



ARTIGO ORIGINAL

Cristian Rafael Brzezinski^{1*}
Claudemir Zucareli¹
Fernando Augusto Henning²
Julia Abati¹
André Mateus Prando²
Ademir Assis Henning²

¹Universidade Estadual de Londrina – UEL, Centro de Ciências Agrárias – CCA, Departamento de Agronomia, Caixa Postal 6001, 86051-990, Londrina, PR, Brasil
²Embrapa Soja, Caixa Postal 231, 86001-970, Londrina, PR, Brasil

Autor Correspondente:

*E-mail: cristian_brzezinski@yahoo.com.br

PALAVRAS-CHAVE

Triticum aestivum
Rizobactérias
Adubação nitrogenada
Germinação
Vigor

KEYWORDS

Triticum aestivum
Rhizobacteria
Fertilization
Germination
Vigor

Nitrogênio e inoculação com *Azospirillum* na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo

Nitrogen and inoculation with Azospirillum on the physiological and sanitary quality of wheat seeds

RESUMO: A utilização de sementes de alta qualidade é indispensável para o sucesso da produção agrícola. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* e doses de adubação nitrogenada em cobertura na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo. Foram avaliadas separadamente sementes das cultivares BRS 220 e BRS Tangará, cultivadas com e sem inoculação de *Azospirillum* e cinco doses de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹). Posteriormente, foi instalado o experimento de laboratório, em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 5 (com e sem inoculante x doses), com quatro repetições. Além da qualidade sanitária, determinada pelo método de papel filtro, foi avaliada a qualidade fisiológica das sementes pelos testes de germinação, envelhecimento acelerado, frio, condutividade elétrica, emergência de plântulas em areia, comprimento e massa seca de parte aérea e raiz. Os dados foram submetidos à análise de variância, com comparação de médias para inoculação e regressão para doses de nitrogênio. A qualidade sanitária das sementes de trigo não é influenciada pelas doses de nitrogênio e a inoculação com *Azospirillum brasilense*. A inoculação das sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* favorece o vigor (envelhecimento acelerado) para a cultivar BRS 220 e massa de parte aérea de plântulas para a BRS Tangará. As cultivares apresentam respostas diferenciadas à adubação nitrogenada para as características de qualidade de sementes. O aumento nas doses de nitrogênio até 120 kg ha⁻¹ melhora a qualidade fisiológica das sementes da cultivar BRS Tangará.

ABSTRACT: The use of high quality seeds is essential for successful agricultural production. The aim of this study was to evaluate the effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization on the physiological and sanitary quality of wheat seeds. Seeds of BRS 220 and BRS Tangará cultivars were evaluated separately, grown with and without inoculation of *Azospirillum brasilense* and five levels of nitrogen (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹). Subsequently, a laboratory experiment was conducted in a completely randomized design with factorial arrangement of 2 x 5 (with and without inoculation x doses) and four replications. Besides the sanitary quality, determined by the blotter spot test, seed physiological quality was evaluated by the following tests: germination, accelerated aging, cold, electrical conductivity, seedling emergence in sand, and length and dry mass of shoots and roots. Data were submitted to analysis of variance with comparison of means for inoculation and regression for nitrogen doses. Sanitary quality was not influenced by nitrogen application and inoculation with *Azospirillum*. The inoculation of wheat seeds with *Azospirillum brasilense* favors increase in vigor (accelerated aging) for BRS 220 cultivar and seedling shoot mass for BRS Tangará cultivar. The cultivars presented differentiated responses to nitrogen fertilization regarding seed quality. The increase in doses up to 120 kg N ha⁻¹ improves the physiological quality of BRS Tangará cultivar seeds.

Recebido: 16/10/2013
Aceito: 10/05/2014

1 Introdução

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos principais alimentos da humanidade, participando com, aproximadamente, 31% da produção mundial de grãos. O Brasil apresenta uma produção anual do cereal que oscila entre cinco e seis milhões de toneladas, necessitando importar cerca de 50% do que é consumido (Conab, 2013).

Dessa forma, há um interesse socioeconômico no país em aumentar a produção desse cereal. Dentre as estratégias utilizadas para aumento de produção, o uso de doses adequadas e balanceadas de fertilizantes, principalmente o nitrogenado, é essencial para incrementar a produtividade e a qualidade do trigo (Megda et al., 2009). Doses baixas de nitrogênio (N) limitam a produtividade e a qualidade de grãos, e doses muito elevadas podem gerar acamamento, dificultar a colheita e reduzir a produtividade, além de ocasionar impacto ambiental, pela lixiviação do nitrato para lençóis de água, e prejuízo ao agricultor, por gastos desnecessários com a compra do adubo (Teixeira Filho et al., 2010). Logo, as doses de N recomendadas devem ser continuamente estudadas, principalmente frente às novas cultivares, mais produtivas e responsivas à adubação.

O nitrogênio é o nutriente mais absorvido e exportado pelas plantas de trigo, sendo que a exportação média de N pela colheita é de 29 kg t⁻¹ da planta inteira e de 23 kg de grão (Fornasieri Filho, 2008). Além disso, esse nutriente participa de uma série de rotas metabólicas importantes na bioquímica das plantas (Sangoi et al., 2008).

O uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCPs), como o *Azospirillum*, pode reduzir a necessidade de aplicação de insumos químicos, diminuir estresses bióticos e abióticos, e aumentar a produtividade da cultura. Inoculantes contendo *Azospirillum*, além de proporcionar a fixação de nitrogênio atmosférico, produzem fito-hormônios que melhoram o crescimento radicular e, conseqüentemente, a absorção de água e nutrientes, aumentando a resistência à seca e deixando as plantas mais vigorosas e produtivas (Hungria, 2011). Em plantas associadas à bactéria *Azospirillum*, ocorrem melhorias nos parâmetros fotossintéticos das folhas e no potencial hídrico, incremento no teor de água do apoplasto e maior elasticidade da parede celular, proporcionando maior produção de biomassa e maior altura de plantas.

