadas  $21^{\circ}15'22''$  S e  $48^{\circ}18'58''$  W e altitude média de 575 m.

A área do ensaio é denominada de pista de ensaio de semeadura e consiste de três faixas de solo (latossolo vermelho distrófico, textura argilosa) limitadas por trilhos, sobre os quais desloca-se um trole no qual se podem acoplar acessórios, como

plaina niveladora, sulcador e roda compactadora, permitindo o desenvolvimento de ensaios de alta precisão em condições simuladas de campo. Os trilhos estão dispostos no sentido leste-oeste em local plano, e cada faixa compreende uma área de 24 m de comprimento por 1,40 m de largura.

O delineamento experimental adotado foi o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 3x4, sendo duas fontes de zinco (sulfato e óxido de zinco) no tratamento de semente e uma testemunha (sem adição de zinco), combinadas com quatro profundidades de semeadura (2, 4, 6 e 8 cm).

Realizou-se amostragem de solo para fins de se efetuar a análise química de rotina. Os resultados da análise se encontram na Tabela 1. O preparo do solo foi realizado com enxada rotativa microtrator, em que a profundidade média da mobilização foi de 15 cm em relação ao nível do solo mobilizado. Em seguida, realizou-se a adubação de plantio com fertilizante formulado 08 (N) -28 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) -16 (K<sub>2</sub>O), na quantidade de 300 kg ha<sup>-1</sup>, de acordo com a recomendação da análise do solo para a cultura do milho (RAIJ et al., 1996).

Após o preparo do solo, este foi nivelado com o auxílio da plaina niveladora acoplada ao trole da pista, apresentando-se então pronto para a instalação do ensaio. Foram utilizadas sementes de milho híbrido AS 1551 VT PRO 2<sup>TM</sup>.

O tratamento das sementes com zinco foi realizado no momento da semeadura, com 2 g kg<sup>-1</sup> de semente para cada fonte utilizada, segundo recomendação de Santos et al. (2017). Para a preparação da solução de óxido de zinco (80% de zinco), utilizou-se 92,75 g de óxido de zinco e 10 mg de lignosulfonato por L<sup>-1</sup>. Na aplicação

do sulfato de zinco (35% de zinco) foi realizado umedecimento prévio das sementes na proporção de 15 mL a cada 100 g<sup>-1</sup> de sementes, de modo que fosse possível a adesão do produto na cutícula das mesmas.

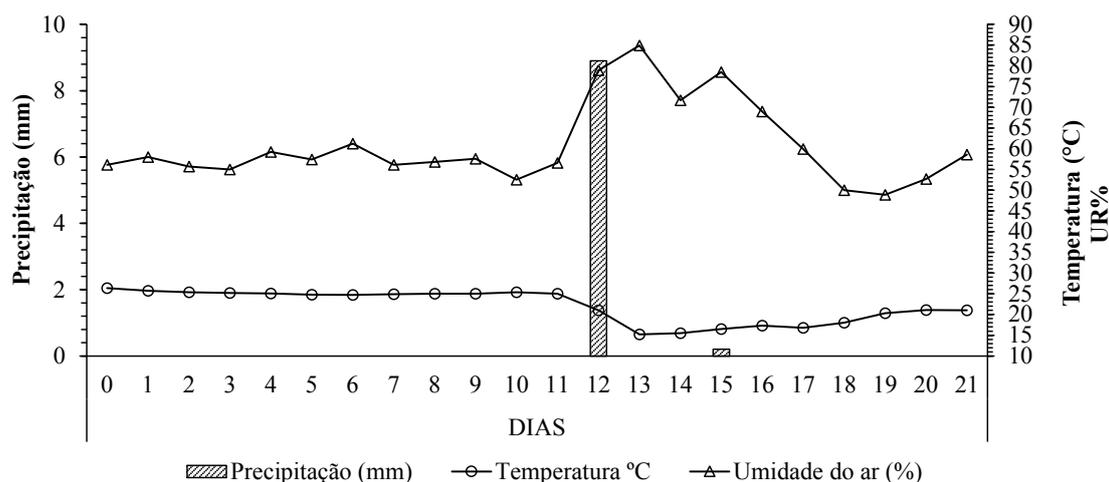
Após a demarcação das parcelas, a semeadura foi realizada de forma manual, abrindo-se o sulco de semeadura com cilindros de madeira posicionados sobre uma trena, a cada 10 cm. Os cilindros, com o comprimento nas profundidades desejadas e diâmetro de 15 mm, foram comprimidos contra o solo, dando origem à cova para deposição da semente. Utilizou-se uma semente por cova, totalizando 25 sementes parcela<sup>-1</sup>, uma vez que cada parcela tinha 2,5 m de comprimento.

