
VIGOR DE SEMENTES DE MILHO TRATADAS COM BIOESTIMULANTES

CORN SEED VIGOR TREATED WITH BIOSTIMULANTS

Wagner Maciel MELLO¹; Jeferson Oles dos SANTOS²; Silvana OHSE³

1 - Engenheiro Agrônomo - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa-PR.

2 - Pós-graduando do curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa-PR.

3 - Docente do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Curso de Agronomia - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa/PR.

RESUMO:

A aplicação de micronutrientes e bioestimulantes via tratamento de sementes, visando maximizar a produtividade de culturas agrícolas é uma crescente nas principais regiões produtoras do país, onde é adotado alto nível tecnológico no manejo de culturas. Neste cenário, três ensaios laboratoriais foram desenvolvidos na Universidade Estadual de Ponta Grossa/PR, em delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições, com intuito de avaliar o efeito do tratamento de sementes com 7 doses de zinco, tendo como fonte o ZnSO₄.7H₂O (0; 2,75; 5,5; 11; 13,75; 16,5 e 22 g kg⁻¹ de sementes) e 2 bioestimulantes, o StarG® (0; 2; 4; 8; 10; 12 e 16 mL kg⁻¹ de sementes) e BioPower Plus® (0; 1; 2; 4; 5; 6; 8 mL kg⁻¹ de sementes) sobre o vigor de sementes do híbrido de milho CD321®, avaliado pelo teste de comprimento e fitomassa seca de plântulas. BioPower Plus® não influenciou o número de plântulas normais, aumentou o comprimento e fitomassa seca da parte aérea e de raiz até as doses estimadas em 1,92; 0,92; 3,95 e 2,87 mL kg⁻¹ de sementes, respectivamente. As doses de StarG® não alteraram o número de plântulas normais, reduziram o comprimento da parte aérea e a fitomassa seca de raiz, e aumentaram a fitomassa seca da parte aérea e do comprimento de raiz até as doses estimadas em 2,96 e 8,21 mL kg⁻¹ de sementes. A aplicação de ZnSO₄.7H₂O nas sementes de milho não afetou a fitomassa seca da parte aérea, reduziu o número de plântulas normais e o comprimento da parte aérea, aumentando o comprimento e a fitomassa seca de raiz até as doses estimadas em 12,33 e 8,11 g kg⁻¹ de sementes. Assim, os produtos BioPower Plus® e StarG® poderiam ser utilizados até as doses 3,95 e 8,21 mL kg⁻¹, respectivamente, por terem maximizado o vigor não reduzido o número de plântulas normais, todavia, doses de ZnSO₄.7H₂O menores que 2,75 g kg⁻¹ de sementes devem ser testadas.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; Tratamento de Sementes; Micronutrientes; Bioestimulantes.

ABSTRACT:

The application of micronutrients and biostimulants through seed treatment, emphasizing the productivity of agricultural crops is increasing in the main producing regions of the country, where a high technological level is used in crop management. In this scenario, three laboratory essay were carried out at the State University of Ponta Grossa/PR, in a completely randomized design with 5 replications, in order to evaluate the effect of seed treatment with 7 doses of zinc, using ZnSO₄.7H₂O (0; 2.75; 5.5; 11.0; 13.75; 16.5 and 22 g kg⁻¹ of seeds) and 2 biostimulants, StarG® (0; 2; 4; 8; 10; 12 and 16 mL kg⁻¹ of seeds) and BioPower Plus® (0; 1; 2; 4; 5; 6; 8 mL kg⁻¹ of seeds) on the seed vigor of the corn hybrid CD321®, evaluated by the length and dry phytomass seedling test. BioPower Plus® did not influence the number of normal seedlings, increased the length and dry phytomass of the aerial part and root up to the estimated doses in 1.92; 0.92; 3.95 and 2.87 mL kg⁻¹ of seeds,

respectively. The doses of StarG® did not alter the normal seedlings number, reduced the aerial part length and the dry root phytomass, and increased the dry phytomass of the aerial part and the root length up to the estimated doses in 2.96 and 8.21 mL kg⁻¹ of seeds. The application of ZnSO₄.7H₂O in corn seeds did not affect the dry phytomass of the aerial part, reduced the normal seedlings number and the length of the aerial part, and increased the length and the dry root phytomass up to the estimated doses in 12.33 and 8.11 g kg⁻¹ of seeds. Thus, BioPower Plus® and StarG® products could be used up to doses 3.95 and 8.21 mL kg⁻¹, respectively, as they maximized vigor without reducing the number of normal seedlings, however, doses of ZnSO₄.7H₂O less than 2.75 g kg⁻¹ of seeds should be tested. **Keywords:** *Zea mays* L; Seeds Treatment; Micronutrients; Biostimulants.

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais produzido no mundo, com produção estimada em 1,16 bilhão de toneladas para a safra 2020/21, volume 4,46% superior à safra 2019/20, segundo o 2º levantamento do USDA (2021). O Brasil encontra-se em terceiro lugar em produção, estando atrás dos EUA e da China, entretanto, as diferenças são bem expressivas 102,5; 345,9 e 260,8 milhões de toneladas, respectivamente, na safra 2019/20, respondendo juntos, por aproximadamente 64% da produção mundial (USDA, 2021). O milho é cultivado desde o Norte europeu ao Sul da Argentina, o que se deve à sua ampla adaptabilidade, possibilitando boa produtividade desde o nível do mar até 3.800 m de altitude. No Brasil, o milho é cultivado em todas as regiões do país, em até três safras, atingindo produção anual de aproximadamente 102 milhões de toneladas. O estado do Paraná é o terceiro maior produtor nacional, estando atrás do Rio Grande do Sul e de Minas Gerais, respondendo por cerca de 14,6% da produção nacional em aproximadamente 14,2% da área cultivada com a cultura (CONAB, 2021). O consumo de milho está estimado em 1,14 bilhão de toneladas, ou seja, inferior em 1,7% ao produzido mundialmente, entretanto, os estoques são reduzidos (USDA, 2021).

