

Tratamento de sementes com niacina ou tiamina promove o desenvolvimento e a produtividade do feijoeiro

Seed treatment with niacin or thiamin provides bean plant development and productivity

Eduardo Pradi Vendruscolo^{1*}, Aliny Heloísa Alcântara Rodrigues¹, Angélica Pires Batista Martins¹, Luiz Fernandes Cardoso Campos¹ & Aleksander Seleguini²

¹ Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil. *Autor para correspondência: agrovendruscolo@gmail.com.

² Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Iturama, MG, Brasil.

Submissão: 13/04/2017 | Aceite: 08/02/2018

RESUMO

A cultura do feijoeiro é de grande importância socioeconômica em todas as regiões brasileiras. Seu cultivo, entretanto, ainda está relacionado a técnicas rudimentares que prejudicam a produtividade. O emprego de vitaminas contribui para a melhora do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, incrementando as condições fisiológicas das plantas. Assim, o estudo objetivou avaliar os efeitos da aplicação de niacina ou tiamina sobre as características de desenvolvimento vegetativo e produtivo do feijoeiro a partir do tratamento de sementes, conduzido em vasos. Dois experimentos foram conduzidos e, em ambos, os tratamentos foram definidos pela aplicação de Niacina ou Tiamina em cinco diferentes dosagens (0,00; 5,00; 10,00; 15,00 e 20,00 mg kg⁻¹), juntamente com fungicida. Foram avaliadas variáveis ligadas à emergência das plântulas, ao desenvolvimento vegetativo e à produtividade de grãos. Verificou-se que, para o feijoeiro (cv. BRS Estilo), o pré-tratamento de sementes com niacina diminuiu o tempo de emergência das plântulas (20,31%) e estimulou o desenvolvimento dos trifólios (16,21%). A aplicação da tiamina, por sua vez, aumentou a emergência das plântulas na primeira contagem (287,52%), estimulou a taxa de emergência (36,72%) e o índice de velocidade de emergência (65,76%), diminuiu o tempo médio de emergência (19,03) e proporcionou incremento do número de vagens por planta (116,28%), de grãos por planta (122,28%) e da produtividade de grãos (127,50%), quando comparados ao tratamento controle.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris* L., vitamina B3, vitamina B1, efeito bioestimulante, mecanismos de resistência.

ABSTRACT

Bean crop has socioeconomic importance in all Brazilian regions, but its cultivation is still related to rudimentary techniques that affect productivity. The use of vitamins contributes to the improvement of the vegetative and reproductive development, improving the plants physiological conditions. The objective of this study was to evaluate the effects of the application of niacin or thiamine on the vegetative and productive development characteristics of bean, in pots. Two experiments were conducted, on both the treatments were defined by the application of Niacin or Thiamin in five different dosages (0.00, 5.00, 10.00, 15.00 and 20.00 mg kg⁻¹) along with fungicide in seed treatment. Variables related to seedling emergence, vegetative development and grain production were evaluated. It was verified, for bean plants (cv. BRS Estilo), that seed pre-treatment with niacin decreases seedling emergence time (20.31%) and stimulated the development of trefoils (16.21%), while the application of thiamine increased seedling emergence at the first count (287.52%), stimulated the emergence rate (36.72%) and the emergence speed index (65.76%), decreased the mean time of emergence (19.03) and increased the number of pods per plant (116.28%), grains per plant (122.28%) and grain productivity (127.50%), compared to the control treatment.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris* L., vitamin B3, vitamin B1, bioestimulant effect, resistance mechanism.

INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) representa grande importância econômica e alimentar em todas as regiões brasileiras, sendo fonte de renda e emprego para milhares de pessoas que dependem da

agricultura familiar e empresarial. Além disso, ele é fonte de proteínas ricas em lisina, o que o torna extremamente relevante na segurança alimentar do povo brasileiro. Com uma produção de 2, 51 milhões de toneladas (DERAL 2016) plantada em uma área de pouco menos de três milhões de hectares, o Brasil figura como segundo maior produtor mundial de feijão em grão, ficando atrás apenas da Índia, cuja produção é de quatro milhões de toneladas (FAO 2017).