Trabalhos realizados com trigo em associação com *Azospirillum* evidenciaram que as bactérias ligam-se à superfície externa da raiz para colonizar a rizosfera, confirmando a existência de uma interação estreita entre planta e bactéria fixadora. Note-se que a utilização de *Azospirillum brasilense* também proporciona incremento de até 31% na produtividade do trigo (Hungria et al., 2010). Porém a eficiência agrônômica dos inoculantes com a utilização de *Azospirillum* ou outras bactérias associativas promotoras de crescimento de plantas pode variar em função das condições de cultivo do trigo.

Assim, além de alterar a produtividade, a qualidade fisiológica das sementes também pode ser influenciada pela adubação nitrogenada e pelo tratamento das sementes com BPCPs. Em trabalhos desenvolvidos, Warraich et al. (2002) relataram que a aplicação de nitrogênio em cobertura melhora a qualidade e o vigor de sementes de trigo, além de elevar o

percentual de germinação. Este efeito na qualidade fisiológica das sementes pode estar associado ao incremento no teor de proteínas presentes na semente, principalmente nos cereais. Rampim et al. (2012), testando o tratamento de sementes com *Azospirillum* e bioestimulantes (hormônios), em associação ou isolados, verificaram o incremento no desenvolvimento inicial de plântulas de trigo.

As concentrações de N na planta também podem afetar a qualidade sanitária das sementes, pois concentrações elevadas reduzem a produção de compostos fenólicos, que possuem ação fungistática, diminuindo a resistência aos patógenos obrigatórios e não apresentando ação sobre aqueles que são facultativos (Marschner, 1995). Da mesma forma, a qualidade sanitária também pode ser alterada pela ação das rizobactérias promotoras de crescimento. Em trabalho realizado por Araújo et al. (2010), os autores verificaram que a inoculação com bactérias diazotróficas em arroz aumentou a velocidade de germinação de algumas cultivares, além de proporcionar redução na contaminação com fungos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação de *Azospirillum brasilense* e de doses de adubação nitrogenada em cobertura na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo.

2 Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no Núcleo Tecnológico de Sementes e Grãos da Embrapa Soja, nos Laboratórios de Fisiologia, Tecnologia e Patologia de Sementes. Foram avaliadas sementes provenientes de dois experimentos conduzidos na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, sendo um desenvolvido no Centro Nacional de Pesquisa em Soja (Embrapa Soja), Londrina-PR, localizada a 23° 12' 08" de latitude Sul, 51° 10' 36" de longitude Oeste e altitude de 570 m; o outro experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa Produtos e Mercados (SPM), Ponta Grossa-PR, que se encontra a 25° 10' 24" latitude Sul, 50° 04' 32" longitude Oeste e altitude de 870 m.

Previamente à instalação dos experimentos a campo, foram coletadas amostras de solo da área experimental na camada de 0-20 cm, para análise química. Os resultados da amostra coletada no experimento de Londrina foram: pH (CaCl₂): 4,87; C: 15,33 g dm⁻³; P (Mehlich 1): 8,41 mg dm⁻³; H+Al: 4,95 cmol_c dm⁻³; K: 0,69 cmol_c dm⁻³; Ca + Mg: 6,05 cmol_c dm⁻³; CTC: 11,69 cmol_c dm⁻³, e porcentagem de saturação de bases (V): 65,0%. Para o experimento de Ponta Grossa, os resultados foram: pH (CaCl₂): 4,74; C: 18,94 g dm⁻³; P (Mehlich-1): 2,72 mg dm⁻³; H+Al: 2,43 cmol_c dm⁻³; K⁺: 0,33 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺: 4,55, Mg²⁺: 2,00 cmol_c dm⁻³; CTC: 9,31 cmol_c dm⁻³, e porcentagem de saturação por bases (V): 74%.

Os dados de temperatura média diária e precipitação durante o período de cultivo foram obtidos junto à estação meteorológica da Embrapa Soja, localizada a aproximadamente 2.000 m do experimento, em Londrina; em Ponta Grossa, junto à estação meteorológica da Embrapa, localizada a aproximadamente 3.000 m do experimento (Figura 1).

Em Londrina-PR, utilizou-se a cultivar BRS 220, que possui ciclo médio – 69 dias da emergência ao espigamento – e é indicada para cultivo em todo o Estado do Paraná (regiões