A compactação do solo sobre as sementes foi realizada por uma roda compactadora cilíndrica de alumínio, com 40 cm de diâmetro e 10 cm de largura. A carga sobre o leito de semeadura foi de aproximadamente 6 kgf. Durante a realização da compactação, a roda deslocou-se com velocidade constante de 0,37 m s<sup>-1</sup>. Essa operação foi realizada logo após o fechamento manual dos sulcos, mantendo as linhas de semeadura no centro da roda.

Após a compactação, para garantir a emergência, o solo foi irrigado até sua capacidade de campo. Posteriormente, a irrigação foi mantida, sendo repetida a cada dois dias, a fim de manter o solo na capacidade de campo durante todo o período experimental. O monitoramento da umidade do solo foi realizado utilizando-se aparelho TDR (*Time Domain Reflectometry*) a 15 cm de profundidade, diariamente, até a estabilização da emergência. O monitoramento do teor de água no solo se deu devido à semeadura fora de época, com pouca precipitação, conforme a Figura 1.

**Tabela 1.** Resultado da análise química de macro e micronutrientes de uma amostra composta do solo da área experimental, Jaboticabal-SP, 2016

CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			-----mmol <sub>e</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
pH	M.O.	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC
5,5	32	28	5	1,9	28	12	1	36	41,7	78,1
V%	m%		-----mg dm <sup>-3</sup> -----							
Sat. Bases	Sat. Al		B	Cu	Fe		Mn		Zn	
53	2		0,20	3,2	15		8,3		1,7	



**Figura 1.** Dados meteorológicos da área durante a condução do experimento, Jaboticabal-SP, 2016. (Fonte: Elaboração própria dos autores. Dados fornecidos pela Estação meteorológica da Unesp/FCAV).

Avaliou-se o número médio de dias para emergência (NMDE), sendo a área monitorada diariamente. Ao terceiro dia, foi constatada a emergência das primeiras plântulas, e a partir de então foi realizada a primeira contagem de emergência das plântulas, que foi posteriormente realizada diariamente até o 13º dia após a semeadura, quando houve estabilização da emergência e estande inicial de plântulas. Ao final do teste, com os dados diários do número de plântulas emergidas, calculou-se o número médio de dias para emergência empregando-se a equação 1 (EDMOND & DRAPALA, 1958):

$$NMDE = \frac{[(N_1 G_1) + (N_2 G_2) + \dots + (N_n G_n)]}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)} \quad (1)$$

em que,

NMDE = número médio de dias para emergência das plântulas de milho;

$N_1$  = número de dias decorridos entre a semeadura e a primeira contagem de plântulas;

$G_1$  = número de plantas emergidas na primeira contagem;

$N_2$  = número de dias decorridos entre a semeadura e a segunda contagem;

$G_2$  = número de plântulas emergidas entre a primeira e a segunda contagem;

$N_n$  = número de dias decorridos entre a semeadura e a última contagem de plântulas; e

$G_n$  = número de plântulas emergidas entre a penúltima e última contagem.