A baixa produtividade brasileira de feijão, a qual gira em torno de 886,00 kg ha⁻¹ (DERAL 2016), se deve principalmente a efeitos de caráter edafoclimáticos e às técnicas rudimentares utilizadas para a produção da leguminosa em algumas regiões do país (ZUCARELI et al. 2006). Diversos estudos demonstraram a importância da fertilização do solo para a cultura, favorecendo o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo em diferentes épocas de plantio e manejos utilizados (CARMEIS FILHO et al. 2014, NASCENTE et al. 2014, PEREIRA et al. 2015, ZUCARELI et al. 2006).

Os investimentos realizados para a fertilização dos solos representam um dos principais itens na planilha de custos da produção agrícola (SABUNDJIAN et al. 2014, JESUS et al. 2016). Assim, a introdução de técnicas para a melhoria do aproveitamento dos nutrientes do solo deve ser priorizada, tendo em vista o aumento de produtividade e a diminuição das perdas monetárias.

A aplicação exógena de vitaminas vem sendo estudada como técnica amenizadora de estresse causado tanto por fatores bióticos quanto por fatores abióticos (AHN et al. 2005, BOUBAKRI et al. 2012, KAYA et al. 2015, ABDALLAH et al. 2016). A utilização de vitaminas também pode melhorar as condições fisiológicas, uma vez que propicia um incremento nas reservas energéticas (BARAKAT 2003, EL-BASSIOUNY 2005) e nutricionais, essenciais ao correto desenvolvimento dos órgãos vegetais (TAIZ et al. 2017).

Em estudo desenvolvido com a aplicação de vitamina na cultura do trigo, a imersão das sementes em solução de tiamina a 5,00 mg L⁻¹ propiciou a absorção e o acúmulo de nutrientes, o que melhorou o desenvolvimento e incrementou a produtividade das plantas cultivadas em solo fertilizado com metade da recomendação de adubação (EL-BASSIOUNY et al. 2014). Para cultivares de milho, submetidos a estresse salino, o uso da tiamina via imersão de sementes ou via aplicação foliar incrementou os teores de N, P, Ca e K nos tecidos dos órgãos vegetais (KAYA et al. 2015).

O incremento das características biométricas e produtivas também foi obtido com a aplicação de niacina para as culturas da quinoa, quando realizada a aplicação foliar de solução contendo concentrações de até 100 mg L⁻¹ de niacina (ABDALLAH et al. 2016); do milho, quando realizado o tratamento de sementes ou a aplicação de solução de niacina com 100 ppm da vitamina (HASSANEIN et al. 2009) e da mostarda, pela aplicação de niacina, via solo, em concentrações de até 485,20 mg L⁻¹ (VENDRUSCOLO et al. 2017).

Apesar dos resultados promissores, faltam estudos que abordem uma maior quantidade de espécies de interesse comercial, tais como as espécies produtoras de grãos. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de niacina ou tiamina, via tratamento de sementes, sobre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do feijoeiro Carioca (cv. BRS Etilo) cultivado em solo não fertilizado, conduzido em vasos.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois estudos foram conduzidos em área experimental pertencente à Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás em Goiânia, Goiás, situada na região central do Brasil, 16° 40' S, 49° 15' W e altitude de 750 m. Segundo a classificação de KÖPPEN-GEIGER (CARDOSO et al. 2014), a região apresenta clima Aw, sendo caracterizada por clima tropical, com estação chuvosa de outubro a abril e por um período com precipitações inferiores a 100 mm mensais entre maio e setembro. As temperaturas médias mensais variam de 20,8 °C, nos meses de junho e julho, a 25,3 °C no mês de outubro (CARDOSO et al. 2014). Os registros climáticos da temperatura e umidade do ar de ocorrência durante a condução dos ensaios podem ser observados na Figura 1.