O setor agrícola tem se defrontado com variados obstáculos visando aumentar a produção de alimentos para atender a população crescente, potencializando a eficiência no uso de recursos, minimizando os efeitos ambientais sobre a biosfera e a saúde humana (ROUPHAEL; COLLA, 2020; MALIK et al., 2021). Em decorrência disso, pesquisas voltadas ao aperfeiçoamento do manejo de culturas, visando aumentar suas produtividades sem ampliar fronteiras agrícolas são imprescindíveis. Nesse contexto, pesquisas referentes ao melhoramento vegetal, ao desenvolvimento de maquinários de alta tecnologia e ao uso de macronutrientes aplicados na fonte, na dose e na época certa para maximizar a produtividade das culturas têm sido exitosas. No entanto, no final do século XX pesquisas demonstraram a importância da aplicação de micronutrientes, em razão de serem exportados das lavouras sem a devida reposição (RIBEIRO; SOUZA, 1991; RIBEIRO;

SOUZA, 1996; OHSE et al., 1999; MARCHEZAN et al., 2001). Pesquisas subsequentes evidenciaram acréscimos no desenvolvimento e na produtividade de grandes culturas, tanto com aplicações de micronutrientes via solo, quanto via foliar e tratamento de sementes (COUTINHO et al., 2007; PRADO et al., 2007; OHSE et al., 2013; OHSE et al., 2014; PETLA SILVA et al., 2015; MELLO et al., 2020; SANTOS; OHSE, 2020). Atualmente, muitos produtos naturais e sintéticos denominados bioestimulantes ou fitoprotetores, constituídos pela mistura de aminoácidos, vitaminas, micronutrientes e reguladores de crescimento vegetais têm sido lançados no mercado com essa finalidade (du JARDIN, 2015; FRASCA et al., 2020; THIENGO et al., 2020; MALIK et al., 2021).

Dentre os micronutrientes, o zinco (Zn) tem revelado respostas significativas quando aplicado via tratamento de sementes, principalmente quando o solo é naturalmente pobre em decorrência do material de origem (SANTOS; OHSE, 2020). O Zn é essencial para a síntese do triptofano, aminoácido precursor do ácido indolacético (AIA), principal auxina produzida pelas plantas. A auxina participa entre outros processos do alongamento, da divisão celular e da formação de raízes adventícias e laterais, assim deficiência de Zn reduzirá o crescimento e o desenvolvimento das plantas (MALAVOLTA, 2006; TAIZ et al., 2017), bem como das plântulas (OHSE et al., 2012). Muitas enzimas possuem o Zn como constituinte ou ativador, entre elas estão a anidrase carbônica, desidrogenases, aldolases, enolases, isomerases, RNAase, RNA polimerase, nitrato redutase, álcool desidrogenase, entre outras (MARENCO; LOPES, 2007; TAIZ et al., 2017). A anidrase carbônica, presente no citoplasma e estroma do cloroplasto, catalisa a formação do ácido carbônico, que participa da neutralização do pH celular, participando que a deficiência de Zn limita a fotossíntese. A aldolase, enzima chave na glicólise, depende da presença de Zn para funcionar, assim na deficiência de Zn haverá redução na síntese de ATP, e conseqüentemente de todos os processos dependentes de energia (TAIZ et al., 2017).

A aplicação de produtos via sementes tem facilitado a prática da agricultura. Na cultura do milho esta tecnologia tem sido usada em escala maior a cada ano. No entanto, cuidados devem ser tomados quanto à incorporação dos produtos às sementes, buscando-se evitar danos fisiológicos e físicos, posto que a semente é um insumo caro e responsável pelo sucesso da lavoura (JANEGITZ et al., 2009). O tratamento de sementes tem por finalidade melhorar o desenvolvimento inicial das culturas, principalmente de variedades e híbridos, no caso do milho, de alto valor comercial, tendo como principais vantagens a economia de produto e a facilidade na aplicação. No entanto, a característica limitante deste processo é a quantidade de micronutriente ou fitoestimulante a ser adicionado sem que haja efeito prejudicial à fisiologia da semente.

Ante o exposto, o Zn tem sido utilizado como constituinte de compostos denominados biofertilizantes e/ou bioestimulantes, dado que sua adição pode estimular a produção de auxina, e conseqüentemente maximizar o crescimento e desenvolvimento das plantas, potencializando também o enraizamento, razão pela qual alguns produtos são chamados pelos fabricantes de enraizadores. Por outro lado, os resultados encontrados na literatura são muito divergentes, o que pode ser decorrente da variação da composição química entre produtos, assim como das fontes de Zn utilizadas (SANTOS; RIBEIRO, 1994; OHSE et al., 1997; PRADO et al., 2007). Em vista disso e da carência de informações sobre a ação desses produtos no desenvolvimento das plântulas, este trabalho foi conduzido com objetivo de avaliar o efeito do tratamento de sementes com diferentes doses de sulfato de zinco e de dois bioestimulantes contendo Zn na sua constituição sobre o vigor de sementes do híbrido CD 321® de milho, tendo como finalidade determinar doses dos produtos para futuros experimentos a campo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). O mesmo constou de três ensaios, ambos com o híbrido de milho CD 321®, em delineamento inteiramente casualizados com cinco repetições. No primeiro ensaio foram testadas sete doses do produto comercial BioPower Plus® da Samarita-Nutrifolha (0; 1; 2; 4; 5; 6; 8 mL kg⁻¹ de sementes), o qual apresenta na sua constituição 4,5% de zinco (Zn); 6% de carbono (C) orgânico; 0,5% de ferro (Fe); 3,45% de enxofre (S); densidade 1,33 g cm⁻³ e pH 5,6. O segundo ensaio constou de sete doses do produto StarG® da Microfol (0; 2; 4; 8; 10; 12 e 16 mL kg⁻¹ de sementes), composto por 4% de Zn; 2% de Mo e densidade 1,33 g cm⁻³ e no terceiro ensaio foram testadas sete doses do ZnSO₄.7H₂O (0; 2,75; 5,5; 11; 13,75; 16,5 e 22 g kg⁻¹ de sementes), constituído de 22,74% de Zn (correspondendo a 0; 0,63; 1,25; 2,50; 3,13; 3,75 e 5,0 g kg⁻¹ de sementes) e 11,15% de S, sobre o vigor de sementes do híbrido CD 321® de milho.