A porcentagem de germinação das plântulas foi obtida após a estabilização da emergência segundo a equação 2:

$$G\% = \frac{N^\circ \text{ de plantas emergidas por parcela}}{N^\circ \text{ de sementes utilizada por parcela}} * 100 \quad (2)$$

O diâmetro de colmo e a parte aérea foram avaliados aos 21 dias após a emergência (DAE), sendo que o diâmetro de colmo foi mensurado utilizando paquímetro digital a aproximadamente 0,1 m acima do solo. A altura de plantas, expressa em centímetros, foi mensurada por meio de régua graduada em centímetros, sendo medida da base do solo até a curvatura da última folha. Ambas variáveis foram coletadas em 10 plantas centrais de cada parcela, onde também foi quantificada a área foliar, mediante separação de folhas e do colmo, sendo essa avaliação realizada por meio do equipamento LI-COR 2100C, em laboratório.

Em seguida, a parte aérea das plantas foi colocada em estufa de circulação de ar forçado à temperatura de cerca de 65°C ( $\pm 3^\circ\text{C}$ ) por volta de 48h, até as amostras atingirem massa constante. Posteriormente, determinou-se o teor de zinco nas amostras, conforme método descrito por Bataglia *et al.* (1983).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, seguido do teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação

entre o fator qualitativo (fontes de zinco) e a análise de regressão para o fator quantitativo, quando o teste F foi significativo (profundidade de sementeira).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fontes de zinco (sulfato e óxido) e as profundidades de sementeira não influenciaram a germinação do milho. Em contrapartida, o número médio de dias para emergência foi afetado pela profundidade de sementeira (Tabela 2).

A não interferência do tratamento das sementes na taxa de germinação pode estar relacionada com o híbrido de milho usado, o qual possui germinação acima de 90% (Tabela 2). Desse modo, pode-se prever que a utilização de zinco, na dose de 2 g kg<sup>-1</sup> de semente, independentemente da fonte, no tratamento de sementes para o híbrido de milho usado, não afetou a germinação, e, para tanto, práticas modernas, como o fornecimento de micronutrientes diretamente na semente, podem ser utilizadas com intuito de aumentar a produtividade média de milho (BENDER et al., 2013).

O NMDE variou de acordo com a profundidade de sementeira (Figura 2). Mediante análise de

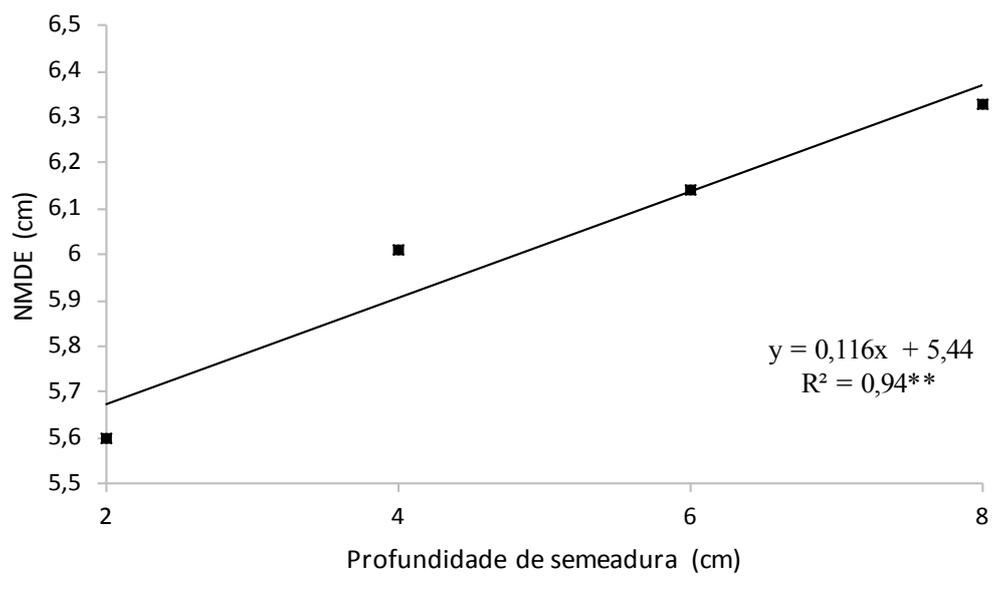
regressão, o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados ( $R^2 = 0,94^{**}$ ), evidenciando que o NMDE aumentou de forma linear em função do crescimento na profundidade de sementeira. Tão logo, a menor profundidade testada apresentou um NMDE menor (5,60 dias). Por meio do modelo linear ajustado, pode-se inferir que, para cada 1 cm acrescido na profundidade de sementeira, tem-se aumento de 0.12 dias para o NMDE de plântulas de milho. Complementando essas informações, infere-se, ainda, que, se a sementeira tivesse ocorrido sob a superfície (a lanço), o NMDE seria de 5.44 dias, conforme o modelo apresentado.