Os experimentos foram delineados igualmente, em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos dos experimentos foram definidos pela aplicação de niacina (ácido nicotínico 100% i. a.) ou tiamina (99,3% i. a.) em cinco diferentes doses (0,00; 5,00; 10,00; 15,00 e 20,00 mg kg⁻¹), as quais foram aplicadas juntamente com o fungicida Fludioxonil (25,00% i.a.), via tratamento de sementes, em dose de 1 ml kg⁻¹ p.c. A aplicação foi realizada com o uso de pipeta graduada em sacos plásticos transparentes. Os produtos foram distribuídos sobre as sementes e, em seguida, os conjuntos foram vigorosamente agitados, durante trinta segundos, para que a distribuição ocorresse uniformemente.

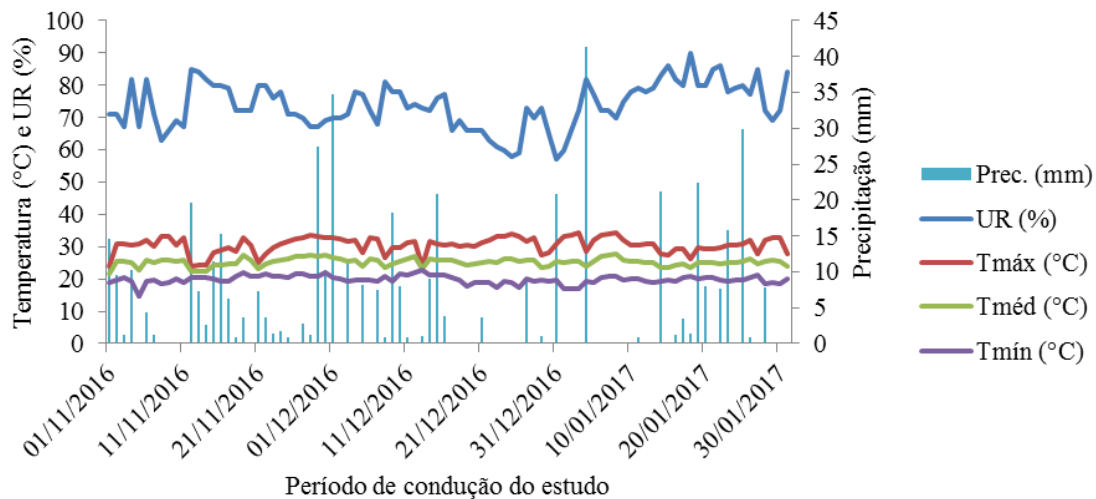


Figura 1. Condições climáticas de umidade relativa do ar, temperatura máxima, média e mínima e precipitação pluviométrica durante o período de condução do estudo.

Figure 1. Climatic conditions of relative humidity, maximum, average and minimum temperature and pluviometric precipitation during the period of conduction of the study.

Vasos com capacidade para 18,00 dm³ foram preenchidos com terra proveniente de solo classificado como Latossolo Vermelho (SANTOS et al. 2013), apresentando as seguintes características químicas: Ca²⁺: 4,30 cmol_c dm⁻³, Mg²⁺: 1,80 cmol_c dm⁻³, K⁺: 170,00 mg dm⁻³, P (Mehlich I): 47,00 mg dm⁻³, Matéria Orgânica: 16,00 g dm⁻³, Al³⁺: 0,0 cmol_c dm⁻³, H+Al: 4,00 cmol_c dm⁻³ e valores de pH (CaCl₂): 5,40, Capacidade de troca de cátions: 10,53 cmol_c dm⁻³, Saturação por bases: 62,00% (DONAGEMMA et al. 2011). A análise granulométrica do solo apresentou 48,00 g kg⁻¹ de argila na camada 0 - 0,20 m (SILVA 2009). Em relação à nutrição das plantas, e visando simular um sistema de cultivo com baixa utilização de insumos agrícolas, não foram realizadas ações de calagem ou adubações de cobertura durante o ciclo da cultura.