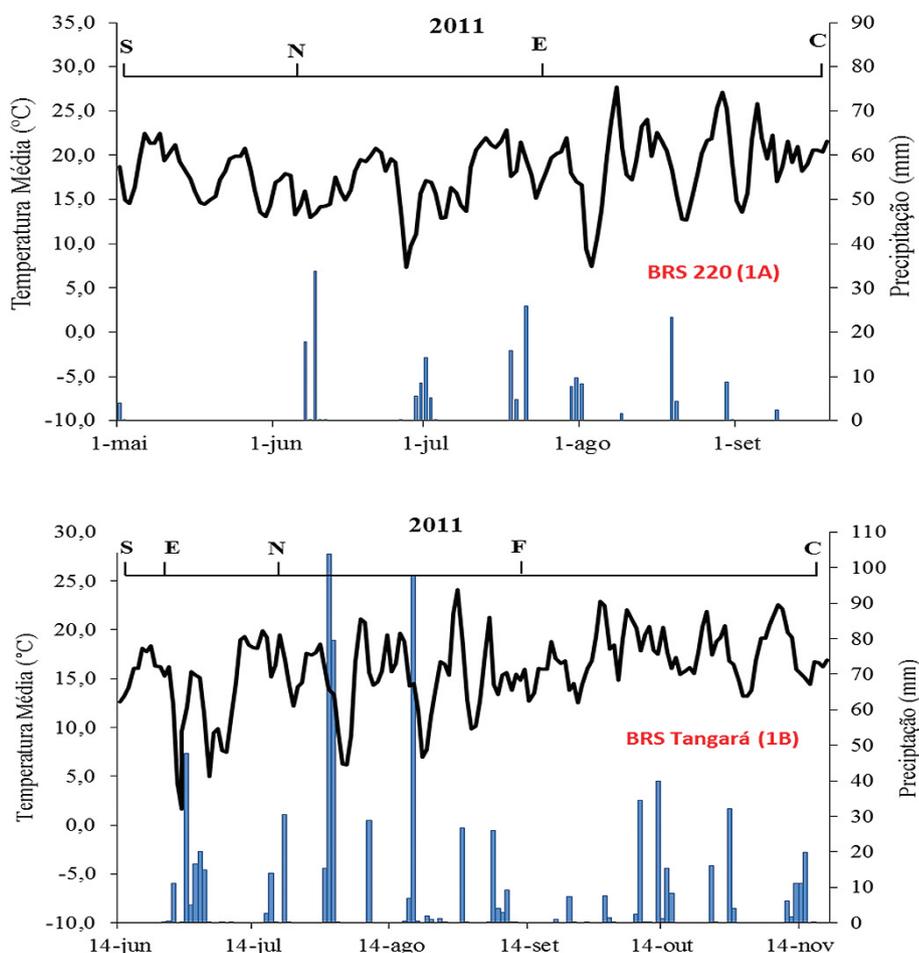


Figura 1. Temperatura média diária (°C) e precipitação pluvial (mm) nos locais onde foram realizados os experimentos de trigo com as cultivares BRS 220 (1A), Londrina-PR, e BRS Tangará (1B), Ponta Grossa-PR, no período de 01/maio/2011 a 01/out./2011, e 14/jun./2011 a 14/nov./2011, respectivamente. S: semeadura, E: emergência, N: adubação nitrogenada de cobertura, C: colheita.

1, 2 e 3 de valor de cultivo e uso – VCU), Santa Catarina (regiões 1 e 2), Mato Grosso do Sul (região 3) e São Paulo (região 2). Apresenta altura média de 84 cm e boa resistência ao acamamento. Em Ponta Grossa-PR, a cultivar utilizada foi a BRS Tangará, a qual apresenta ciclo médio, tendendo a precoce, estatura média de 85 cm, moderada resistência ao acamamento, resistente à debulha natural e moderadamente tolerante ao crestamento. É indicada para cultivo em todo o Estado do Paraná (regiões 1, 2 e 3 de VCU), Santa Catarina (regiões 1 e 2), Mato Grosso do sul (região 3) e São Paulo (região 2).

O solo do local dos experimentos foi manejado no sistema de semeadura direta. A adubação na semeadura de nitrogênio, fósforo e potássio (N-P-K) foi realizada conforme a análise de solo. Foram aplicados 250 kg ha⁻¹ do formulado 8-28-16.

As sementes foram produzidas nos dois experimentos com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense*, e cinco doses de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), na forma de ureia, aplicadas 20 dias após a emergência das plântulas, na fase de perfilhamento da cultura, em esquema fatorial 2 x 5 com quatro repetições.

Para a inoculação, foi utilizado o inoculante líquido comercial Azototal® com a bactéria *Azospirillum brasilense*,

estirpe Abv5 e Abv6 (2 x 10⁸ células viáveis mL⁻¹), na dose de 100 mL do produto comercial para cada 25 kg⁻¹ de semente, horas antes da semeadura. Não foi realizado o tratamento de sementes com inseticida e/ou fungicida.

A semeadura direta foi realizada com semeadora adubadora de 13 linhas, considerando a porcentagem de germinação das sementes, para obtenção de uma densidade de aproximadamente 300 plantas por metro quadrado. Os tratamentos culturais foram realizados de acordo com a necessidade da cultura.

A colheita foi realizada mecanicamente com a colhedora de parcelas marca *Wintersteiger* na área útil de cada parcela experimental, quando o trigo encontrava-se no ponto de maturação de colheita. Em seguida, as sementes foram limpas, embaladas e armazenadas para avaliação da qualidade sanitária e fisiológica, separadamente por cultivar/local.

A qualidade fisiológica e sanitária das sementes foi avaliada mediante as seguintes determinações:

Germinação: realizada com duas subamostras de 50 sementes por repetição, totalizando 400 sementes por tratamento. As sementes foram distribuídas sobre papel toalha *germitest* com volume de água destilada para embebição na quantidade de 2,5 vezes a massa seca do substrato, na forma

de rolos. A seguir, estes foram acondicionadas em germinador, tipo *Mangelsdorf*, à temperatura de 20 °C, sob regime de luz constante. Após oito dias, foram realizadas as avaliações conforme as recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

Comprimento de parte aérea e raiz: foram utilizadas duas subamostras de 25 sementes por repetição, totalizando 200 sementes por tratamento. O papel toalha *germitest* foi umedecido com água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso seco do substrato. As sementes foram dispostas no terço superior no sentido longitudinal do papel e direcionadas com a radícula para baixo. Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos posicionados verticalmente no germinador a 20 °C. Após oito dias, foi efetuada a medida das plântulas normais (comprimento de raiz e parte aérea) com auxílio de régua milimetrada. Os resultados foram expressos em centímetros (Nakagawa, 1994).

