



MODOS DE APLICAÇÃO DE ZINCO EM GENÓTIPOS DE MILHO

METHODS OF ZINC APPLICATION ON MAIZE GENOTYPES

Liliani Luizi Pinheiro dos Santos¹
Silvana Ohse^{1*}

¹Universidade Estadual de Ponta Grossa-UEPG, Agronomia, Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Campus Uvaranas, Ponta Grossa, PR, Brasil

*Endereço para Correspondência: Av. General Carlos Cavalcanti, 4748, CEP: 84030-900, Ponta Grossa - PR, Brasil. E-mail: sohse@uepg.br.

Artigo
Completo

RESUMO

O milho representa um dos principais cereais cultivados e consumidos no mundo, apresentando, no entanto, baixa produtividade quando comparado ao potencial produtivo da cultura. A fim de direcionar esforços para maximizar a eficiência produtiva da cultura do milho, este trabalho teve por objetivo avaliar o desenvolvimento e produtividade de quatro genótipos de milho (variedade IPR114, o híbrido simples SYN7B28, o híbrido duplo FERROZ e o híbrido triplo DEFENDER) submetidos a diferentes modos de aplicação de zinco (1- testemunha; 2- sulfato de zinco via semente; 3- produto Always® via foliar em uma aplicação e 4- produto Always® via foliar em duas aplicações). O experimento foi conduzido na Fazenda Escola Capão da Onça, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa/PR, em delineamento experimental blocos casualizados, constituindo um fatorial 4x4, com 4 repetições. As variáveis analisadas foram: diâmetro de colmo, altura de planta, número de folhas por planta; altura da inserção da primeira espiga, número de fileira por espiga, número de grãos por fileira, produtividade e massa de 1000 grãos. Os modos de aplicação de Zn pouco influenciaram o desenvolvimento vegetativo dos genótipos de milho. A variedade IPR114 apresentou menor produtividade e não respondeu a aplicação de Zn. Os modos de aplicação de Zn testados foram eficientes, aumentando significativamente a produtividade dos híbridos de milho SYN7B28, FERROZ e DEFENDER, sendo o híbrido triplo (DEFENDER) mais responsivo.

Palavra-chave: Adubação Foliar; micronutrientes; tratamento de Sementes; *Zea mays* L..

ABSTRACT

Abstract: Corn represents one of the main cereals cultivated and consumed around the world, however, presenting low productivity when compared to the crop productive potential. In order to direct efforts to maximize the productive efficiency of the corn crop, this work aimed to evaluate the development and productivity of four maize genotypes (variety IPR114, the simple hybrid SYN7B28, the double hybrid FERROZ and the triple hybrid DEFENDER) submitted to different modes of zinc application (1- control; 2- zinc sulfate through seeds treatment; 3- Always® product through a foliar application and 4- Always® product through two foliar applications). The experiment was carried out at School Farm Capão da Onça, State University of Ponta Grossa, Ponta Grossa/PR, in a randomized block design, constituting a 4x4 factorial, with 4 replications. The variables analyzed were stalk diameter, shoot height, number of leaves per plant; height of insertion of the first cob, number of rows per cob, number of grains per row, mass of 1000 grains and productivity. The methods of application of Zn had little influence on the vegetative development of maize genotypes. The IPR114 variety showed lower productivity and did not respond to the application of Zn. The

tested Zn application methods were efficient, significantly increasing the productivity of the SYN7B28, FIERCE and DEFENDER corn hybrids, being the triple hybrid (DEFENDER) more responsive.

Key words: Foliar Fertilization; micronutrients, seed treatment, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

Entre os cereais de importância econômica, o milho (*Zea mays* L.) apresenta amplo potencial de utilização, desde a alimentação humana e animal, a produtos agroindustriais, evidenciando importante papel sócio-econômico, devido à sua composição química e valor nutritivo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Grande parte de sua produção é voltada para o abastecimento interno relacionado às cadeias produtivas de suínos e aves (DUARTE, 2006). Seu emprego na produção de etanol ampliou o leque de aplicações desse cereal (CHEN et al., 2018).

A produção mundial de milho para a safra 2019/20 é estimada em 1,11 bilhão de toneladas, sendo 0,9% menor ao registrado na safra anterior. O Brasil mantém-se em terceiro lugar na produção do cereal, atrás dos Estados Unidos e da China, podendo atingir 101 milhões de toneladas para a safra 2019/20 (USDA, 2020). Tal produção ultrapassa a projeção da Assessoria de Gestão Estratégica do MAPA, a qual foi de 70 milhões de toneladas (MAPA, 2020). Entretanto, o Brasil exportará 9,4% a menos que na safra anterior, garantindo cerca de 65 milhões de toneladas para o abastecimento do mercado interno (USDA, 2020). A boa cotação do cereal contribuiu para ampliar em 2,8% a área de cultivo, primeira safra, em relação à safra 2018/19. Somado a isso, a produtividade da cultura é um crescente fruto dos avanços tecnológicos, do manejo, à qualificação dos produtores e à diversificação e eficiência dos insumos (CONAB, 2020).

No Paraná, na safra 2019/20 cultivou-se cerca de 3,52 milhões de hectares com milho primeira safra, com produtividade média de

9.811 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020). A área cultivada foi 2,33% inferior à safra 2018/2019, porém a produção foi 8,62% maior, devido ao aumento 12,06% na produtividade, havendo relatos que alguns produtores alcançaram produtividades de 16 t ha⁻¹ (SEAB, 2020).

Em tempos não muito remotos, acreditava-se que aumentos nas produtividades das culturas seriam obtidos somente por meio do uso de cultivares altamente melhoradas, maquinários com alta tecnologia e pela intensificação do uso de macronutrientes aplicados na fonte certa, na dose certa e na época certa entre outros. Durante a década de 80 e 90 do século XX, pesquisas surgiram no intuito de demonstrar a importância da aplicação de micronutrientes, os quais eram exportados das lavouras via grãos sem a devida reposição (SANTOS; ESTEFANEL, 1986; RIBEIRO; SANTOS, 1991; RIBEIRO; SANTOS, 1996; OHSE et al., 1999; MARCHEZAN et al., 2001).

Neste âmbito, pesquisas demonstraram acréscimos na produtividade de grandes culturas, tanto com aplicações de micronutrientes via solo, quanto foliar e sementes (RITCHEY et al., 1986; GALRÃO, 1994; COUTINHO et al., 2007; PRADO et al., 2008; SANTOS et al., 2009; OHSE et al., 2013; OHSE et al., 2014; PETLA SILVA; OHSE; PERON et al., 2015).