A semeadura do feijão carioca (cv. BRS Estilo) ocorreu no dia 28 de outubro de 2016. Vinte sementes foram dispostas em duas linhas, em profundidade de três centímetros. A irrigação foi realizada diariamente por fitas gotejadoras, de forma que dois gotejadores ficassem posicionados sobre cada vaso. Nos dias com ocorrência de precipitação pluviométrica, o procedimento foi suspenso. Apesar de não se ter registrada a ocorrência de algum tipo de doença uma aplicação única de inseticida à base de acetamiprido (250,00 g kg⁻¹ de i.a.) foi feita aos 30 dias após a semeadura, com o intuito de controlar a incidência de moscas brancas (*Bemisia tabaci*).

Realizou-se a contagem diária da emergência a fim de se obter a taxa de emergência de plântulas, o tempo médio de emergência (LABOURIAU 1983) e o índice de velocidade de emergência (MAGUIRE 1962), utilizando-se as seguintes equações:

a) Emergência de plântulas

$$EME = \frac{E}{S}$$

em que: EME – emergência de plântulas (%); E – total de plantas emergidas; S – total de sementes plantadas.

b) Tempo médio de emergência

$$TME = \frac{(E_1T_1 + E_2T_2 + \dots + E_nT_n)}{N}$$

em que: TME – tempo médio de emergência (dias); E₁, E₂, E_n – número de plantas emergidas na primeira, segunda e última contagem; T₁, T₂, T_n – primeiro, segundo e último dia de avaliação; N – número total de plantas emergidas durante o teste.

c) Índice de velocidade de emergência

$$IVE = \frac{E1}{T1} + \frac{E2}{T2} + \dots + \frac{En}{Tn}$$

em que: IVE – índice de velocidade de emergência; E1, E2, En – número de plantas emergidas na primeira, segunda e última contagem; T1, T2, Tn – primeiro, segundo e último dia de avaliação.

Aos 21 dias após a semeadura foram selecionadas cinco plantas por vaso para a obtenção da altura, número de trifólios e clorofilas “a”, “b” e total, utilizando-se clorofilômetro digital (Falker®). Em seguida, realizou-se o corte das mesmas cinco plantas para a obtenção da área foliar, utilizando-se o programa Easyleaf (EASLON & BLOOM 2014). A massa seca da parte aérea foi calculada através do acondicionamento das plantas em sacos de papel, em estufa de circulação forçada de ar (65 °C) até a obtenção de massa constante.

Após a primeira avaliação realizou-se o desbaste do excesso de plantas até que restassem duas plantas por vaso. Tais exemplares foram conduzidos até colheita dos grãos, 90 dias pós a semeadura. Nesse momento foram avaliadas as variáveis referentes ao número de vagens por planta, ao número de grãos por vagem, ao número de grãos por planta, à massa de mil grãos e à estimativa de produtividade.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e, quando significativos, foram submetidos à análise de regressão polinomial, adotando-se a regressão significativa de maior grau. As análises foram realizadas pelo programa computacional Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que a aplicação da niacina não influenciou estatisticamente as médias obtidas para as seguintes variáveis: taxa de emergência; índice de velocidade de emergência; altura de plantas; teores relativos de clorofila “a”, “b” e total; área foliar; massa seca de parte aérea; número de vagens por planta; número de grãos por vagem; número de grãos por planta; massa de mil grãos e produtividade. No entanto, observou-se uma tendência linear positiva para variáveis ligadas à emergência de plântulas e produtividade de grãos (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de taxa de emergência (EMER), índice de velocidade de emergência (IVE), teores relativos de clorofilas “a” (CLA), “b” (CLB) e total (CLT), área foliar (AF), massa seca de parte aérea (MSPA), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP), massa de mil grãos (MMG) e produtividade (PROD) de feijoeiro tratado via semente com diferentes doses de niacina.

Table 1. Mean values of emergency index (EMER), emergency speed index (IVE), relative contents of chlorophyll “a” (CLA), “b” (CLB) and total (CLT), foliar area (AF), shoot dry matter (MSPA), number of pods per plant (NVP), number of grains per plant (NGP), a thousand grain mass (MMG) and productivity (PROD) of bean treated with different doses of niacin on seeds.