Massa seca de parte aérea e raiz: após determinação do comprimento, as plântulas foram separadas em parte aérea e raiz, colocadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação de ar forçada, regulada à temperatura de 80 °C, por 24 h. Ao final deste período, a massa seca foi avaliada em balança com precisão de 0,0001 g e os resultados foram expressos em mg/plântula (Nakagawa, 1994).

Envelhecimento acelerado: foram utilizadas duas subamostras de 50 sementes por repetição, totalizando 400 sementes por tratamento. O teste foi realizado utilizando-se caixas plásticas, tipo gerbox, com suportes telados, contendo ao fundo 40 mL de água, (Krzyzanowski et al., 1999). Sobre a tela, foi distribuída, uniformemente, uma camada de sementes. Em seguida, as caixas foram fechadas de modo a se obter cerca de 100% de UR em seu interior e levadas a uma câmara de incubação modelo *Water-jacketed*, regulada a 42 °C por 72 h. Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação e às avaliações, conforme descrito na metodologia acima.

Teste de frio: foram confeccionados rolos com duas subamostras de 50 sementes por repetição, totalizando 400 sementes por tratamento. A quantidade de água no substrato foi correspondente a 2,5 vezes a sua massa. Após o preparo, os rolos foram colocados no interior de sacos plásticos vedados com fita crepe – para reduzir a evaporação – e transferidos para câmara fria a 10 °C por sete dias (Krzyzanowski et al., 1999). Após esse período, foi conduzido o teste de germinação, com determinação do número de plântulas normais ao oitavo dia.

Condutividade elétrica: o método utilizado foi o de condutividade de massa, sendo utilizadas duas subamostras de 50 sementes por repetição, totalizando 400 sementes por tratamento. Após a obtenção da massa de cada amostra, as sementes foram colocadas em copos contendo 75 mL de água deionizada e, a seguir, levadas à câmara de germinação sob temperatura constante de 25 °C, durante 24 h (Krzyzanowski et al., 1999). Ao final deste período, foi determinada a condutividade elétrica da solução de embebição das sementes mediante o uso de um condutímetro. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes.

Emergência de plântulas em areia: teste realizado com quatro repetições de 100 sementes por tratamento. A areia utilizada foi previamente lavada e, em seguida, levadas a

bandejas plásticas. Na semeadura, foram utilizados contadores, nos quais foram dispostas 100 sementes por bandeja, cobertas com uma camada de 3 cm de areia. O teste foi conduzido em casa de vegetação e a umidade, mantida com irrigações de acordo com a necessidade da cultura. A avaliação do número de plântulas normais emergidas foi realizada no décimo quinto dia e os resultados, expressos em porcentagem (Nakagawa, 1994).

Análise sanitária: foi empregado o método de papel de filtro (*blotter test*). Para cada repetição, foram montados cinco gerbox com 20 sementes cada, totalizando 400 sementes por tratamento. Estas foram distribuídas sobre três folhas de papel de filtro previamente umedecidas com água autoclavada. Para realizar a assepsia dos gerbox, foi utilizada uma solução a 1,05% de hipoclorito de sódio (20% de água sanitária). As sementes permaneceram em incubação por um período de sete dias, em câmara com temperatura de 20 ± 2 °C sob luz fluorescente branca (Henning, 2005). Após esse período, foram identificados os patógenos com auxílio do microscópio estereoscópico e microscópio óptico, quando necessário, e a sua incidência foi expressa em porcentagem.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos de inoculação foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para o teste de sanidade, as médias foram transformadas em raiz quadrada de $(x + 0,5)$. Os dados de doses de nitrogênio foram submetidos à análise de regressão até o segundo grau.

3 Resultados e Discussão

Na determinação da qualidade sanitária das sementes de trigo, foi possível constatar a presença de fungos do gênero *Alternaria* spp., *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium* spp., *Cladosporium* spp. e *Trichoderma* spp.; entretanto, a sua incidência foi baixa, não sendo capaz de reduzir a qualidade das sementes. Nas avaliações, a cultivar que apresentou maior incidência de fungos foi a cultivar BRS Tangará, provavelmente devido à maior precipitação constatada durante o período de colheita, o que pode ter propiciado a infecção das sementes (Figura 1).

Outro aspecto importante a destacar foi que a inoculação com *Azospirillum* e as doses de nitrogênio em cobertura, em ambas as cultivares avaliadas, não influenciaram a qualidade sanitária das sementes de trigo. Resultados semelhantes foram obtidos por (TANAKA et al., 2008), em que a adubação nitrogenada não apresentou efeito sobre a incidência de fungos *Fusarium* spp., *Phoma* spp. e *Alternaria* spp.; porém, houve efeito das doses de nitrogênio sobre a incidência de *B. sorokiniana*. Abrantes et al. (2010), avaliando a sanidade de sementes de painço, também não verificaram influência das doses e épocas de aplicação da adubação nitrogenada sobre a qualidade sanitária.

Na cultivar BRS 220, não houve interação significativa entre doses e inoculação para as características de emergência de plântulas em areia, envelhecimento acelerado, teste de frio, condutividade elétrica, comprimento de raiz e massa seca de parte aérea, além de ser constatado que não houve efeito isolado das doses de N em cobertura para as características avaliadas. Em trabalho desenvolvido por Prando et al. (2012), os autores não constataram melhoria na qualidade fisiológica

de sementes de trigo em função de doses de adubação nitrogenada. Esse quadro se justifica, porque, em condições de menor disponibilidade de nutrientes, as plantas priorizam a preservação da espécie, produzindo menos, mas com sementes de qualidade, justificando a ausência de efeito da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica das sementes de trigo.