O zinco (Zn), na agricultura brasileira, é o micronutriente cuja deficiência é mais comum (MALAVOLTA, 2006). Exerce importantes funções na planta, atuando como constituinte e ativador de várias enzimas, como a aldolase, superóxido dismutase e catalase, evitando a ação de espécies reativas de oxigênio (EROs), além de ser necessário à síntese do triptofano, aminoácido precursor da auxina, do RNA e ribossomos (KERBAUY, 2008; TAIZ et al., 2017). Assim,

quantidades insuficientes de Zn no solo comprometerão o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade das culturas. No milho os sintomas de deficiência de Zn caracterizam-se, principalmente, por clorose internerval nas folhas jovens e encurtamento dos internódios (MALAVOLTA, 2006). A correção da sua deficiência depende de seu teor no solo, das condições edafoclimáticas, da espécie vegetal e até mesmo da cultivar e/ou híbrido (FAGERIA et al., 2002; FURLANI et al., 2005). A preocupação em se definir o modo de aplicação de Zn com base no híbrido de milho reside no fato de que, cada um possui um potencial produtivo, que é dependente do manejo associado.

Os solos dos Campos Gerais do Paraná são, na maioria, oriundos de rochas sedimentares, ou seja, naturalmente pobres em Zn entre outros micronutrientes. A pobreza química do material de origem é maximizada pela utilização intensiva sem a devida reposição do micronutriente. Além disso, o Zn é muito exigido no cultivo de cereais, podendo, sua deficiência afetar a produção e a qualidade de grãos (CANTARELLA, 1993; FAGERIA et al., 2002).

A reposição do Zn exportado da lavoura deve ser pormenorizada, uma vez que, o limiar entre deficiência e fitotoxicidade é próximo, assim, doses inadequadas podem ser prejudiciais. A reposição pode ser realizada via solo, foliar ou semente. Uniformização na distribuição de pequenas quantidades via solo é difícil de alcançar, sendo o tratamento de sementes uma alternativa, minimizando custos de aplicação (PARDUCCI et al., 1989), e melhorando aproveitamento pela planta (LUCHESE et al., 2004).

A demanda do mercado interno e as exportações de milho tendem a ser uma crescente devido ao aumento populacional. Assim, o desafio é aumentar a produção do cereal sem expandir fronteiras agrícolas. A solução aponta para o aumento da

produtividade, o que pode ser alcançado por meio da seleção de híbridos que correspondam às características de determinada região e respondam positivamente ao manejo adotado. Em função disso e, considerando que a região de Ponta Grossa/PR apresenta solos naturalmente pobres em Zn, o trabalho teve por objetivo de avaliar o efeito de diferentes modos de aplicação de Zn em diferentes genótipos de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Escola Capão da Onça, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa/PR, PR 510, km 14, a 990 m de altitude. O clima da região, segundo Köppen, é do tipo Cfb, sempre úmido, quente temperado, sem estação seca definida e com geadas frequentes no inverno (JUSTINO et al., 2006).

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2013). A calagem foi realizada três meses antes da instalação da cultura com calcário calcítico (CaO= 58,5% e MgO= 9% e PRNT= 99%), visando elevar a saturação por bases (V%) a 70% conforme recomendação de RAIJ et al. (1997) para a cultura do milho. A adubação de base foi efetuada com a fórmula 10-20-20 na quantidade de 300 kg ha⁻¹ e a adubação de cobertura com 250 kg ha⁻¹ de ureia incorporada em V6, correspondendo a 112,5 kg de N ha⁻¹.

Na Tabela 1 encontram-se os dados das análises de solo realizadas após a calagem, dois dias antes da semeadura do milho, para as profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. Foi realizada também a determinação do teor de Zn nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm no Laboratório de Análise de Solo da Fundação ABC, cujos resultados foram 2,9 e 3,0 mg dm³, considerados altos segundo Malavolta (2006).

TABELA 1. Análise química do solo de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente, realizada no Laboratório de fertilidade do Solo, UEPG. Ponta Grossa/PR.

Profundidade de 0-20 cm							
pH	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ + Al ⁺³	CTC	V
CaCl ₂	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----					(%)
5,2	49,7	0,32	3,7	2,3	5,76	6,32	52,3
Profundidade de 20-40 cm							
pH	P	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ + Al ⁺³	CTC	V
CaCl ₂	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----					(%)
4,2	69,8	0,19	1,6	1,2	10,45	3,99	22,2

H+Al= Solução tampão SMP; Al, Ca e Mg trocáveis= KCl 1mol L⁻¹; P e K= Mehlich⁻¹ e C-orgânico =Walkley-Black. CTC efetiva.

Os tratamentos corresponderam à combinação de 4 genótipos de milho (variedade IPR114, o híbrido simples SYN7B28, o híbrido duplo FERROZ e o híbrido triplo DEFENDER) e 4 modos de aplicação de Zn (1- testemunha; 2- sulfato de zinco via semente; 3- produto Always[®] via foliar em uma aplicação e 4- produto Always[®] via foliar em duas aplicações), constituindo um experimento fatorial 4x4, totalizando 16 tratamentos.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com 4 repetições.

O tratamento de sementes constou da fonte sulfato de zinco (ZnSO₄.7H₂O com 23% de Zn) na dose de 43,48 g ZnSO₄.7H₂O kg⁻¹ sementes, correspondendo a 10 g de Zn kg⁻¹ sementes. A dose foi estabelecida em função de recomendações técnicas da EMBRAPA (COELHO; FRANÇA, 2006). Para a adubação foliar utilizou-se o produto Always[®] (Produquímica) composto de 5% N, 0,02% Co e 8,5% Zn, na dose recomendada pelo fabricante, sendo aplicado em V5 (1,0%) quando em dose única e em V5 (0,5%) e V6 (0,5%) quando parcelada. Em todas as aplicações foliares o volume de calda empregado foi de 150 L ha⁻¹, utilizando-se pulverizador costal manual, de barra de 4 m com bicos tipo leque 11001.

O tratamento de sementes com ZnSO₄.7H₂O foi realizado um dia antes da semeadura, em 4 kg de sementes para os 4 genótipos. O produto foi dissolvido em 7 mL de água deionizada e distribuído sobre as sementes.

Após agitação manual intensa, homogeneizando a distribuição do produto sobre as sementes, os sacos permaneceram abertos por 24 horas para arejamento e secagem à sombra.