Doses	EMER	IVE	ALT	CLA	CLB	CLT	AF	MSPA	NVP	NGV	NGP	MMG	PROD
	%	-	cm	SPAD	SPAD	SPAD	cm ²	g	-	-	-	g	kg ha ⁻¹
0	71,25	2,73	9,63	25,38	5,70	31,08	71,35	0,53	4,00	4,87	20,00	261,17	1217,36
5	82,50	3,56	9,63	25,86	5,91	31,78	70,42	0,52	3,50	5,29	18,50	284,17	1346,93
10	91,25	3,87	9,97	25,74	5,81	31,55	59,64	0,48	5,00	4,46	22,50	292,35	1476,50
15	87,50	3,85	10,28	25,84	5,71	31,55	68,05	0,48	6,50	3,69	23,50	283,16	1606,07
20	92,50	4,19	9,87	24,55	5,53	30,08	68,96	0,53	5,50	5,43	29,00	253,77	1735,64
CV %	15,42	18,75	9,69	9,98	14,85	10,82	21,2	18,94	33,53	11,56	30,87	12,33	26,41
RL	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
RQ	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

CV = coeficiente de variação; RL = regressão linear; RQ = regressão quadrática; ns = não significativa a 5% de probabilidade pelo teste de regressão.

Apenas para a emergência e o crescimento vegetativo dos feijoeiros foi observado efeito da aplicação de niacina via semente. O aumento das doses utilizadas, até 20,00 mg kg⁻¹ propiciou uma diminuição de 1,10 dias no tempo médio de emergência, enquanto que o número máximo de trifólios (1,94) foi obtido com a dose de 9,59 mg kg⁻¹ (Figura 2).

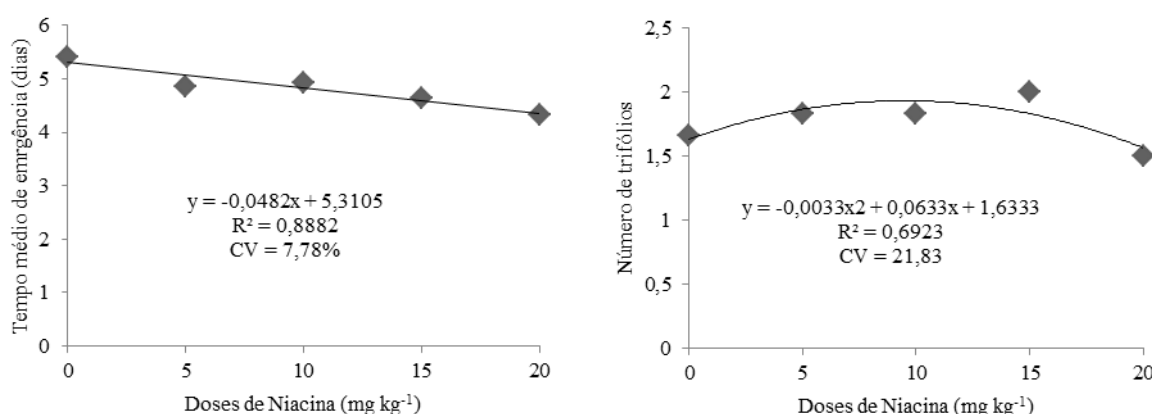


Figura 2. Tempo médio de emergência e número de trifólios de feijoeiro tratado com diferentes doses de niacina via semente.

Figure 2. Mean time of emergence and number of leaves of bean treated with different doses of niacin on seed.

A aplicação exógena de niacina induz à produção de carboidratos e o acúmulo de reservas energéticas (BARAKAT 2003; EL-BASSIOUNY 2005), além de melhorar a absorção e o armazenamento de nutrientes nos tecidos vegetais, como foi observado para plantas de trigo submetidas ao estresse por salinidade (EL-BASSIOUNY et al. 2014). Essas reservas podem ser utilizadas para a manutenção dos tecidos vegetais durante períodos de desenvolvimento ou quando a planta se encontra sob estresse, fornecendo energia e colaborando para a continuidade do seu desenvolvimento (TAIZ et al. 2017).