Em relação ao teste de germinação para a cultivar BRS 220, houve interação significativa entre doses de N em cobertura e inoculação com *Azospirillum*, em que as sementes inoculadas apresentaram maior porcentagem de germinação até a dose de 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura em relação às sementes não inoculadas (Figura 2). Em outro trabalho, Bono et al. (2008) também verificaram incremento na porcentagem de germinação de sementes de milho com a aplicação de N em cobertura, sendo que, a partir da aplicação de 40 kg ha⁻¹, os valores foram decrescendo. O aumento na porcentagem de germinação em função de doses de nitrogênio se deve

provavelmente ao fato de este nutriente estar relacionado à formação do embrião e dos órgãos de reserva (Carvalho; Nakagawa, 2012).

Todavia, todos os valores obtidos para esta característica apresentaram-se acima do padrão estabelecido para comercialização de sementes de trigo pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que exige germinação mínima de 80%.

Para o comprimento de parte aérea de plântulas da cultivar BRS 220, também foi possível constatar efeito positivo similar ao encontrado na germinação, em que as sementes inoculadas apresentaram maior desenvolvimento de parte aérea, com maiores diferenças para a dose de 60 kg ha⁻¹ em relação às sementes não inoculadas (Figura 2).

Na avaliação do vigor pelo teste de envelhecimento acelerado da cultivar BRS 220, foi constatado maior número de plântulas normais oriundas das sementes inoculadas,

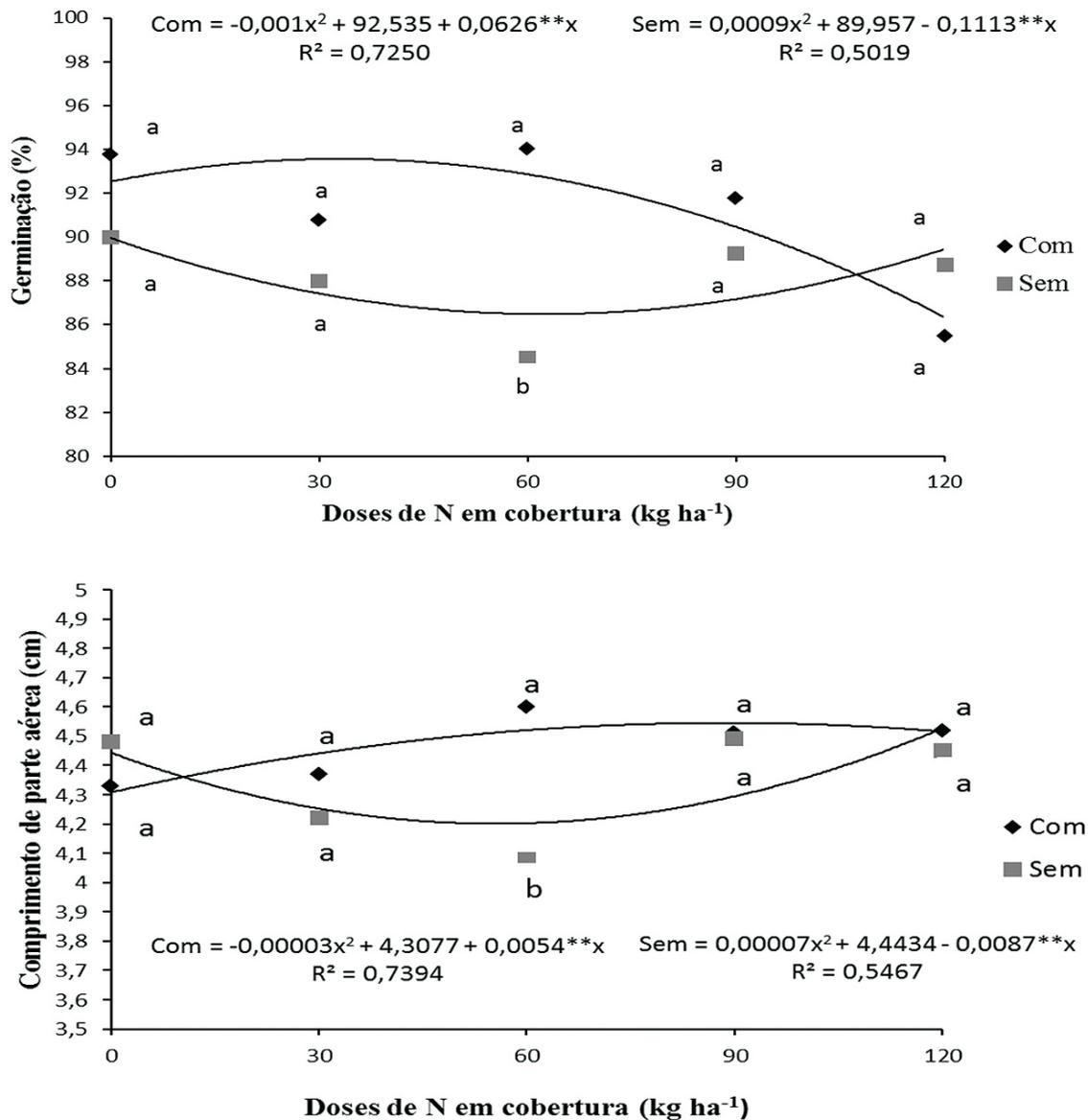


Figura 2. Germinação e comprimento de parte aérea, em sementes da cultivar BRS 220 produzida em Londrina-PR, em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e de doses de nitrogênio em cobertura.

consequentemente demonstrando que a inoculação favoreceu o vigor das sementes de trigo (Tabela 1). Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho foram obtidos por Cassán et al. (2009), com as culturas do milho e soja, nas quais o tratamento de sementes com cepas de *Azospirillum brasilense* promoveu aumentos significativos de germinação e vigor das sementes.