A semeadura foi efetuada com semeadora de parcela com 5 linhas espaçadas em 0,8 m, buscando obter a população de 75.000 plantas. Após emergência das plântulas, realizou-se desbaste na variedade IPR114, almejando-se à população de 50.000 plantas ha⁻¹, recomendada para o genótipo. Para o controle de pragas e doenças realizou-se aplicações de Primóleo (4 L ha⁻¹) + Tamaron (0,8 L ha⁻¹); Primóleo (3 L ha⁻¹) + Soberon (0,24 L ha⁻¹) e Cabal moly (0,2 L ha⁻¹) + Áureo (0,2 L ha⁻¹).

Nos estádios V9 e R1 foi determinado o diâmetro de colmo na altura da inserção do primeiro par de folhas, utilizando-se paquímetro e a altura de planta a partir do colo até a dobra da folha bandeira, utilizando-se trena em sete plantas no centro de cada subparcela. Momentos antes da colheita avaliou-se a altura da inserção da primeira espiga, diâmetro de espiga, número de fileira por espiga e número de grãos por fileira. As espigas foram colhidas manualmente nos 3 m de duas linhas centrais, totalizando 4,8 m² de área útil. Depois de colhidas, as espigas correspondentes a cada unidade experimental foram trilhadas, determinando-se a umidade dos grãos, corrigindo para 13% os dados de produtividade e da massa de 1000 grãos.

Os dados obtidos para cada variável foram analisados estatisticamente através da aplicação

da análise da variância pelo teste F, seguida pela aplicação do teste Tukey para comparação das médias, por meio do programa ASSISTAT 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da variância revelou interação entre híbridos de milho e modos de aplicação de Zn para as variáveis diâmetro de colmo (DCV) e

número de folhas por planta (NFV) determinadas na fase vegetativa; número de folhas na fase reprodutiva (NFR); número de grãos por fileira (NGF) e produtividade. Os coeficientes de variação obtidos para estas variáveis variaram de 2,41% (NGF) a 13,44% (DCV) demonstrando boa precisão experimental, o que segundo Pimentel Gomes (2009) demonstra alta homogeneidade dos dados e baixa variação ao acaso (Tabela 2)

TABELA 2. Resumo da análise da variância para diâmetro de colmo na fase vegetativa (DCV), número de folhas por planta na fase vegetativa (NFV), número de folhas por planta na fase reprodutiva (NFR), número de grãos por fileira na espiga (NGF) e produtividade (PROD). Ponta Grossa/PR.

Causas de Variação	GL	DCV	NFV	NFR	NGF	PROD
Bloco	3	8,023 ^{ns}	0,934 ^{ns}	1,002 ^{ns}	0,417 ^{ns}	71835,75 ^{ns}
Genótipo (G-Parcela)	3	11,381 ^{ns}	0,590 ^{ns}	1,299 ^{ns}	94,047**	36084031,43**
Resíduo (G)	9	12,708	0,555	0,388	1,0691**	848065,23
CV [%] (G)		13,44	6,63	4,13	2,83	11,63
MA (Subparcela)	3	45,080**	1,155**	0,164 ^{ns}	11,458**	4125043,97**
Resíduo (MA)	36	7,663	0,895	0,132	1,851	389400,11
CV [%] (MA)		10,43	4,03	2,41	3,37	3,78
Interação (G x MA)	9	20,297*	0,205**	1,281**	10,667**	317961,19**

^{ns} Não significativos a 5% de probabilidade pelo teste de F; ** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F. CV= Coeficiente de variação. MA= modos de aplicação de Zn.

Não houve significância para a interação entre fatores genótipos de milho e modos de aplicação de Zn para as variáveis diâmetro de colmo na fase reprodutiva (DCR), altura de planta na fase vegetativa (APV), altura de planta na fase reprodutiva (APR), altura de inserção da primeira espiga (AIE) e massa de 1000 grãos (MMG). Genótipos de milho apresentaram significância para as variáveis DCR e APV, e modos de aplicação de Zn para MMG (Tabela 3). Os coeficientes de variação foram menores que 9% denotando alta precisão experimental (PIMENTEL GOMES, 2009). Não houve diversidade para a variável número de fileiras por espiga (NFE), tanto pelos genótipos como pelos modos de aplicação de Zn, sendo que o genótipo IPR114 apresentou média de 12 e os demais genótipos 14 NFE.

A aplicação foliar de Zn em dose única no estágio V5 influenciou a variável diâmetro de colmo (DCV), avaliada no estágio V9, tendo o

híbrido triplo de milho DEFENDER apresentado valor superior em 23,6 e 18,0% ao híbrido simples SYN7B28 e à variedade IPR114, correspondendo a 7,5 e 5,7 mm a mais (Tabela 4). Os modos de aplicação de Zn não interferiram no DCV para os híbridos de milho FERROZ e DEFENDER. Entretanto, o híbrido simples SYN7B28 apresentou aumento de 22,2% no DCV quando as sementes foram tratadas com ZnSO₄.7H₂O na dose de 43,48 g kg⁻¹ sementes, e a variedade IPR114 teve o DCV acrescido em 14,6% quando da aplicação foliar do produto Always® aplicado em V5 e V6 em relação à não aplicação de Zn (Tabela 4). As variações observadas para a variável DCV podem ser atribuídas à variabilidade genética entre os genótipos de milho, demonstrando que a variedade IPR114 e o híbrido simples SYN7B28 foram mais responsivos à aplicação de Zn, porém a métodos diferenciados.

TABELA 3. Resumo da análise da variância para diâmetro de colmo na fase reprodutiva (DCR), altura de planta na fase vegetativa (APV), altura de planta na fase reprodutiva (APR), altura de inserção da primeira espiga (AIE) e massa de 1000 grãos (MMG). Ponta Grossa/PR.

Causas de Variação	GL	DCR	Quadrado médio (Q.M.)			
			APV	APR	AIE	MMG
Bloco	3	3,413 ^{ns}	0,180 ^{ns}	0,150 ^{ns}	0,017 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Genótipo (G- parcela)	3	32,479**	0,282*	0,141 ^{ns}	0,045 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Resíduo (G)	9	4,121	0,071	0,068	0,124	0,0001
CV [%] (G)		8,12	8,92	2,93	7,17	3,10
MA (subparcela)	3	3,144 ^{ns}	0,162 ^{ns}	0,034 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,003**
Resíduo (MA)	36	2,423	0,062	0,063	0,007	0,0001
CV [%] (MA)		6,23	3,67	2,82	5,52	3,82
Interação (G x MA)	9	3,188 ^{ns}	0,131 ^{ns}	0,048 ^{ns}	0,0029 ^{ns}	0,0001 ^{ns}

^{ns} Não significativos a 5% de probabilidade pelo teste de F; ** e * Significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F. CV= coeficientes de variação. MA= modos de aplicação de Zn.