Ao estudar o desenvolvimento da cultura da quinoa em solos arenosos, ABDALLAH et al. (2016) compararam o tratamento controle e a aplicação foliar de solução contendo 100,00 mg L⁻¹ de nicotinamida. Como resultado, os pesquisadores observaram incrementos significativos nas variáveis referentes ao número de folhas, ao comprimento da parte aérea, à massa fresca da parte aérea, à massa seca da parte aérea, à massa fresca de raiz e à massa seca de raiz.

Tabela 2. Valores médios de altura (ALT), número de trifólios (NTR), teores relativos de clorofilas "a" (CLA), "b" (CLB) e total (CLT), área foliar (AF), massa seca de parte aérea (MSPA), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (MMG) de feijoeiro tratado via semente com diferentes doses de tiamina.

Table 2. Mean values of height (ALT), number of leaves (NTR), relative contents of chlorophyll "a" (CLA), "b" (CLB) and total (CLT), foliar area (AF), shoot dry matter (MSPA), number of grains per pod (NGV), a thousand grain mass (MMG) of bean treated with different doses of thiamine on seed.

Doses	ALT cm	NTR -	CLA SPAD	CLB SPAD	CLT SPAD	AF cm ²	MSPA g	NGV -	MMG g
0	9,63	1,67	25,38	5,70	31,08	71,35	0,53	4,87	261,17
5	10,28	1,67	27,62	6,65	34,27	56,90	0,48	4,67	282,56
10	10,53	1,58	27,17	6,63	33,80	58,69	0,48	5,13	279,76
15	9,94	1,58	23,95	5,21	29,16	65,50	0,50	5,32	320,53
20	10,07	1,33	24,93	5,93	30,85	57,13	0,47	5,05	274,85
CV %	11,16	27,28	10,73	17,38	11,80	13,01	11,57	7,62	3,82
RL	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
RQ	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

CV = coeficiente de variação; RL = regressão linear; RQ = regressão quadrática; ns = não significativa a 5% de probabilidade pelo teste de regressão.

Para a aplicação da tiamina não foram verificadas diferenças significativas para as variáveis de altura, número de trifólios, teores relativos de clorofilas “a”, “b” e total, área foliar, massa seca de parte aérea, número de grãos por vagem e massa de mil grãos. Novamente, observou-se que apesar da ausência de significância estatística, a utilização de tiamina em sementes possibilitou incrementos das variáveis produtivas, em comparação com aquelas obtidas sem a aplicação da vitamina (Tabela 2). Em complemento, os resultados relacionados ao desenvolvimento vegetativo até os 21 dias podem não ter sido significativamente afetados devido ao suprimento das necessidades nutricionais das plantas nesse período, o que foi feito pelas reservas presentes no solo.

A primeira contagem de plântulas emergidas (Figura 3) demonstrou um incremento do vigor das sementes, sendo que a elevação das doses até $11,70 \text{ mg kg}^{-1}$ propiciou um aumento de 287,52% nessa variável. A aplicação da tiamina também elevou a taxa de emergência (36,72%), o índice de velocidade de emergência (65,76%) e diminuiu o tempo médio de emergência (19,03%) até as doses de 12,20, 12,15 e 12,37 mg kg^{-1} (Figura 3).