O menor NMDE nos tratamentos em menor profundidade se deve principalmente à manutenção da capacidade de campo do solo, o que consequentemente permitiu que as sementes mantivessem seus tecidos hidratados e iniciassem o processo de germinação e emergência mais rápido, principalmente pelo fato de estarem mais próximas da superfície em comparação com as demais profundidades. Mata et al. (2011) e Gazola et al. (2014) ressaltam que o fator água é de extrema importância para o desenvolvimento inicial da cultura, pois a falta ou o excesso desta irá comprometer o desenvolvimento e a produtividade da lavoura.

**Tabela 2.** Germinação (GERM) e número médio de dias para emergência (NMDE) de plântulas milho, em função da profundidade de sementeira e da fonte de zinco no tratamento de semente, Jaboticabal-SP, 2016

Profundidade de sementeira (cm)	GERM (%)	NMDE (DAS)
2	93,59	5,60 a
4	91,34	6,01 b
6	92,62	6,14 b
8	95,19	6,33 b
Teste F	1,43 <sup>NS</sup>	13,85 <sup>**</sup>
Regressão linear	1,01 <sup>NS</sup>	38,85 <sup>**</sup>
Sulfato	93,51	6,13
Óxido	93,50	5,94
Testemunha	92,54	5,97
Teste F	0,22 <sup>NS</sup>	1,96 <sup>NS</sup>
Interação PxT	0,41 <sup>NS</sup>	0,45 <sup>NS</sup>
CV (%)	5,04	4,77

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>NS</sup> Não significativo. <sup>\*\*</sup> Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.



**Figura 2.** Número médio de dias para emergência de plântulas de milho, em função da profundidade de semeadura, Jaboticabal-SP, 2016

Em relação à profundidade de semeadura para a cultura do milho, existe alguma divergência em qual seria a recomendada, todavia vale frisar que a profundidade de semeadura depende do tipo de solo em que se deseja implantar a cultura. Fancelli e Dourado Neto (2000) afirmam que a profundidade de semeadura para o milho pode variar de 3 a 5 cm para solos argilosos e de 4 a 6 cm para solos arenosos. Por outro lado, Fornasieri Filho (1992) afirma que, em solos secos e arenosos, a profundidade de semeadura deve ser de 8 cm e, em solos argilosos, de 4 cm.

Contudo, Silva et al. (2008) ressaltam que a semente deve ser depositada a uma profundidade que permita um adequado contato com o solo, visto que a germinação rápida, associada à emergência uniforme, é característica importante para alcançar altos rendimentos de grãos com a cultura do milho, em função da baixa capacidade de compensação de espaços desta espécie e da sua alta eficiência de conversão da energia luminosa em energia química (TOLLENAAR & WU, 1999).

Em relação ao diâmetro de caule e à área foliar, estes não sofreram influência dos tratamentos testados, porém o comprimento da parte aérea mostra ter sofrido influência da profundidade de semeadura (Tabela 3).

Para a menor profundidade de semeadura (2 cm), maior foi o comprimento da parte aérea (Figura 3). Da mesma forma, na medida em que se aumentou a profundidade de semeadura, houve tendência de redução gradativa de forma linear na altura de plantas para as demais profundidades (4, 6 e 8 cm). Isso se justifica principalmente pelo fato de que, no subperíodo semeadura-emergência, o meristema apical está abaixo da superfície do solo, pois as sementes germinaram, porém ainda não romperam a camada de solo sobre elas. Além disso, vale ressaltar que o efeito da temperatura em semeadura com profundidade maior que a recomendada torna-se um fator limitante da taxa de desenvolvimento inicial do milho (STONE et al., 1999; JANOWIAK et al., 2003).