As doses de cada produto foram diluídas em 5 mL de água deionizada e adicionadas sobre 100 g de sementes armazenadas em sacos plásticos, agitando-os manualmente até a completa homogeneização das doses dos produtos sobre as sementes. Posteriormente, os sacos foram mantidos abertos para arejamento e secagem à sombra, pelo período de 24 horas. A massa de sementes corresponde à testemunha, de cada ensaio, passou pelo mesmo processo, todavia, foi umedecida somente com os 5 mL de água deionizada.

O teste de vigor que avalia o crescimento e desenvolvimento das plântulas (comprimento e fitomassa seca de plântulas), foi instalado em substrato rolo de papel toalha, de acordo com a metodologia descrita por Krzyzanowski et al. (1991). Os papéis germitest foram previamente embebidos com 2,5 vezes a sua massa com água deionizada. Para cada tratamento, utilizaram-se cinco repetições de 20 sementes, as quais foram alinhadas a 2 cm abaixo da borda superior do papel toalha. As repetições foram agrupadas com atilho de borracha, envolvidas em plástico preto, a fim de manter constante a umidade dos rolos e evitar o efeito da luz sobre as primeiras plântulas emergidas, uniformizando seu crescimento. Em seguida, foram colocadas e mantidas em estufa para germinação Mangelsdorf por 7 dias com temperatura de $\pm 25^{\circ}\text{C}$ e umidade saturada.

Ao sétimo dia efetuou-se a separação das sementes mortas, plântulas anormais e plântulas normais, procedendo-se as avaliações referentes ao teste de vigor somente em plântulas normais. Primeiramente, determinou-se o número de plântulas normais (NPL) e, nestas, eliminou-se os restos das sementes, separando-se a parte aérea do sistema radicular, determinando-se o comprimento da parte aérea (CPA) e o comprimento de raiz (CR). As partes aéreas e os sistemas radiculares foram acondicionados separadamente em sacos de papel, colocados e mantidos em estufa de ventilação forçada de ar à temperatura de 65°C até atingirem fitomassa seca constante, quando foi determinada a fitomassa seca da parte aérea (FMSPA) e a fitomassa seca de raiz (FMSR).

Os dados obtidos para cada variável em cada ensaio foram analisados separadamente por meio da aplicação da análise da variância pelo teste F, e quando de significância, procedeu-se à análise de regressão por meio do programa ASSISTAT 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. BioPower Plus®

A análise da variância revelou efeito significativo de doses do produto comercial BioPower Plus® sobre as variáveis comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), fitomassa seca da parte aérea (FMSPA) e fitomassa seca de raiz de plântulas (FMSR) para o híbrido de milho CD 321® (Figura 1), apresentando os coeficientes de variação 4,9; 6,3; 12,0 e 10,8%, respectivamente, o que demonstra, segundo Gomes (2009), boa precisão experimental pela alta homogeneidade dos dados e baixa variação ao acaso. No entanto, não houve efeito significativo das doses deste produto para a variável número de plântulas normais (NPN), apresentando CV de 8,1% e média de 18,6, correspondendo a 93% de germinação.

O CPA do híbrido de milho CD 321® foi afetado pelas doses de BioPower Plus® aplicadas via tratamento de sementes, tendo a análise de regressão polinomial revelado melhor ajuste à equação de segundo grau (Figura 1A), por meio da qual se estimou em 1,92 mL de BioPower® kg⁻¹ de sementes a dose de máxima eficiência, equivalendo ao CPA de 17,43 cm. Similarmente, as doses de BioPower Plus® aplicadas via tratamento de sementes influenciaram significativamente o CR das plântulas do híbrido de milho CD 321®, entretanto, o ajuste dos dados à equação de segundo grau foi apenas 62% (Figura 1B). Coeficientes de determinação menores que 0,9 foram considerados por se tratar de um estudo a nível de plântula, período em que depende única e exclusivamente da reserva das sementes. Derivando-se a equação, obteve-se a dose de máxima eficiência de 3,95 mL de BioPower® kg⁻¹ de sementes, com a qual se obteria o CR estimado em 22,81 cm. Considerando as estimativas para as variáveis CPA e CR pode-se inferir que, as plântulas do híbrido de milho CD 321® apresentaram raízes em média 5,38 cm mais longas que a parte aérea, e as plântulas comprimento em 40,24 cm.