O comprimento de parte aérea e de raiz de plântulas de trigo da cultivar BRS Tangará foi influenciado pelas doses de nitrogênio e pela inoculação com *Azospirillum* (Figura 3), sendo que as sementes inoculadas apresentaram maior comprimento tanto de parte aérea como de raiz na dose 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura, em relação às sementes não inoculadas. Esses resultados podem ser atribuídos à associação do nitrogênio e do *Azospirillum*, que tem a capacidade de estimular o desenvolvimento radicular, aumentando a absorção de água e nutrientes pelas raízes, e favorecendo o equilíbrio hormonal da planta, por produzir substâncias

promotoras do crescimento de raiz (Santos; Vieira, 2005). Entretanto, este efeito não foi observado no comprimento de raiz na dose de 120 kg ha⁻¹, pois as sementes não inoculadas apresentaram melhores resultados (Figura 3). Da mesma forma, Zucareli et al. (2012), trabalhando com sementes de milho doce, verificaram que o aumento das doses de N em

Tabela 1. Valores médios dos atributos de qualidade fisiológica de sementes para as cultivares de trigo BRS 220 e BRS Tangará, em função da resposta à inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum brasilense*.

Cultivar	BRS 220	BRS Tangará
Inoculante	EA (%)	MSPA (mg)
Com	80 a	0,051 a
Sem	74 b	0,038 b

As médias dentro de cada coluna seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p<0,05). n.s.: não significativo; EA: envelhecimento acelerado; MSPA: massa seca de parte aérea.

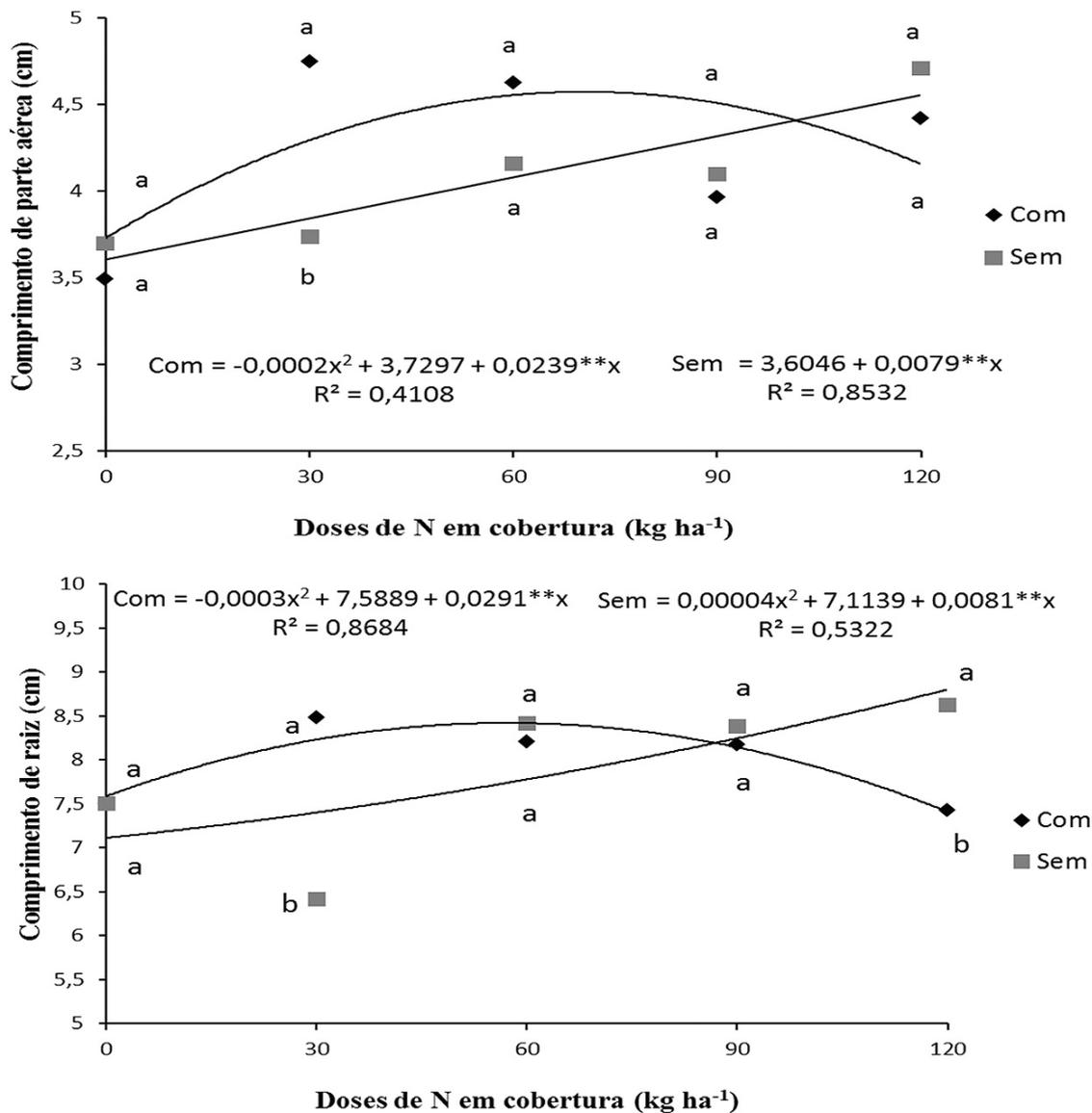


Figura 3. Comprimento de parte aérea e raiz de plântulas de sementes de trigo da cultivar BRS Tangará, produzida em Ponta Grossa-PR, em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e de doses de nitrogênio em cobertura.