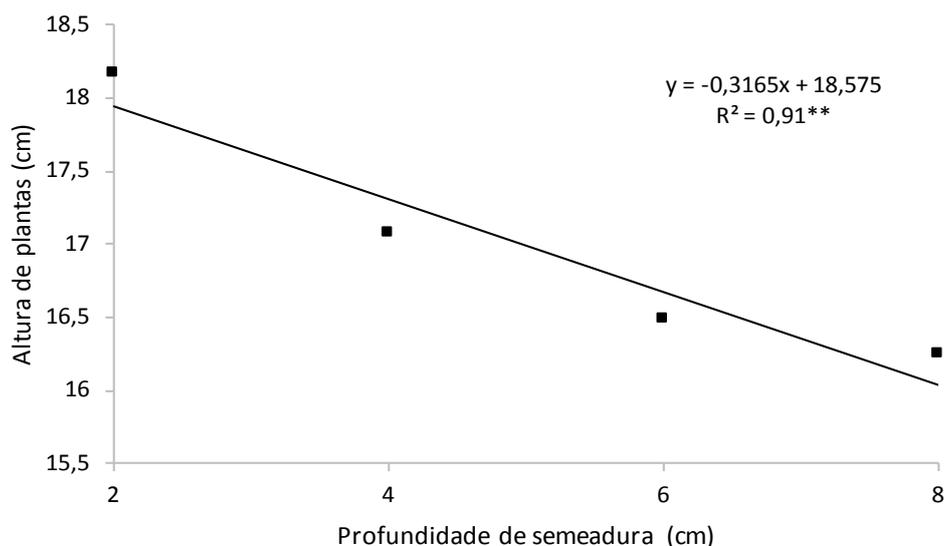
A partir do modelo linear ajustado na Figura 3, pode-se inferir que, para cada 1 cm acrescido na profundidade de semeadura, tem-se decréscimo de 0,32 cm na altura de plantas de milho; complementando essas informações, infere-se, ainda, que, se a semeadura tivesse ocorrido sob a superfície (a lanço), as plantas teriam altura de 18,58 cm.

Sousa et al. (2016) relatam que a altura das plantas pode variar de acordo com a profundidade de semeadura. Os autores observaram, em

**Tabela 3.** Diâmetro de caule, altura de plantas e área foliar de plântulas de milho, em função da profundidade de semeadura e da fonte de zinco no tratamento de semente, Jaboticabal-SP, 2016.

Profundidade de semeadura	Diâmetro de caule ------(cm)-----	Altura de plantas	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
2	6,46	18,16 a	54,88
4	5,97	17,08 a	57,51
6	6,25	16,48 b	54,52
8	6,19	16,25 b	54,28
Teste F	0,69 <sup>NS</sup>	1,40*	0,20 <sup>NS</sup>
Regressão linear	0,24 <sup>NS</sup>	4,56*	0,08 <sup>NS</sup>
Sulfato	5,76	16,96	54,07
Óxido	6,46	16,99	60,79
Testemunha	6,42	17,03	51,04
Teste F	3,43 <sup>NS</sup>	0,00 <sup>NS</sup>	2,94 <sup>NS</sup>
Interação PxT	0,50 <sup>NS</sup>	4,57 <sup>NS</sup>	0,95 <sup>NS</sup>
CV (%)	13,52	13,56	21,06

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>NS</sup> Não significativo. \* Significativo a 5% pelo teste F.



**Figura 3.** Altura de plantas de milho, aos 21 DAE, em função da profundidade de semeadura, Jaboticabal-SP, 2016

profundidades de 2 ou 8 cm, que as médias das alturas das plantas foram inferiores quando comparadas à profundidade considerada normal (4 cm), contrariando os resultados apresentados no presente trabalho.