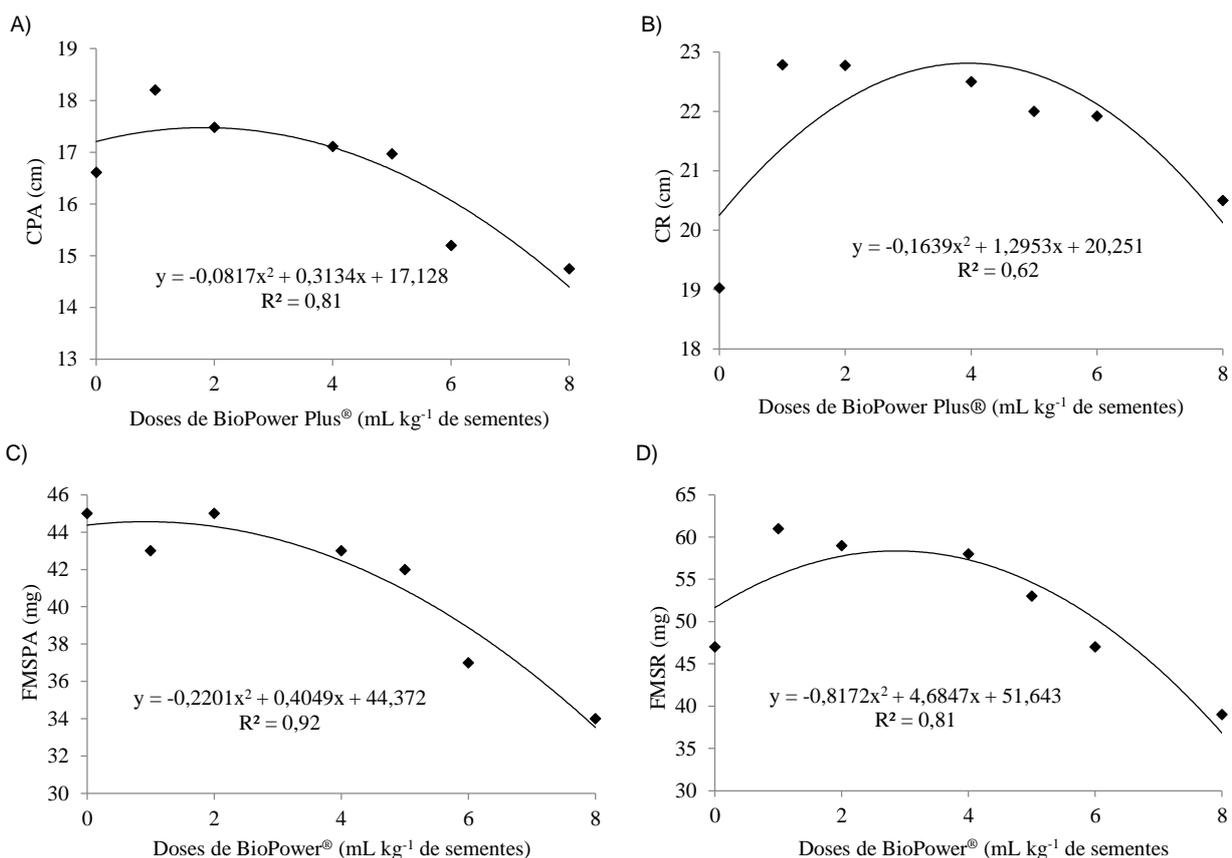


Figura 1. A) Comprimento da parte aérea (CPA), B) comprimento de raiz (CPA), C) fitomassa seca de parte aérea (FMSPA), e D) fitomassa seca de raiz de plântulas (FMRSR) do híbrido de milho CD 321®, em função do tratamento de sementes com doses de BioPower Plus®. UEPG, Ponta Grossa/PR.

O efeito estimulante do produto BioPower® sobre as variáveis CPA e CR se deve,

provavelmente, a presença do Zn (4,5%), que como informado anteriormente é necessário à síntese do ácido indolacético (AIA), fitormônio que participa tanto do processo de divisão como do alongamento celular (TAIZ et al., 2017). Desta forma, o Zn adicionado por meio deste produto pode ter impulsionado a síntese de AIA endogenamente, principalmente no ápice caulinar, sendo parte deste utilizado para o crescimento da parte aérea e parte translocado via células parenquimáticas do floema em diferenciação até o sistema radicular, onde exerce, além do efeito de divisão e alongamento celular, o geotropismo radicular. Adicionalmente, o produto apresenta 0,5% de Fe e 3,45% de S. O Fe é constituinte dos citocromos, apresentando portanto, importante função faz na terceira etapa da respiração aeróbica. O S é componente dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina, logo, é constituinte de proteínas e enzimas, inclusive dos citocromos (cadeia respiratória) e da acetil-CoA que participa da primeira reação do ciclo de Krebs (TAIZ et al., 2017). Enfoca-se aqui a participação dos Fe e S na respiração, uma vez que foram analisadas plântulas, as quais são dependentes única e exclusivamente da degradação das reservas das sementes, somado ao fato do teste de vigor ser conduzido no escuro.

A regressão revelou resposta quadrática para as variáveis FMSPA e FMSR às doses de BioPower Plus® aplicadas via tratamento de sementes, com ajustes de 92 e 81%, respectivamente (Figuras 1C e 1D). Por conseguinte, estimou-se em 0,92 e 2,87 mL de BioPower® kg⁻¹ de sementes, obtendo-se 44,56 e 58,36 mg para as variáveis FMSPA e FMSR, correspondendo a fitomassa seca média por plântula mensurada em 102,92 mg. Resultado que permitiu observar que 56,7% da reserva das sementes foi alocada no sistema radicular e 43,3% na parte aérea das plântulas do híbrido de milho CD 321®. A emissão da radícula ocorre após a embebição e a retomada da atividade bioquímica pelo embrião, tendo como função sua fixação ao solo, a partir de então se inicia a degradação das reservas e a translocação de esqueletos carbônicos ao eixo embrionário. Neste ser meristemático, os esqueletos carbônicos e nutrientes minerais serão utilizados para alongar células preexistentes bem com construir novas células, estando na dependência do processo de respiração, tanto pela necessidade de ATP para a manutenção dos gradientes eletroquímicos entre os compartimentos celulares, bem como para a constituição das novas células (parede celular e membranas, principalmente). Neste contexto, pode-se inferir que o Zn presente no bioestimulante BioPower Plus®, estimulou a produção de auxina que maximizou o crescimento e desenvolvimento do eixo embrionário em uma plântula, potencializando principalmente o enraizamento (Figuras 1A-D), respaldando o que muitos fabricantes de bioestimulantes apregoam ao denominar seus produtos de enraizadores, mesmo que não contenham reguladores de crescimento do tipo auxínicos na constituição.