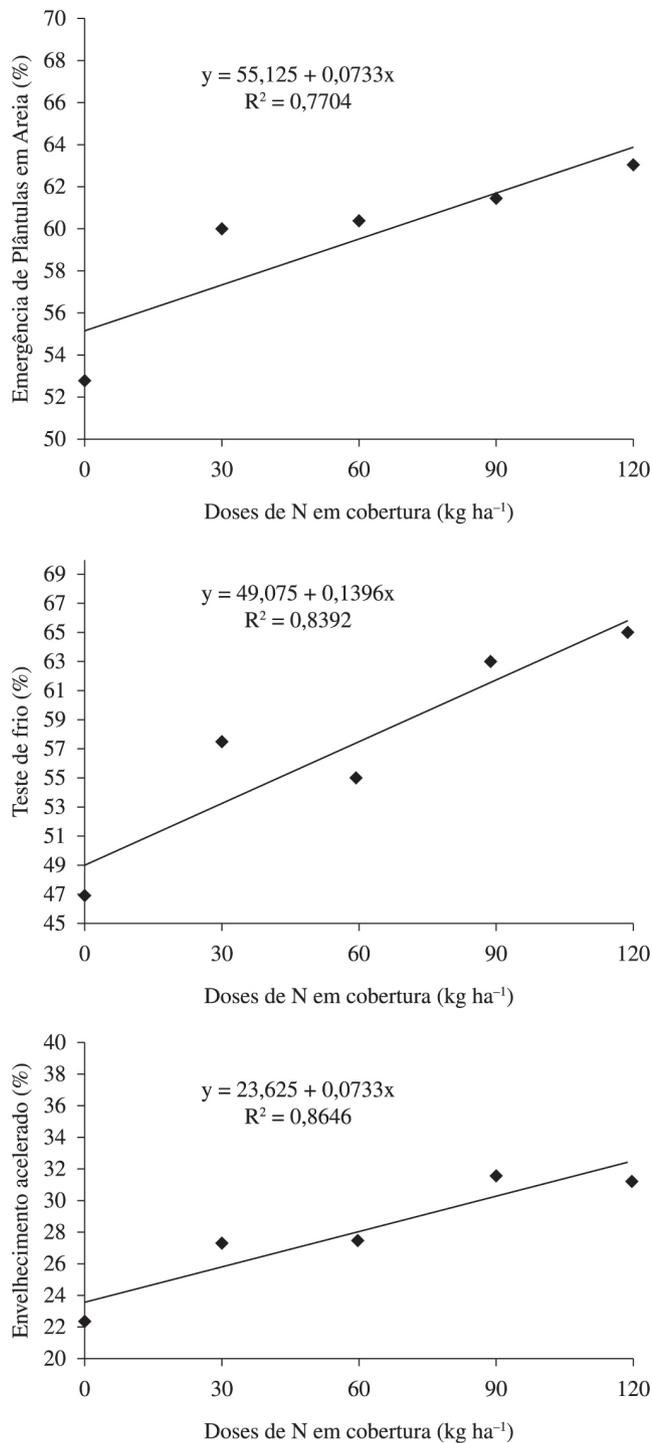


Figura 4. Emergência de plântulas em areia, teste de frio e envelhecimento acelerado em sementes de trigo da cultivar BRS Tangará, produzida em Ponta Grossa-PR, em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e de doses de nitrogênio em cobertura.

cobertura, no estágio vegetativo, reduziu o comprimento da parte aérea e de raiz de plântulas.

Para a variável inoculante, somente foi observado efeito significativo para a massa seca da parte aérea da cultivar BRS Tangará, em que as sementes inoculadas obtiveram maior massa em relação às não inoculadas (Tabela 1). Em resultado

obtido por Rampim et al. (2012), os autores verificaram que a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6) proporcionou incrementos nos valores de matéria seca de parte aérea para a cultivar de trigo CD-116. Em outro trabalho, Hungria (2011) também relatou que a inoculação com *Azospirillum* promove aumento na produção de raízes, maior altura de plantas e coloração mais verde, pelo maior teor de clorofila.

Em relação às doses de nitrogênio em cobertura, houve efeito isolado para os testes de emergência de plântulas em areia, teste de frio e envelhecimento acelerado para a cultivar BRS Tangará. Pode ser constatado, através dos gráficos, um aumento linear na emergência de plântulas e no vigor das sementes, conforme se elevaram as doses de nitrogênio em cobertura (Figura 4).

Resultados relacionados à adubação nitrogenada em cobertura foram encontrados por Imolesi et al. (2001), ao verificarem efeito significativo da adubação nitrogenada em sementes de milho na emergência de plântula em canteiro. Em outro estudo, Favarato et al. (2012) constataram efeito direto do aumento das doses de nitrogênio nos resultados de germinação de sementes de trigo submetidas ao teste de envelhecimento acelerado.

Diante do exposto, foi possível verificar o efeito positivo da interação do inoculante e de doses de nitrogênio em cobertura, e o seu efeito isolado na melhoria da qualidade fisiológica de sementes de trigo.