Uma explicação para esse contraste de resultados pode ser o fato de que, no experimento realizado por Sousa et al. (2016), não foi mantida

a capacidade de campo por meio de irrigação, o que pode ter comprometido o desenvolvimento das plântulas na profundidade superficial, onde estariam mais suscetíveis a variação de temperatura e umidade do solo.

Não houve interação entre os tratamentos, para os resultados de massa seca, bem como a análise isolada de cada um dos fatores estudados (Tabela 4).

**Tabela 4.** Massa seca da parte aérea (MSPA) e teor de zinco na parte aérea (Zn PA) de milho em função da profundidade de semeadura e da fonte de zinco no tratamento de semente, Jaboticabal-SP, 2016

Profundidade de semeadura	MSPA	Zn PA	Acúmulo de Zn na PA
(cm)	(g g <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )
2	20,99	51,00	11,24
4	21,04	48,66	10,15
6	22,68	52,41	12,43
8	22,37	55,83	12,48
Teste F	0,47 <sup>NS</sup>	0,09 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>NS</sup>
Sulfato	22,65	51,31	11,42
Óxido	22,37	53,00	11,56
Testemunha	21,51	51,62	11,74
Teste F	1,01 <sup>NS</sup>	0,77 <sup>NS</sup>	1,09 <sup>NS</sup>
Interação PxT	0,65 <sup>NS</sup>	1,49 <sup>NS</sup>	1,23 <sup>NS</sup>
CV (%)	15,49	22,82	31,72

<sup>NS</sup> Não significativo pelo teste F.

Quanto ao acúmulo de zinco na parte aérea, esses valores encontram-se próximos aos encontrados por Martins et al. (2016). Entretanto, estão abaixo da faixa ideal recomendada para cultura do milho (20-70 mg kg<sup>-1</sup>), segundo Martinnes et al. (1999). Sobretudo, esse fato se deve a condições de solos de alta fertilidade e uso intenso de adubações nitrogenadas, o que prejudica a absorção do micronutriente.

Em relação às fontes de zinco utilizadas no presente estudo, os resultados corroboram aqueles por Prado et al. (2007), que, ao estudarem o efeito de diferentes fontes de zinco para tratamento de sementes de milho, encontraram menores concentrações de zinco na parte aérea das plântulas tratadas com zinco proveniente da fonte óxido (insolúvel em água) quando comparado às quantidades localizadas na parte aérea das plântulas tratadas com a fonte sulfato (solúvel em água). Porém, Yagi et al. (2006) relataram que encontraram menor teor de zinco utilizando micronutriente na forma de sulfato de zinco, enquanto que, no presente trabalho, não houve diferença entre as fontes, o que pode ser atribuído à não existência de estresse das plântulas no período avaliado.

## CONCLUSÕES

- O tratamento de sementes de milho com zinco

não ocasionou redução de estande inicial de plântulas, bem como não alterou os caracteres agrônômicos avaliados aos 21 dias após a emergência.

- O menor número médio de dias para emergência foi encontrado em profundidades de 2 cm, enquanto as demais profundidades não se diferiram significativamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, J.R.; OLIVEIRA, M.L.F.; SANTOS, T.C.; CANTON, G.C.; CONCEIÇÃO, J.M.; EUTROPIO, F.J.; CRUZ, Z.M.A.; DOBBS, L.B.; RAMOS, A.C. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. **Natureza on line**, v.10, n.1, p.23-28, 2012.

ALLOWAY, B.J. Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association, Brussels. **International Fertilizer Industry Association**, Paris, 2008.

AMRANI, M.; WESTFALL, D.G.; PETERSON, G.A. Influence of water solubility of granular zinc fertilizers on plant uptake and growth. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, p.1815-1827, 1999.