3.2. StarG®

A análise da variância não denotou efeito significativo de doses do produto comercial

StarG® para as variáveis número de plântulas normais (NPN), apresentando como média 19,93 NPN, CV de 2,9% e germinação de 99,6%. Sem embargo, revelou para comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), fitomassa seca da parte aérea (FMSPA), fitomassa seca de raiz (FMSR) de plântulas, híbrido de milho CD 321®, apresentando 10,9; 4,5; 11,7 e 10,8% de coeficientes de variação (CV), respectivamente, demonstrando, mais uma vez, boa precisão experimental (GOMES, 2009).

As doses de StarG® aplicadas via tratamento de sementes influenciaram negativamente a variável CPA do híbrido de milho CD 321®, posto que 77% dos dados ajustaram-se à equação de linear decrescente (Figura 2A), tendo reduzido o CPA em 18,7% em relação à testemunha. Por outro lado, o CR respondeu positivamente à aplicação do produto StarG® via tratamento de sementes até a dose estimada em 8,21 mL kg⁻¹ de sementes, correspondendo a 22,82 cm, aumento de 42,62% em relação à testemunha, dado que a variável se ajustou a equação de segundo grau (Figura 1B). É plausível que a partir desta dose tenha havido toxicidade causada pelo excesso de Zn ou de Mo, os quais compreendem 4 e 2% da formulação do bioestimulante StarG®.

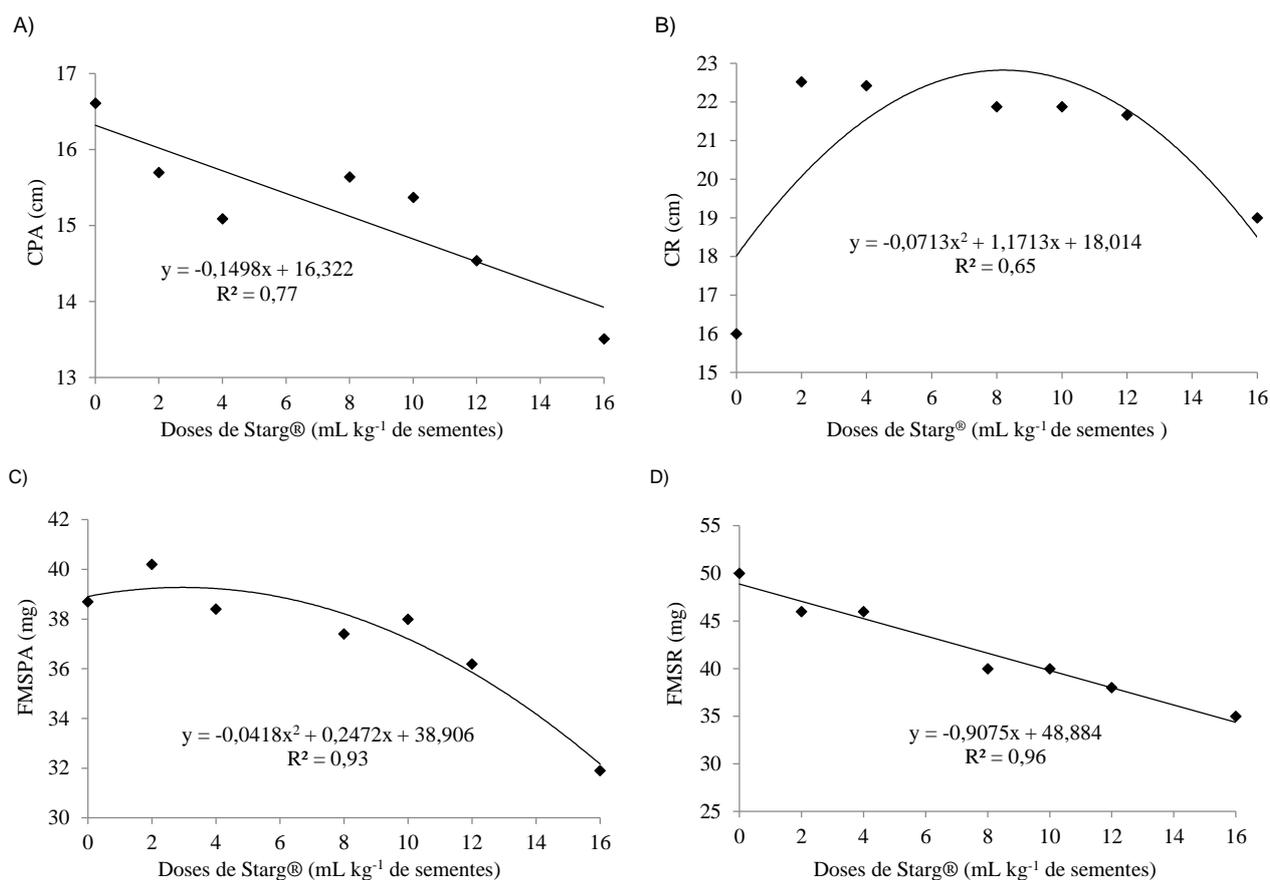


Figura 2. A) Comprimento de parte aérea de plântulas (CPR), B) Comprimento de raiz de plântulas (CR), C) Fitomassa seca de parte aérea de plântulas (FMSPA), D) Fitomassa seca de raiz de plântulas (FMSR), híbrido de milho CD 321®, em função do tratamento de sementes com doses de STARG®. UEPG, Ponta Grossa/PR.

As doses de STARG® aplicadas via tratamento de sementes influenciaram significativamente a FMSPA do híbrido de milho CD 321®. Houve ajuste de 93% dos dados de FMSPA à equação de segundo grau, por meio da qual se obteve como dose de máxima eficiência técnica 2,96 mL de STARG® kg⁻¹ de sementes, correspondendo à FMSPA estimada em 39,3 mg (Figura 2C). Em contrapartida, a FMSR foi reduzida em função das doses crescentes de StarG® aplicadas via tratamento de sementes (Figura 2D), tendo reduzido a FMSR em 30,0% em relação à testemunha com a dose 16 mL de STARG® kg⁻¹ de sementes. Ferreira et al. (2007) ao testarem dois fitoestimulantes em doses diferentes chegaram à conclusão de que as doses acima do recomendado pelo fabricante raramente trazem benefícios à porcentagem de germinação e ao vigor de plântulas. Ainda constataram que normalmente a testemunha, ou seja, as sementes que não recebem tratamento, invariavelmente apresentam maior poder germinativo e vigor. Lembrando, que sempre que adicionamos fitoestimulantes à semente, estamos submetendo-a a uma condição que não condiz com a natural, para qual ela evoluiu, e aonde tem máximo potencial genético para estas características.