TABELA 4. Diâmetro de colmo na fase vegetativa (DCV) em função dos genótipos de milho e dos modos de aplicação de Zn. Ponta Grossa/PR.

MA/G (mm)	Test.	Zn- 1 AP	Zn- 2 AP	TS	Médias
IPR114	23,35 a B*	25,90 b AB	29,70 a A	25,55 a AB	26,12
SYN7B28	22,33 a B	24,15 b AB	27,55 a AB	28,70 a A	25,58
FEROZ	25,02 a A	28,15 ab A	28,25 a A	25,30 a A	26,68
DEFENDER	26,65 a A	31,60 a A	27,15 a A	25,15 a A	27,64
Médias	24,33	27,45	28,16	26,17	

*Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. MA/G= Modo de aplicação/genótipo; Test.= Testemunha; Zn-1 AP= uma aplicação foliar de Zn; Zn-2 AP= duas aplicações foliares de Zn e TS= Tratamento de sementes.

De acordo com Rosolem e Oliveira (1998), muitas vezes diferenças no diâmetro de colmo não são determinadas em plantas de milho que recebem tratamento com Zn, entretanto, sofrem menos acamamento na época da colheita. O aumento do diâmetro do colmo de milho não só reduz a propensão ao acamamento, como aumenta a possibilidade de armazenamento de fotossintatos excedentes à necessidade de crescimento na fase vegetativa para uso na fase reprodutiva, podendo repercutir em aumento de produtividade. O Zn pode induzir aumento no diâmetro de colmo do milho, dado que é necessário à síntese do aminoácido triptofano, responsável pela síntese do ácido indolacético (AIA), principal auxina produzida endogenamente. O AIA induz alongamento

celular, tanto pelo aumento da atividade das proteínas bombas H⁺-ATPases, como pela indução de sua síntese. Em adição, o AIA atua conjuntamente com a citocinina no processo de divisão celular, por meio da ativação das ciclinas dependentes de quinases CDK/a-CYC/D3 (KERBAUY, 2008). Assim, o Zn pode, no caso da aplicação da dose certa, formulação certa e época certa influenciar todas as variáveis analisadas, uma vez que contribui tanto para o aumento do número de células como do seu tamanho, entretanto, seu efeito seria mais acentuado em condições de deficiência, o que não ocorreu, visto que, o teor de Zn no solo foi em média 3,0 mg dm³, considerado alto (MALAVOLTA, 2006). Ante o exposto, a caripose de milho pode apresentar maior número de

células com maior tamanho, propiciando maior armazenamento de reserva, aumentando sua massa e, conseqüentemente, a produtividade.

Os genótipos de milho não diferiram entre si em função da aplicação foliar em dose única e da não aplicação de Zn para a variável número de folhas por planta avaliada em V9 (NFV). A variedade IPR114 apresentou superioridade no NFV em 9,7% ao híbrido SYN7B28, equivalendo a 1,15

folhas a mais por planta (Tabela 5). Entretanto, o híbrido simples SYN7B28 apresentou em média 1,25 folhas (10,1%) a mais que o híbrido triplo DEFENDER quando o Zn foi fornecido via tratamento de sementes (Tabela 5). Os resultados demonstram os genótipos de milho testados podem responder diferentemente ao modo de aplicação de Zn para a variável NFV.

TABELA 5. Número de folhas por planta na fase vegetativa (NFV) em função dos genótipos de milho e dos modos de aplicação de Zn. Ponta Grossa/PR.

MA/G	Test.	Zn- 1 AP	Zn-2 AP	TS	Média
IPR114	11,38 a A*	11,20 a A	11,85 a A	11,55 ab A	11,28
SYN7B28	10,45 a B	10,95 a B	10,70 b B	12,33 a A	11,08
FEROZ	11,13 a AB	10,60 a B	11,02 ab AB	11,55 ab A	11,11
DEFENDER	11,27 a A	11,48 a A	11,27 ab A	11,08 b A	11,08
Média	11,05	11,06	11,21	11,63	

*Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. MA/G= Modo de aplicação/genótipo; Test.= Testemunha; Zn-1 AP= uma aplicação foliar de Zn; Zn-2 AP= duas aplicações foliares de Zn e TS= Tratamento de sementes.

O modo de aplicação de Zn não influenciou a variável NFV para os genótipos IPR114 e DEFENDER. Todavia, houve aumento de 15,2; 11,2 e 13,2% no NFV para genótipo SYN7B28 quando as sementes foram tratadas com 10 g de Zn kg⁻¹, em relação à não aplicação de Zn (testemunha), e aplicação foliar em dose única e parcelada de Zn, correspondendo a 1,9; 1,4 e 1,6 folhas a mais por planta, respectivamente (Tabela 5). O híbrido duplo FERROZ revelou superioridade no NFV em 8,2% quando do tratamento de sementes com Zn em relação à aplicação foliar de Zn em dose única, diferença essa de 0,95 folhas a mais por planta (Tabela 5).

Em contrapartida, o número de folhas determinado em R1 (NFR), ou seja, na fase reprodutiva, demonstrou respostas dos genótipos a todos os modos de aplicação de Zn testados (Tabela 6), tendo aumentado em média 4 folhas por planta em relação à avaliação na fase vegetativa (Tabela 5). O genótipo SYN7B28 respondeu ao tratamento foliar com Zn em dose única, apresentando redução no NFR em 11,4; 10,6 e 8,0% em relação aos genótipos DEFENDER, FERROZ e IPR114, equivalendo a 1,8; 1,7 e 1,2

folhas a menos, respectivamente. A aplicação foliar parcelada de Zn beneficiou o híbrido triplo de milho, o qual apresentou NFR aumento de 7,3 e 4,9% ao SYN7B28 e ao FERROZ, correspondendo a 1,2 e 0,8 folhas a mais por planta. Finalmente, o tratamento de sementes foi mais eficiente para o genótipo SYN7B28, o qual mostrou superioridade em 6,6 e 6,9% no NFR aos genótipos IPR114 e DEFENDER, apresentando em média uma folha a mais por planta (Tabela 6).