ARAÚJO, E.O.; SILVA, M.A.C. Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição

- do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v.7, n.1, p.720-727, 2012.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônômico, 1983. 48p. **Boletim técnico**, v.78.
- BENDER, R.R.; HAEGELE, J.W.; RUFFO, M.L.; BELOW, F.E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. **Agronomy Journal**, v.105, n.1, p.161-170, 2013.
- BONNECARRÉRE, R.A.G.; LONDERO, F.A.A.; SANTOS, O.; SCHMIDT, D.; PILAU, F.G.; MANFRON, P.A.; DOURADO NETO, D. Resposta de genótipos de arroz irrigado à aplicação de zinco. **Revista da Faculdade Zootecnia Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.10, n.1, p.109-116, 2003.
- BROADLEY, M.R.; WHITE, P.J.; HAMMOND, J.P.; ZELKO, I.; LUX, A. Zinc in plants. **New Phytologist**. v.173, n.4, p.677-702, 2007.
- CAMBROLLÉ, J.; MANCILLA-LEYTÓN, J.M.; MUNÓZ-VALLÉS, S.; LUQUE, T.; FIGUEROA, M.E. Zinc tolerance and accumulation in the salt-marsh shrub *Halimione portulacoides*. **Chemosphere**, v.86, n.9, p.867-874, 2012.
- CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Comportamento de espécies herbáceas em misturas de solo com diferentes graus de contaminação com metais pesados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.11, p.1629-1638, 2002.
- CLARKSON, P.M.; THOMPSON, H.S. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? **The American journal of clinical nutrition**, v.72, n.2, p.637-646, 2000.
- DIAS, M.A.N.; TAYLOR, A.G.T.; CICERO, S.M. Uptake of systemic seed treatments by maize evaluated with fluorescent tracers. **Seed Science and Technology**, v.42, n.1, p.101-107, 2014.
- EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.L. The effects of temperature, sand and soil aceto non germination of akra seed. **Proceeding America Society Horticulture Science**, v.71, n.1 p 428-34, 1958.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba, 2000, p.360.
- FORNASIERI FILHO, D.A. **A cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 1992. p.273.
- GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; CAMARGO, M.C. Comportamento germinativo de sementes de cultivares de milho sob condições de hipóxia. **Científica**, Jaboticabal, v.42, n.3, p.224-232, 2014.
- GOLDFARB, A.H. Nutritional antioxidants as therapeutic and preventive modalities in exercise-induced muscle damage. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v.24, n.3, p.249-266, 1999.
- HASSAN, Zeshan; A.A.R.T.S., Mark G.M. Opportunities and feasibilities for biotechnological improvement of Zn, Cd or Ni tolerance and accumulation in plants. **Environmental and Experimental Botany**, v.72, n.1, p.53-63, 2011.
- JANOWIAK, F.; LUCK, E.; DÖRFFLING, K. Chilling Tolerance of Maize Seedlings in the Field during Cold Periods in Spring is Related to Chilling Induced Increase in Abscisic Acid Level. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.189, n.3, p.156-161, 2003.
- LI T.; DI, Z.; ISLAM, E.; JIANG H.; YANG, X. Rhizosphere characteristics of zinc hyper accumulator *Sedum alfredii* involved in zinc accumulation. **Journal of hazardous materials**, v.185, n.2, p.818-823, 2011.
- LUO, Z.B.; HE, X.J.; CHEN, L.; TANG, L.; GAO, S.; CHEN, F. Effects of zinc on growth and antioxidant responses in *Jatropha curcas* seedlings. **International Journal of Agriculture and Biology**. v.12, p.119-124, 2010.

- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980, p.251.
- MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.C.; SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvares, V.V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo no Estado de Minas Gerais, 1999, p.313-316.
- MARTINS, D.C.; BORGES, I.D.; CRUZ, J.C.; MARTINS-NETTO, D.A. Produtividade de duas cultivares de milho submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulantes fertilizantes líquidos e *Azospirillum* sp. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.2, p.217-228, 2016.
- MATA, J.F.; PEREIRA, J.C.S.; CHAGAS, J.F.R.; VIEIRA, L.M. Germinação e emergência de milho híbrido sob doses de esterco bovino. **Amazônia - Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v.6, n.12, p.31-40, 2011.
- OHSE, S.; REZENDE, B.L.A.; LISIK, D.; OTTO, R.F. Germinação e vigor de sementes de melancia tratadas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina v.34, n.2, p.288-292, 2012.
- OLIVEIRA, I.P.; OLIVEIRA, L.C. Metais pesados. **Revista Eletrônica Faculdade de Iporá**, v.1, n.1, p.59-86, 2011.
- PLETSCH, A.; SILVA, V.N.; BEUTLER A.N. Tratamento de sementes de canola com zinco. **Revista de Ciências Agrárias**, v.37, n.2, p.241-247, 2014.
- PRADO, R.D.M.; NATALE, W.; MOURA, M.D.C. Fontes de zinco aplicado via sementes na nutrição e crescimento inicial de milho cv. FORT. **Bioscience Journal**, v.23, n.2, p.16-24, 2007.
- RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285p.
- RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S. Aproveitamento do zinco na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n.1, p.159-165, 1996.
- SALANENKA, Y.A.; TAYLOR, Alan G. Seedcoat permeability: uptake and post-germination transport of applied model tracer compounds. **HortScience**, v.46, n.4, p.622-626, 2011.
- SANTOS, A.F.; MORAIS, O.M.; PRADO, R.M.; LEAL, A.J.F.; SILVA, R.P. Relation of toxicity in corn seeds treated with zinc and salicylic acid. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 2017.
- SANTOS, F.L.S.; MELO, W.R.F.; COELHO, P.H.M.; BENETT, C.G.S.; Dotto, M.C. Crescimento inicial de espécies de *Urochloa* em função da profundidade de semeadura. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v.2, n.4, p.1-6, 2015.
- SHAVER, T.M.; WESTFALL, D.G.; RONAGHI, M. (2007). Zinc fertilizer solubility and its effects on zinc bioavailability over time. **Journal of Plant Nutrition**, v.30, n.1 p.123-133, 2007.
- SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Ecofisiologia e fenologia das culturas do milho e do sorgo. In: PARFITT, J.M.B. Coord. **Produção de milho e sorgo na várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p.7-18.
- SILVA, R.P.; CORÁ, J.E.; FILHO, A.C.; FURLANI, C.E.A.; LOPES, A. Efeito da profundidade de semeadura e de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais na temperatura e no teor de água do solo durante a germinação de sementes de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.3, p.929-937, 2008.
- SOUSA, S.F.G.; SILVA, P.R.A.; DIAS, P.P.; CORREIA, T.P.S.; GIROTI, J.F. Avaliação da cultura do milho semeada em diferentes profundidades. **Energia na Agricultura**, v.31, n.2, p.148-153, 2016.

- STONE, P.J.; SORENSEN, I.B.; JAMIESON, P.D. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperate climate. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.63, p.169-178, 1999.
- TODESCHINI, V.; LINGUA, G.; D'AGOSTINO, G.; CARNIATO, F.; ROCCOTIELLO, E.; BERTA, G. Effects of high zinc concentration on poplar leaves: a morphological and biochemical study. **Environmental and Experimental Botany**, v.71, n.1, p.50-56, 2011.
- TOLLENAAR, M.; WU, J. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. **Crop Science**, Madison, v.39, n.6, p.1597-1604, 1999.
- UPADHYAY, R.; PANDA, S.K. Zinc reduces copper toxicity induced oxidative stress by promoting antioxidant defense in freshly grown aquatic duckweed *Spirodela polyrhiza* L. **Journal of hazardous materials**, v.175, n.1, p.1081-1084, 2010.
- YAGI, R.; SIMILI, F.F.; ARAUJO, J.C.; PRADO, R.M.; SANCHEZ, S.V.; RIBEIRO, C.E.R.; BARRETO, V.C. Aplicação de zinco via sementes e seu efeito na germinação, nutrição e desenvolvimento inicial do sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.655-660, 2006.