3.3. Sulfato de Zinco

O tratamento de sementes com doses de sulfato de zinco heptahidratado (ZnSO₄.7H₂O), segundo o teste F, não influenciou a variável FMSPA do híbrido de milho CD 321®, apresentando média de 49,33 mg e CV de 32,71%. Entretanto, houve efeito significativo sobre as variáveis número de plântulas normais (NPN), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e fitomassa seca de raiz (FMSR) de plântulas, híbrido de milho CD 321®, apresentando 23,8; 24,1; 6,7 e 6,9% de coeficientes de variação (CV), respectivamente, demonstrando baixa precisão experimental para as variáveis FMSR e NPN (GOMES, 2009). É importante ressaltar que a fonte ZnSO₄.7H₂O possui 22,74% de Zn, assim as doses utilizadas forneceram 0,63; 1,25; 2,50; 3,13; 3,75 e 5,0 g de Zn kg⁻¹ de sementes.

A análise de regressão demonstrou haver resposta linear decrescente para número de plântulas normais (NPN) em função do aumento das doses de ZnSO₄.7H₂O via tratamento de sementes (Figura 3A). O coeficiente de determinação encontrado demonstra que 95% desse efeito pode ser explicado pela equação ajustada. Considerando que o teste de vigor foi realizado com 20 sementes e, quando da não aplicação do ZnSO₄.7H₂O, todas as 20 sementes originaram plântulas normais, infere-se que a germinação das sementes do híbrido CD 321® de milho foi de 100% e que, a aplicação de 22,0 g de ZnSO₄.7H₂O kg-

1 de sementes (5,0 g de Zn kg⁻¹), reduziu em média 70% a germinação. Todavia a menor dose, 2,75 g de ZnSO₄.7H₂O kg⁻¹ de sementes (0,63 g de Zn kg⁻¹), manteve alto o poder germinativo das sementes de milho (95%). Yagi et al., (2006) trabalhando com doses de ZnSO₄.7H₂O variando de 3,57 a 28,56 g kg⁻¹ de sementes de sorgo, concluíram que doses acima de 7,14 g de ZnSO₄.7H₂O kg⁻¹ de sementes de sorgo (1,62 g de Zn) diminuem a germinação. Em trigo, cultivares Supera e Quartzo, Ohse et al. (2012) não constataram resposta à aplicação de Zn entre 0,19 e 1,52 g kg⁻¹ de sementes sobre a germinação. Na cultura do arroz irrigado, Ohse et al. (1997), obtiveram como dose de máxima eficiência técnica 0,67 g de Zn kg⁻¹ de sementes. Em milho, Gonçalves Junior et al. (2005) observaram que doses acima de 2,0 g de Zn kg⁻¹ de sementes reduziu o poder germinativo. Mediante a comparação dos resultados obtidos com os relatados na literatura ratifica-se que a quantidade de Zn a ser aplicada via semente deve ser baixa, e ainda, que sua exigência varia entre espécies.