A variedade de milho IPR114 e o híbrido FERROZ não alteraram o NFR em função dos modos de aplicação de Zn estudados. Todavia, para o híbrido simples SYN7B28 o NFR foi maior quando se utilizou o tratamento de sementes, apresentando 1,4; 2,1 e 1,0 folhas a mais por planta em relação à testemunha; aplicação foliar de Zn em dose única e parcelada, diferença que equivale a 8,5; 12,9 e 6,0%, respectivamente (Tabela 6). Para o híbrido triplo DEFENDER a aplicação foliar de Zn, tanto em dose única como parcelada, expressou tendência em beneficiar o NFR. Ohse et al. (2019) obtiveram aumento do número de folhas plantas para o híbrido de milho CD321® quando do tratamento de sementes com

ZnSO₄.7H₂O na dose de 16,5 g kg⁻¹ de sementes de 10,35%, 6,82% e 8,32% em relação à testemunha quando das avaliações aos 20; 50 e 80 dias após a emergência (DAE), respectivamente. Essa variável é de extrema

importância para a produtividade da cultura, uma vez que, a folha é o principal órgão fotossinteticamente ativo, todavia, a área foliar e teor de clorofila são características auxiliares e determinantes (TAIZ et al., 2017).

TABELA 6. Número de folhas por planta na fase reprodutiva (NFR) em função dos genótipos de milho e dos modos de aplicação de Zn. Ponta Grossa/PR.

MA/G	Test.	Zn- 1 AP	Zn- 2 AP	TS	Média
IPR114	14,65 a A*	15,05 a A	15,10 ab A	14,80 b A	14,90
SYN7B28	14,95 a B	13,85 b B	14,55 b B	15,90 a A	14,81
FEROZ	15,08 a A	15,50 a A	14,93 b A	15,40 ab A	15,23
DEFENDER	15,53 a AB	15,63 a A	15,70 a A	14,85 b AB	15,43
Média	15,05	15,00	15,06	15,24	

*Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. MA/G= Modo de aplicação/genótipo; Test.= Testemunha; Zn-1 AP= uma aplicação foliar de Zn; Zn-2 AP= duas aplicações foliares de Zn e TS= Tratamento de sementes.

O híbrido triplo DEFENDER apresentou superioridade em 4,1% (9 cm) na altura de plantas na fase vegetativa (APV) em relação à variedade IPR114, não obstante, diferença essa não foi mantida quando da avaliação da altura de planta na fase reprodutiva (APR) (Tabela 7). Os modos de aplicação de Zn estudados não influenciaram as variáveis APV e APR (Tabela 8). Todavia, o crescimento em extensão foi em média de 66 cm do estádio V9 ao estádio fenológico R1. Similarmente, Orioli et al. (2008) não observaram aumento na altura de planta de

trigo em função do modo de aplicação de Zn. Não obstante, Prado et al. (2008) ao avaliarem o efeito de fontes e doses de Zn via tratamento de sementes observaram influência, tanto no teor de Zn como no crescimento inicial do milho cv. Fort, principalmente com a fonte óxido de zinco em comparação com o sulfato de zinco. Furlani et al. (2005) observaram efeito significativo da aplicação de Zn sobre as variáveis altura e massa seca da planta entre os 24 genótipos de milho avaliados.

TABELA 7. Altura de planta na fase vegetativa (APV), altura de planta na reprodutiva (APR), diâmetro de colmo na fase reprodutiva (DCR), altura de inserção da primeira espiga (AIE) e massa de 1000 grãos (MMG) em função de genótipos de milho. Ponta Grossa/PR.

Genótipos	APV (m)	APR (m)	DCR (mm)	AIE (m)	MMG (g)
IPR114	2,11 b	2,80 a	25,48 a*	1,49 a	228 a
SYN7B28	2,14 ab	2,85 a	25,74 a	1,53 a	223 a
FEROZ	2,13 ab	2,80 a	22,88 b	1,61 a	231 a
DEFENDER	2,20 a	2,79 a	25,89 a	1,58 a	228 a
Média	2,15	2,81	24,99	1,55	228
CV (%)	3,92	6,29	8,12	7,16	3,10

*Médias nas colunas, seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

Avaliando em V9 e R1, Gruzka et al. (2016) obtiveram para os híbridos de milho AG8025 e P30R50 alturas médias de 1,50 e 2,41 m, valores estes inferiores aos obtidos neste estudo, independentemente do genótipo e do modo de

aplicação de Zn (Tabelas 7 e 8), assim como os trabalhos de Subedi; Ma (2005) e Ohse et al. (2019). As diferenças observadas caracterizam variabilidade genética entre híbridos de milho para essa variável, além das diferenças

edafoclimáticas e das prováveis variações na condução experimental.

O híbrido duplo FERROZ apresentou diâmetro de colmo em R1 (DCR) inferior em 11,6; 11,1 e 10,2% aos genótipos DEFENDER, SYN7B28 e IPR114, equivalendo a 3,0; 2,9 e 2,6 mm a menos, respectivamente (Tabela 7). As diferenças observadas caracterizam variabilidade genética entre os genótipos de milho estudados para essa variável, independentemente do modo de aplicação de Zn (Tabela 8). Dourado Neto et al. (2003), determinaram como valor médio de DCR em R1 30,8 mm para os híbridos AG1051, AG7575 e DKB911 e Tomazela et al. (2006) para o híbrido P30F33 DC de 22,5 mm, valores estes, respectivamente superior e inferior ao valor médio obtido independentemente do fator (Tabelas 7 e 8). Valores inferiores para esta variável também foram obtidos por Fernandes et al. (2005) para os híbridos simples AG9010 e DKB333B, híbrido triplo CO32, híbrido duplo XB8010, variedades BR106 e Sol da Manhã, os quais foram: 18,89; 18,10; 18,02; 18,95; 18,96 e 19,81 mm, respectivamente. Por outro lado, Gruzka et al. (2016) obtiveram valores médios de DCR1 semelhantes ao valor médio neste estudo para os híbridos de milho P30R50 e AG8025 (25,16 e 24,78 mm).

A altura de inserção da primeira espiga (AIE) não foi influenciada pelos fatores genótipos de milho e modos de aplicação de Zn, apresentando valor médio de 1,55 m (Tabelas 7 e 8). Diferenças significativas entre os híbridos de milho P30R50 e AG8025 para a variável AIE foram relatados por Gruzka et al. (2016), porém os valores foram inferiores (1,25 e 1,17 m).