4 Conclusões

A qualidade sanitária das sementes de trigo não é influenciada pelas doses de nitrogênio e pela inoculação com *Azospirillum brasilense*. A inoculação das sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* favorece o vigor (envelhecimento acelerado) para a cultivar BRS 220 e a massa de parte aérea de plântulas para a BRS Tangará. As cultivares apresentam respostas diferenciadas à adubação nitrogenada para as características de qualidade de sementes. O aumento nas doses de N até 120 kg ha⁻¹ melhora a qualidade fisiológica das sementes da cultivar BRS Tangará.

Referências

- ABRANTES, F. L.; KULCZYNSKI, S. M.; SORATTO, R. P.; BARBOSA, M. M. M. Nitrogênio em cobertura e qualidade fisiológica e sanitária de sementes de painço (*Panicum miliaceum* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 3, p. 106-115, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000300012>
- ARAÚJO, A. E. S.; ROSSETO, C. A. V.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J. I. Germinação e vigor de sementes de arroz inoculadas com bactérias diazotróficas. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 4, p. 932-939, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000400019>
- BONO, J.; RODRIGUES, A.; MAUAD, M.; ALBUQUERQUE, J.; YAMAMOTO, C.; CHERMOUTH, K.; FREITAS, M. Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho. *Revista Agrarian*, v. 1, n. 2, p. 91-102, 2008.

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. *Regras para análise de sementes*. Brasília, 2009. 395 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.
- CASSÁN, F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). *European Journal of Soil Biology*, v. 45, n. 3, p. 28-35, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.08.005>
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. *Acompanhamento da safra brasileira: grãos*. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_07_09_04_53_boletim_graos_junho_2013.pdf> Acesso: 22 jul. 2013.
- FAVARATO, L. F.; ROCHA, V. S.; ESPINDULA, M. C.; SOUZA, M. A.; PAULA, G. S. Adubação nitrogenada e qualidade fisiológica de sementes de trigo. *Bragantia*, v. 71, n. 1, 2012.
- FORNASIERI FILHO, D. *Manual da cultura do trigo*. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 338 p.
- HENNING, A. A. *Patologia e tratamento de sementes: noções gerais*. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 52 p. (Documentos, n. 264).
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant and Soil*, v. 331, n. 1, p. 413-425, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-009-0262-0>
- HUNGRIA, M. *Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo*. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Documentos, n. 325).
- IMOLESI, A. S.; VON PINHO, E. V. R.; VON PINHO, R. G.; VIEIRA, M. G. G. C.; CORRÊA, R. S. B. Influência da adubação nitrogenada na qualidade fisiológica das sementes de milho. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 25, n. 5, p. 1119-1126, 2001.
- KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.
- MEGDA, M. M.; BUZZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. M. C.; VIEIRA, M. X. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. 4, p. 1055-1060, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000400016>
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). *Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.
- PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, E. A. P.; PANOFF, B. Formas de ureia e doses de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de trigo. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 34, n. 2, p. 272-279, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000200012>
- RAMPIM, L.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; NACKE, H.; KLEIN, J.; GUIMARÃES, V. F. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidas à inoculação e diferentes tratamentos. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 34, n. 4, p. 678-685, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000400020>
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; PUCCI, A. L. R.; STRIEDER, M.; ZANIN, C. G.; SILVA, L. C.; VIEIRA, R. J. A aplicação precoce de nitrogênio em cobertura não aumenta o rendimento de grãos do trigo cultivado na presença do alumínio. *Ciência Rural*, v. 38, n. 4, p. 912-920, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000400002>
- SANTOS, C. M. G.; VIEIRA, E. L. Efeito de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicial do algodoeiro. *Magistra*, v. 17, n. 3, p. 124-130, 2005.
- TANAKA, M. A. S.; FREITAS, J. G.; MEDINA, P. F. Incidência de doenças fúngicas e sanidade de sementes de trigo sob diferentes doses de nitrogênio e aplicação de fungicida. *Summa Phytopathologica*, v. 34, n. 4, p. 313-317, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052008000400002>
- TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENNETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2010000800004>
- ZUCARELI, C.; PANOFF, B.; PORTUGAL, G.; FONSECA, I. C. N. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na qualidade fisiológica de sementes de milho doce. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 34, n. 3, p. 480-487, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000300016>
- WARRAICH, E. A.; BASRA, S. M. A.; AHMAD, N.; AHMED, R.; AFTAB, M. Effect of Nitrogen on Grain Quality and Vigour in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*, v. 4, n. 4, p. 517-520, 2002.

Contribuição dos autores: Cristian Rafael Brzezinski participou da elaboração e do delineamento do experimento, bem como das avaliações e da escrita científica. Claudemir Zucareli participou do delineamento do experimento e das correções do artigo. Fernando Augusto Henning ajudou no delineamento do experimento de laboratório, onde o mesmo cedeu as suas instalações de pesquisa (Laboratório de Sementes Embrapa Soja) e material para o desenvolvimento do trabalho, além de ajudar na revisão ortográfica e gramatical do trabalho. Julia Abati ajudou na condução do experimento e na escrita científica do artigo. André Mateus Prando oportunizou o desenvolvimento deste trabalho, através da utilização de sementes oriundas de sua Tese de Doutorado desenvolvida na Universidade Estadual de Londrina e participou do delineamento do experimento de laboratório, além de ajudar na revisão ortográfica e gramatical do trabalho. Ademir Assis Henning ajudou no delineamento do experimento de laboratório, onde o mesmo cedeu as suas instalações de pesquisa (Laboratório de Sementes Embrapa Soja) e material para o desenvolvimento do trabalho, além de ajudar na revisão ortográfica e gramatical do trabalho.

Agradecimentos: À Embrapa Soja e à Universidade Estadual de Londrina. À Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo apoio financeiro.

Fonte de financiamento: Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.