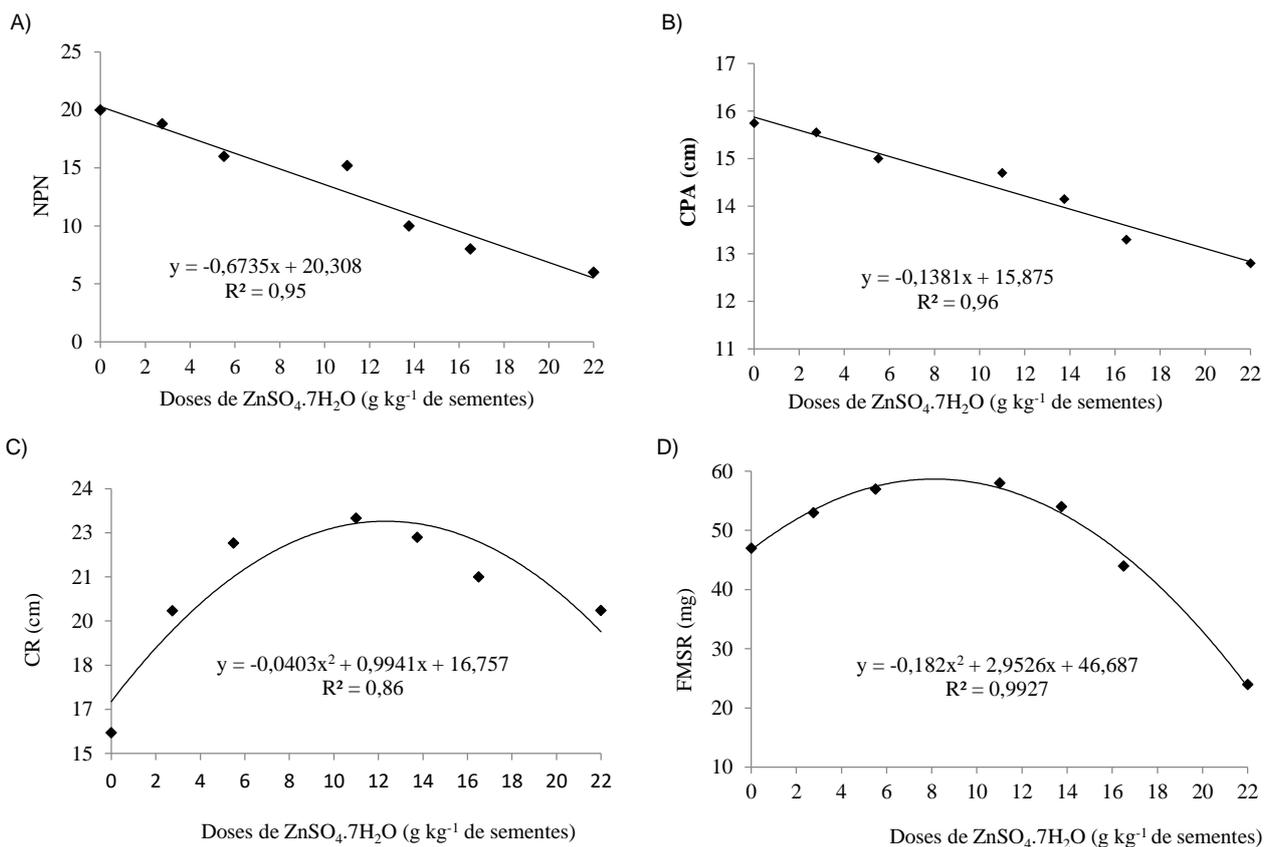


Figura 3. A) Número de plântulas normais (NPN), B) Comprimento de parte aérea de plântulas (CPA), C) Comprimento de raiz de plântulas (CR), D) Fitomassa seca de raiz de plântulas (FMSR), híbrido de milho CD 321[®], em função do tratamento de sementes com doses de ZnSO₄.7H₂O. UEPG, Ponta Grossa/PR.

A análise de regressão para a variável CPA demonstrou ajuste a uma equação de primeiro grau decrescente, apresentando desta forma, descréscimo nos valores de CPA à

medida que se elevou as doses de Zn aplicadas via sementes na forma de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (Figura 3B). Tratando sementes de melancia com doses de Zn entre 0,19 e 1,52 g kg^{-1} de sementes, utilizando como fonte o $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, Ohse et al. (2012) obtiveram o mesmo comportamento para a variável CPA, demonstrando a possibilidade de ter ocorrido redução no alongamento das células da parte aérea devido à suplementação.

O híbrido de milho CD 321® respondeu de forma quadrática às doses de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ aplicadas via semente para a variável CR, o qual aumentou até a dose estimada em 12,33 g kg^{-1} de sementes (2,8 g de Zn kg^{-1} de sementes), decrescendo posteriormente (Figura 3C). O CPA máximo foi de 15,75 cm quando não se aplicou Zn às sementes, que se comparado com o CR de 22,89 cm estimado a partir da dose de máxima eficiência, sugere que houve efeito compensação, corroborando, desta forma, com a afirmativa de que o Zn é essencial ao enraizamento. Tal argumentação pode ser justificada pela participação do elemento na síntese das auxinas, que, dentre os fitormônios conhecidos é o que apresenta maior número de efeitos, sendo produzido principalmente no ápice caulinar e demonstrando maior número de efeitos no sistema radicular (TAIZ et al., 2017).

As doses de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ aplicadas via tratamento de sementes influenciaram significativamente a FMSR de plântulas do híbrido de milho CD 321® (Figura 3D). Houve ajuste de 99% dos dados de FMSR à equação de segundo grau, por meio da qual se obteve a dose estimada em 8,11 g de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ kg^{-1} de sementes como a de máxima eficiência (1,84 g de Zn por kg^{-1} de sementes), a qual proporcionou FMSR de 58,66 mg (Figura 3D). A redução no acúmulo de FMSR a partir desta dose, denota toxicidade, chamando a atenção para o fato dos micronutrientes apresentarem limite muito estreito entre ser benéfico e tóxico, o que pode ser acentuado no caso das sementes conterem boa reserva do elemento.

A FMSR máxima foi alcançada com uma dose de $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ inferior a do CR, sinalizando que, para o processo de alongamento celular houve maior requerimento de Zn em relação à alocação dos esqueletos carbônicos no sistema radicular. O maior crescimento do sistema radicular em resposta a suplementação com Zn corrobora com a afirmativa de que o Zn é essencial ao enraizamento, acelerando seu crescimento (SANTOS; RIBEIRO, 1994). Tal argumentação pode ser justificada pela participação do elemento na síntese das auxinas, que, dentre os fitormônios conhecidos é o que apresenta maior número de efeitos, sendo produzido principalmente no ápice caulinar e demonstrando maior número de efeitos no sistema radicular, principalmente pela participação nos

processos de divisão e alongamento celular (TAIZ et al., 2017).

Comparando a resposta de crescimento entre a parte aérea e o sistema radicular de plântulas de milho às doses de Zn aplicadas às sementes, notou-se que o CPA foi reduzido em 1,05 cm até a dose 11,0 g de ZnSO₄.7H₂O kg⁻¹ de sementes (2,50 g de Zn kg⁻¹ de sementes), e que a partir desta, até 22,0 g de ZnSO₄.7H₂O kg⁻¹ de sementes (5,0 g de Zn kg⁻¹ de sementes) o CPA foi reduzido em 1,90 cm, ou seja, a redução no CPA não foi tão expressiva com a suplementação de 11 g de ZnSO₄.7H₂O kg⁻¹ de sementes. Adicionalmente, tal dose foi muito próxima à dose de máxima eficiência técnica estimada para a variável CR (12,33 g de ZnSO₄.7H₂O kg⁻¹ de sementes ou 2,80 g de Zn kg⁻¹ de sementes). Somado a isso, a aplicação de Zn não influenciou a FMSPA e promoveu acréscimos na FMSR até a dose 8,11 g de ZnSO₄.7H₂O kg⁻¹ de sementes (1,84 g de Zn kg⁻¹ de sementes), entendendo-se o vigor das sementes de milho, híbrido CD 321®, não foi significativamente reduzido por doses próximas de 11 g de ZnSO₄.7H₂O kg⁻¹ de sementes, quando avaliado pelo teste de comprimento e massa fresca e seca de plântulas. Tal constatação, mais uma vez pode ser respaldada pelo efeito compensação na distribuição dos esqueletos carbônicos oriundos da degradação das reservas das sementes, no caso do milho, principalmente o amido, visto que o CR foi aumentado até um determinado valor máximo estimado, em detrimento do crescimento da parte aérea. No entanto, é importante observar que a FMSPA não foi reduzida com o aumento da suplementação com Zn, o que significa que as células da parte aérea alongaram menos que as do sistema radicular, porém o espessamento da parede celular primária e a formação de organoides característicos de cada célula em função do tecido a que correspondem foram mantidos.