A variável massa de 1000 grãos (MMG) não variou entre os genótipos de milho, apresentando média de 228 g (Tabela 7). Valor este, inferior ao referido por Gonçalves et al. (2007), o qual foi de 263 g, no entanto, os autores não obtiveram resposta à aplicação de Zn para esta cultura. Valores superiores para a variável foram relatados para o híbrido P30F33 (TOMAZELA et al., 2006), DKB909 (SANGOI et al., 2007) e CD321® (OHSE et al., 2019). Entretanto, a MMG sofreu interferência do modo de aplicação de Zn (Tabela 8). A aplicação foliar de Zn em dose única elevou a MMG em 12,6% em relação à testemunha, e em 3,8% em relação ao tratamento de sementes com 10 g de Zn kg⁻¹, não diferindo da aplicação foliar parcelada de Zn (Tabela 8). Garcia (2009) obteve incremento na MMG com aplicação de Zn na cultura da soja, tanto via tratamento de sementes como foliar. Diferentemente, resultados observados por Engler et al. (2006), quando da avaliação de modos de aplicação de Zn em dois cultivares de arroz, demonstraram que os componentes da produção, inclusive MMG, não foram influenciados pelo modo de aplicação de Zn. O resultado por estar associado ao fato do Zn apresentar baixa mobilidade no floema (TAIZ et al., 2017), assim, o fornecimento via foliar pode ter acelerado seu transporte à estrutura reprodutiva, maximizando a síntese de AIA, e com isso, potencializando os processos de divisão e alongamento celular, possibilitando maior acúmulo de amido, mesmo em condições de boa disponibilidade de Zn no solo.

TABELA 8. Altura de planta na fase vegetativa (APV), altura de planta na reprodutiva (APR), diâmetro de colmo na fase reprodutiva (DCR), altura de inserção da primeira espiga (AIE), e massa de mil grãos (MMG) em função dos modos de aplicação de Zn. Ponta Grossa/PR.

Modos de aplicação	APV (m)	APR (m)	DCR (mm)	AIE (m)	MMG (g)
Testemunha	2,10 a	2,82 a	24,53 a*	1,54 a	208 c
Zn- uma AP	2,17 a	2,81 a	24,71 a	1,55 a	238 a
Zn- duas AP	2,17 a	2,78 a	25,38 a	1,54 a	235 ab
Tratamento de sementes	2,14 a	2,81 a	25,37 a	1,58 a	229 b
Média	2,15	2,81	24,99	1,55	228
CV (%)	3,67	8,82	6,23	5,52	3,82

*Médias nas colunas, seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. AP= aplicação (es) foliar (es).

O híbrido triplo DEFENDER apresentou número de grãos por fileira (NGF) superior em 6,6% à variedade de milho IPR114 e 7,5% superior ao híbrido simples SYN7B28 e FERROZ quando da não aplicação de Zn. Entretanto, os genótipos IPR114 e DEFENDER apresentaram NGF superior aos SYN7B28 e FERROZ independentemente do modo de aplicação de Zn (Tabela 9). A variável NGF para os genótipos FERROZ e DEFENDER não foi influenciada pelo

modo de aplicação de Zn, entretanto, NGF do híbrido SYN7B28 foi aumentado em 7,9% em relação à testemunha e 13,9% em comparação à aplicação foliar de Zn, independentemente de seu parcelamento. A variedade de milho IPR114 teve o NGF aumentado quando o Zn foi fornecido via foliar em 2 aplicações, sendo 14,0% e 7,3% superior à testemunha e à aplicação foliar de Zn em dose única, não diferindo do fornecimento via tratamento de sementes (Tabela 9).

TABELA 9. Número de grãos por fileira (NGF) em função dos genótipos de milho e dos modos de aplicação de Zn. Ponta Grossa/PR.

MA/G	Test.	Zn- 1 AP	Zn- 2 AP	TS	Média
IPR114	35,25 b C*	38,00 a B	41,00 a A	40,25 a AB	38,63
SYN7B28	34,75 b B	32,50 b B	32,50 b B	37,75 b A	34,63
FERROZ	34,75 b A	33,00 c A	33,75 b A	35,25 b A	34,19
DEFENDER	37,75 a A	37,75 ab A	38,75 a A	39,75 a A	38,56
Média	35,63	36,06	36,75	37,56	

*Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. MA/G= Modo de aplicação/genótipo; Test.= Testemunha; Zn-1 AP= uma aplicação foliar de Zn; Zn-2 AP= duas aplicações foliares de Zn e TS= Tratamento de sementes.

O valor médio obtido para a variável NGF por Ohse et al. (2019), para o híbrido de milho CD321® foi de 30,8, autonomamente do tratamento com micronutrientes. Gruzka et al. (2016), para os híbridos P30R50 e AG8025, obtiveram 36,0 e 38,4. As diferenças encontradas se devem provavelmente à variabilidade genética, podendo, no entanto, estarem associadas às variações edafoclimáticas e de manejo.

A produtividade dos híbridos SYN7B28, FERROZ e DEFENDER foi significativamente

superior à da variedade IPR114 quando não se forneceu Zn, padrão que se manteve quando o Zn foi fornecido via foliar e via tratamento de sementes. Não obstante, quando do tratamento de sementes com Zn o híbrido SYN7B28 apresentou produtividade superior ao FERROZ em 12,2% (1.158 kg ha⁻¹), não diferindo do DEFENDER (Tabela 10). As diferenças podem ser atribuídas à variabilidade genética, no entanto, como se respeitou a densidade populacional recomendada para cada genótipo, o IPR114 foi conduzido com 50.000 plantas ha⁻¹, enquanto os

demais foram conduzidos com 75.000 plantas ha⁻¹, assim, as diferenças obtidas para o fator

genótipos foram, com certeza, altamente influenciadas pela população de plantas.

TABELA 10. Produtividade de genótipos de milho em função dos modos de aplicação de Zn. Ponta Grossa/PR.

MA/G	Test.	Zn- 1 AP	Zn- 2 AP	TS	Média
IPR 114	5362,5 b A*	5818,4 b A	5920,5 b A	5874,1 c A	5743,8
SYN7B28	8235,5 a B	9438,1 a A	9550,2 a A	9499,1 a A	9180,7
FEROZ	7813,2 a B	8141,1 a AB	8693,9 a A	8341,1 b AB	8247,3
DEFENDER	7318,8 a B	8699,3 a A	9206,6 a A	8765,3 ab A	8497,5
Média	7182,5	8024,2	8342,8	8119,9	

*Médias seguidas por letras maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade. MA/G= Modo de aplicação/genótipo; Test.= Testemunha; Zn-1 AP= uma aplicação foliar de Zn; Zn-2 AP= duas aplicações foliares de Zn e TS= Tratamento de sementes.

A produtividade da variedade IPR114 não influenciada pelo modo de aplicação de Zn. A aplicação foliar parcelada de Zn (V5-0,5% e V6-0,5%) do produto Always®, contendo 8,5% de Zn, aumentou o DCV avaliado no estágio fenológico V9 do genótipo IPR114, também aumentou o NFV em relação ao SYN7B28. O NGF foi significativamente aumentado com a aplicação foliar de Zn em dose única, parcelada e tratamento de sementes, contudo, não repercutiu em aumento da produtividade do genótipo.

Os genótipos SYN7B28 e DEFENDER tiveram a produtividade aumentada pela aplicação de Zn, independentemente do modo. O híbrido FERROZ produziu 880,7 kg ha⁻¹ a mais quando se forneceu Zn via foliar de forma parcelada, correspondendo a 10,1% (Tabela 10). A produtividade do híbrido SYN7B28 foi acrescida em 1.314,7; 1.263,6 e 1.202,6 kg ha⁻¹ com a aplicação parcelada de Zn via foliar; tratamento de sementes e aplicação foliar em dose única, aumentando a variável em 13,8; 13,3 e 12,7% respectivamente. A produtividade do híbrido DEFENDER foi acrescida em 1.887,8; 1.446,5 e 1.380,5 kg ha⁻¹ com a aplicação parcelada de Zn via foliar; tratamento de sementes e aplicação foliar em dose única, aumentando a variável em 20,5; 16,5 e 15,9% respectivamente. O acréscimo na produtividade do híbrido SYN7B28 com aplicação de Zn pode estar relacionada ao aumento do DCV, NFV, NFR, NGF pelo

tratamento de sementes com 10 g de Zn kg⁻¹ sementes na forma de ZnSO₄.7H₂O kg⁻¹, e a aplicação foliar de Zn em dose única aumentou a MMG em relação à testemunha e ao tratamento de sementes, independentemente do genótipo (Tabela 8). Para o híbrido DEFENDER as variáveis que podem ter contribuído foram: i- DCV foi acrescido pela aplicação foliar de Zn em dose única (V5-1,0%) do produto Always® em relação ao IPR114 e SYN7B28; ii- NFR, aumentou com a aplicação foliar parcelada de Zn em relação aos híbridos SYN7B28 e FERROZ; e iii- NGF foi significativamente aumentado com a aplicação de Zn, independentemente do modo.

Aumentos significativos na produtividade das culturas da soja, milho e sorgo foram obtidos também por Ritchey et al. (1986) ao utilizarem a dose de 3 kg Zn ha⁻¹ aplicado a lanço, dose esta suficiente para manter as produções próximas ao rendimento máximo por, pelo menos, quatro colheitas consecutivas. Potarzycki; Grzebisz (2009) obtiveram aumento médio de 18% na produtividade do milho em função da adubação foliar com Zn (1 kg ha⁻¹) em três anos consecutivos.

O maior valor de produtividade foi de 9.550,2 kg ha⁻¹ para o híbrido SYN7B28 ao se fornecer Zn via foliar de forma parcelada. Este valor foi 37,3% superior à média nacional (5.989 kg ha⁻¹) e muito próximo à média paranaense para a primeira safra 2019/20 (9.811 kg ha⁻¹), segundo a CONAB (2020) e a SEAB (2020),

respectivamente. Embora as produtividades dos híbridos SYN7B28, FERROZ e DEFENDER tenham sido maiores que a nacional e próxima à média do Paraná, encontrando-se muito aquém do potencial produtivo da cultura, a qual é superior a 16.000 kg ha⁻¹, segundo Coelho et al. (2003).

Em síntese, os híbridos DEFENDER e SYN7B28 foram os mais responsivos aos modos de aplicação de Zn seguido do FERROZ, sendo que a variedade IPR114 não respondeu (Tabela 10). Os acréscimos em produtividade podem ser justificados não só pela existência de variabilidade genética, ou pelo fato do Zn participar da síntese do aminoácido triptofano, aumentando a produção de AIA, e com isso, o alongamento celular e divisão celular, mas pelo fato do Zn apresentar outras funções como foto e geotropismo, formação de raízes, regeneração dos tecidos vasculares entre outros (TAIZ et al., 2017). Além disso, sua presença nas enzimas superóxido dismutase (SD) e catalase evitando os efeitos deletérios das espécies reativas de oxigênio (EROs). Em plantas de milho deficientes em Zn, comumente se observa decréscimo do tamanho das plantas, devido à redução do comprimento dos internódios, redução da área fotossinteticamente ativa, clorose internerval nas folhas jovens (FURLANI et al., 2005), repercutindo em redução da produtividade.

REFERÊNCIAS

- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho, In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: **Potafos**, p.147-196, 1993.
- CHEN, S.; XU, Z.; LI, X.; et al. Integrated bioethanol production from mixtures of corn and corn stover. **Bioresource Technology**, v.258, p. 18-25, 2018.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. **Nutrição e adubação de milho**, versão eletrônica, 2006. Disponível em: www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/Cultivo/Milho_2ed/feraduba.htm. Acesso em: 24 mar. 2016.
- COELHO, A.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? Piracicaba: **Potafos**, Informações Agrônomicas, 101, p.1-12, 2003.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos. Brasília, DF: Conab, 2016. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_05_27_09_24_04_boletim_graos_maior_2016_-_final.pdf. Acesso em: 02 jun. 2016.

CONCLUSÕES

A aplicação foliar parcelada de Zn aumentou o diâmetro de colmo do genótipo IPR114, bem como seu número de folhas em relação ao SYN7B28 na fase vegetativa. O número de grãos por fileira foi significativamente aumentado com a aplicação de Zn, contudo, não repercutiu em aumento da produtividade do genótipo.

A aplicação foliar de Zn em dose única aumentou a massa de 1000 grãos em 12,6 e 3,8% quando comparada à testemunha e ao tratamento de sementes, independentemente do genótipo. O número de grãos por fileira foi significativamente aumentado com a aplicação de Zn, independentemente do modo.

A produtividade do híbrido SYN7B28 aumentou em 13,8; 13,3 e 12,7% e a do híbrido DEFENDER em 20,5; 16,5 e 15,9% com a aplicação foliar parcelada de Zn; tratamento de sementes e aplicação foliar em dose única, respectivamente. A produtividade do híbrido FERROZ aumentou 10,1% quando se forneceu Zn via foliar de forma parcelada.