4. CONCLUSÕES

O vigor das sementes do híbrido de milho CD 321® foi influenciado pelas doses de BioPower Plus®, StarG® e ZnSO₄.7H₂O, avaliado pelo teste de comprimento e massa fresca e seca de plântulas.

As doses do bioestimulante BioPower Plus® não influenciaram o número de plântulas normais, por outro lado as variáveis comprimento e fitomassa seca da parte aérea e de raiz foram máximas com as doses estimadas em 1,92; 0,92; 3,95 e 2,87 mL kg⁻¹ de sementes, respectivamente.

O número de plântulas normais não foi alterado em função das doses do produto

StarG® testadas. Todavia, houve redução do comprimento da parte aérea e da fitomassa seca de raiz, e aumento da fitomassa seca da parte aérea e do comprimento de raiz até as doses estimadas em 2,96 e 8,21 mL de kg⁻¹ de sementes, respectivamente.

A aplicação de ZnSO₄.7H₂O nas sementes de milho não afetou a fitomassa seca da parte aérea, entretanto, reduziu o número de plântulas normais e o comprimento da parte aérea, aumentando o comprimento e a fitomassa seca de raiz até as doses estimadas em 12,33 e 8,11 g kg⁻¹ de sementes, respectivamente.

5. REFERÊNCIAS

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: grãos. Brasília, DF: Conab, 2021. **Quarto Levantamento - V.8 – Safra 20/21**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 12 de janeiro de 2021.

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.

FERREIRA, L.A.; OLIVEIRA, J.A.; VOM PINHO, E.V. de R.; QUIROZ, D.L. de. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.80-89, 2007.

FRASCA, L.L. de M.; NASCENTE, A.S.; LANNA, A.C.; CARVALHO, M.C.S.; COSTA, G.G.. Bioestimulantes no crescimento vegetal e desempenho agrônomico do feijão comum de ciclo superprecoce. **Revista Agrarian**, v.13, n.47, p.27-41, 2020.

GONÇALVES JUNIOR, A.C.; RIBEIRO, O.L.; SANTOS, A.L. DOS; SACON, E.; MONDARDO, E. Emergência de plântulas de milho em resposta ao tratamento de sementes com zinco. **Revista Varia Scientia**, v.5, n.10, p.145-153, 2005.

JANEGITZ, M. C.; SERRANO, F. B.; OLIVEIRA, P. M. A.; PAULA, J. C. B.; HERMAM, E. R. Efeitos de bioestimulantes via semente no desenvolvimento inicial das raízes de milho e sorgo. Paraquaçú Paulista-SP, 2008. Disponível em: <http://www.diadecampo.com.br/>

arquivos/materias/%7B35996E9C-F8B0-4DAC-BAAD-BE317950C245%7D_77_2.pdf.

Acesso em: 14 jan. 2021.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 11-14, 1991.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALIK, A.; MOR, V.S.; TOKAS, J.; PUNIA, H. et al. Biostimulant-Treated Seedlings under Sustainable Agriculture: A Global Perspective Facing Climate Change. **Agronomy**, v.11, n.14, p.1-24, 2021.

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.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia Vegetal**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 469 p.

MELLO, WM.; SANTOS, J.O. dos; MELLO, H.F. de; OHSE, S. Potencial produtivo do milho em função do tratamento de sementes com bioestimulantes e inseticidas. **Visão Acadêmica**, v.21, n.2, 2020.

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.; REZENDE, B. A. L. ; LISIK, D. ; OTTO, R. F. Germinação e vigor de sementes de melancia tratadas com zinco. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 288-292, 2012.

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. dos; MENEZES, N.L. de; SCHMIDT, D. Efeito de fontes e doses

de zinco sobre a germinação e vigor de sementes de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.369-373, 1997.

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.

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.

PRADO, R. de M.; NATALE, W.; MOURO, M. de C. Fontes de zinco aplicado via semente na nutrição e crescimento inicial do milho cv. Fort. **Revista Bioscience Journal**, v.23, n.2, p.16-24, 2007.

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.

ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. Editorial: Biostimulants in Agriculture. **Frontiers in Plant Science**, v.11, n.40. p.1-7, 2020.

SANTOS, L;P.M dos; OHSE. S. Modos de aplicação de zinco em genótipos de milho. **Campo Digit@I: Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v.15, n.1, p.35-49, 2020.

SANTOS, O.S. dos; RIBEIRO, N.D. Fontes de zinco aplicadas em sementes de milho, em solução nutritiva. **Revista Ciência Rural**. Santa Maria, v.24, p.59-62, 1994.

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. Editora ARTMED, 2017, 858p.

THIENGO, C.C.; SANTANA, P.H.L.; BURAK, D.L.; OLIVEIRA, D.M. DE; GUIDINELLE, R.B. Resposta do capim-marandu e milho em rejeito de mineração à aplicação de bioestimulantes vegetais. **Magistra**, v.31, p.465-478, 2020.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service (FAS). Grain: world mar-kets and trade. United States: USDA/FAS, Jul. 2020. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdon-line/circulars/grain.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2021.

YAGI, R.; SIMILI, F.F.; ARAÚJO. J.C. DE; PRADO, R. DE M.; SANCHEZ, S.V.; RIBEIRO, C.E.R.; VITOR BARRETTO, C. DE M. 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.

Autor para correspondência:

Silvana Ohse

Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa/PR

Email: E-mail: sohse@uepg.br

Recebido: 14/01/2021 Aceito: 04/02/2021