- COUTINHO, E.L.M.; SILVA, E.J. da; SILVA, A.R da. Crescimento diferencial e eficiência de uso em zinco de cultivares de milho submetidos a doses de zinco em um Latossolo Vermelho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.29, n.2, p.227-234. 2007.
- DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; et al. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.
- DUARTE, J.O. **Importância Econômica do milho**. Embrapa Milho e Sorgo Sistema de Produção, 1, 2006. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm>. Acesso em: 13 mar. 2011.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed., Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/mercado.htm Acesso em: 13 jun. 2016.
- ENGLER, M.P.C.; BUZETTI, S.; SILVA, F.C. et al. Modos de aplicação de boro e de zinco em dois cultivares de arroz de terras altas. **Científica**, v.34, n.2, p.129-135, 2006.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; CLARK, R.B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, v.77, p.185-268, 2002.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- FERNANDES, F. C. S.; BUZETTI, S.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. da C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.
- FURLANI, A.M.C., FURLANI, P.R., MEDA, A.R.; DUARTE, A.P. Eficiência de cultivares de milho na absorção e utilização de zinco. **Scientia Agrícola**, v.62, n.3, p.264-273, 2005.
- GALRÃO, E.Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo do milho num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.18, n.2, p.229-233, 1994.
- GARCIA, G.C.; SILVA, T.R.B.; SECCO, D. Épocas de aplicação e doses de fertilizante a base de cobre e zinco na produtividade de grãos de soja. **Cultivando o saber**, v.2, n.4, p.18-25, 2009.
- GONÇALVES, A.C.J.; TRAUTMANN, R.R.; MARENGONI, N.G. et al. Produtividade do milho em resposta a adubação com NPK e Zn em Argissolo vermelho-amarelo eutrófico e Latossolo vermelho eutrófico. **Ciência Agrotecnológica**, v.31, n.4, p.1231-1236, 2007.
- GRUZSKA, M.; OHSE, S.; PEREIRA, A.B.; SANTOS DIAS, C.T. dos. Corn yield as a function of amounts of nitrogen applied in bands. **African Journal Agricultural Research**, v.11, n.20, p.1805-1814. 2016.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ-IAPAR. Sementes - Cultivar IPR 114. Londrina. Disponível em: www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/ipr114.pdf. Acesso em: 14 mai. 2016.
- JUSTINO A.; MENON, L.; BORA, L. et al. Sentido de Pulverização em Culturas de Soja e Feijão com Pulverizador de Barras. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.3, p.755-758, 2006.
- KERBAUY, B. G. **Fisiologia Vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2008. 431p.
- LUCHESE, A.V.; JUNIOR, A.C.G.; LUCHESE, E.B. et al. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, v.24, n.6, p.1949-1952, 2004.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MAPA – Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2020/02/safra-de-graos-deve-alcancar-251-milhoes-de-toneladas-e-bater-novo-recorde-de-producao>. Acesso em 27/04/2020.

- MARCHEZAN, E.; SANTOS, O.S. dos; AVILA, L.A. de, et al. Adubação foliar com micronutrientes em arroz irrigado, em área sistematizada. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p.941-945, 2001.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>. Acesso em: 13 jun. 2016.
- OHSE, O.; LOURENÇO, R.P.; REZENDE, B.L.A. et al. Tratamento de sementes de linhaça dourada com micronutrientes. **Visão Acadêmica**, v.15, n.3, p.30-38, 2014.
- OHSE, S.; SANTOS, J.O. dos; MELLO W.M.; MELO, H.F. Potencial produtivo do milho em função do tratamento de sementes com micronutrientes e inseticidas. *Revista Visão Acadêmica*, v.20, n.1, p.29-47. 2019.
- OHSE, S.; SANTOS, L.L.P dos.; CORTEZ, M.G. et al. Tratamento de sementes de milho branco crioulo com micronutrientes. **Visão Acadêmica**, v.114, n.4, p.26-36. 2013.
- OHSE, S.; SANTOS, O.S.; MARODIM, V. et al. Efeito do tratamento de sementes de arroz irrigado com zinco em relação à aplicação no substrato. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v.5-6, n.1, p.32-42, 1999.
- ORIEOLI, V.Jr.; PRADO, R. de M.; LEONEL, C.L. et al. Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de massa seca de plantas de trigo. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.8, n.1, p.28-36, 2008.
- PARDUCCI, S.; SANTOS, O.S.; CAMARGO, R.P. et al. **Micronutrientes**. Campinas: Microquímica, 1989. 101p.
- PETLA SILVA, D.P.; OHSE, S.; PERON, J.L. Fontes de zinco aplicadas via foliar em híbridos de milho. **Scientia Rural**, v.1, n.12, p.1-13. 2015.
- PIMENTEL GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**. 15ª Ed., Livraria Nobel S.A., São Paulo. 2009. 451p.
- POTARZYCKI, J., W. GRZEBISZ. Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding components. **Plant Soil Environ**, v.55, n.12, p.519-527, 2009.
- PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; ROZANE, D.E.; VIDAL, A.A.; MARCELO, A.V. Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de matéria seca do milho BRS 1001. **Bioscience Journal**, v.24, n.1, p.67-74, 2008.
- RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. p.60-61.
- RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S. dos. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, v.26, n.1, p.159-165, 1996.
- RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S. dos. Germinação de sementes de milho tratadas com fontes e doses de zinco e boro. **Ciência Rural**, v.21, n.3, p.437-440, 1991.
- RITCHEY, K.D.; COX, F.A.; ENEAS Z. et al. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo vermelho-escuro argilosos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.21, n.3, p.215-225, 1986.
- ROSOLEM, C.A.; OLIVEIRA, R.F.; Absorção de zinco pelo milho em função do modo de aplicação e fontes do nutriente. **Científica**, São Paulo: n. 26, p.83-93, 1998.
- SANTOS, H.C.; FRAGA, V.S.; PEREIRA, W.E. et al. Cu e Zn na cultura do sorgo cultivado em três classes de solos. I. Crescimento vegetativo e produção. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.13, n.2, p.125-130, 2009.
- SANTOS, O.S.; ESTEFANEL, V. Efeito de micronutrientes e do enxofre aplicados nas sementes de soja. **Ciência Rural**, v.16, n.1, p.5-17, 1986.
- SEAB – Secretaria de Agricultura e do Abastecimento do Paraná. PARANÁ - COMPARATIVO DE ÁREA, PRODUÇÃO E RENDIMENTO DE CULTURAS SELECIONADAS - SAFRAS 17/18 - 18/19 - 19/20. Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/>. Acesso em 27/04/2020.

SILVA, F. de A.S.; AZEVEDO, C.A.V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

TOMAZELA, A. L.; FAVARIN, J. L.; FANCELLI, A. L.; MARTIN, T. N.; DOURADO NETO, D.; REIS, A. R. dos. Doses de nitrogênio e fontes de Cu e Mn suplementar sobre a severidade da ferrugem e atributos morfológicos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 2, p. 192-201, 2006.

USDA. United States Department of Agriculture. **12º levantamento USDA da safra 2019/20** - Abril/20. https://ipad.fas.usda.gov/rssiws/al/global_cropprod.aspx. Acesso em 27/04/2020.

Recebido: 17/06/2018
Aceito: 11/08/2020