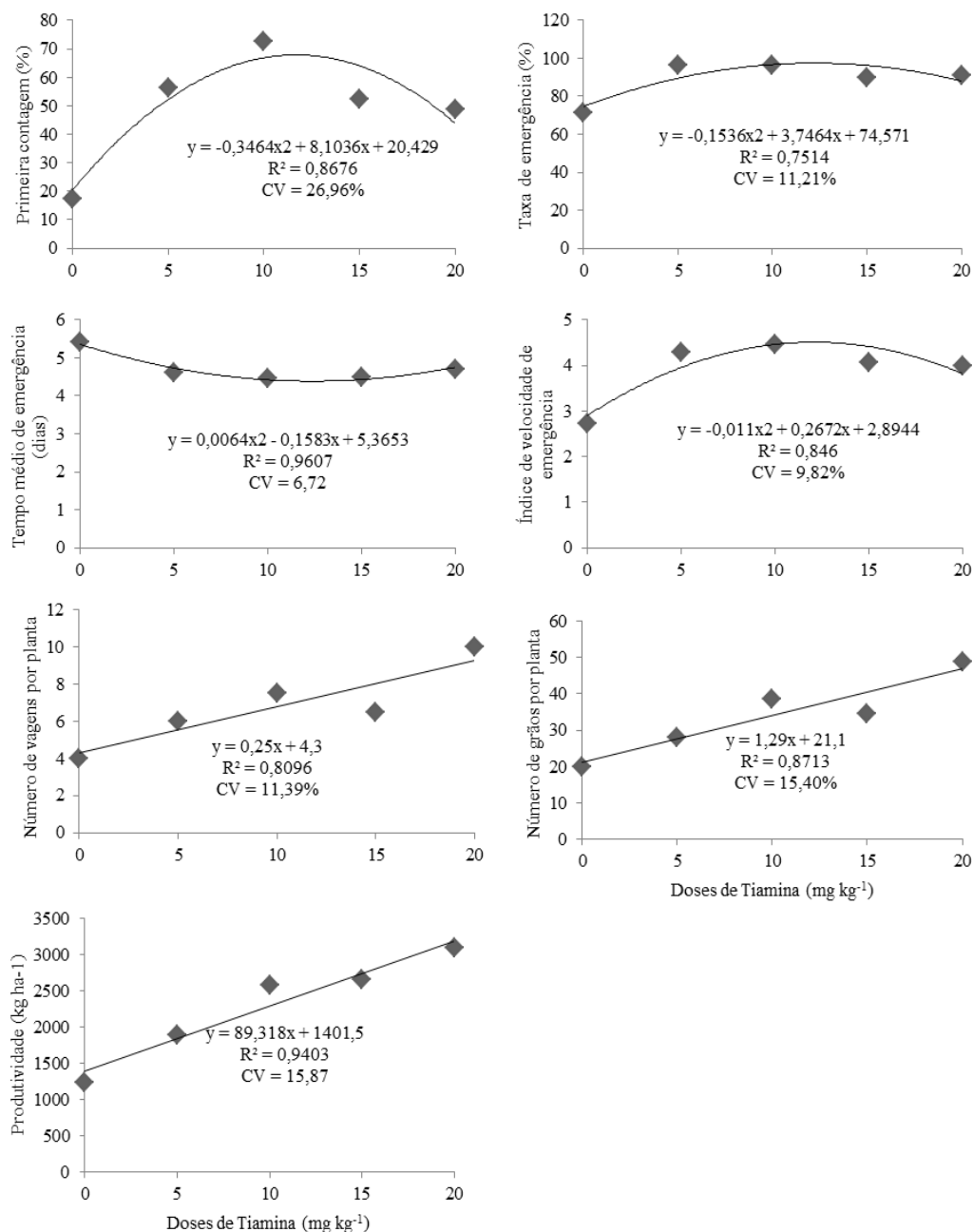


Figura 3. Primeira contagem, taxa de emergência, tempo médio de emergência, índice de velocidade de emergência, número de vagens por planta, número de grãos por planta e produtividade do feijoeiro tratado com diferentes doses de tiamina via semente.

Figure 3. First count, emergency rate, mean emergency time, emergency speed index, number of pods per plant, number of grains per plant and yield of bean treated with different doses of thiamine on seed.

As variáveis relacionadas à produtividade de grãos foram afetadas de forma linear e crescente pela aplicação de doses de tiamina até a dose máxima estudada, 20,00 mg kg⁻¹ (Figura 3). Nessa dose, verificaram-se incrementos de cinco vagens por planta (116,28%), 25,80 grãos por planta (122,28%) e 1786,37 kg ha⁻¹ de grãos (127,50%).

O resultado pode ser relacionado à ação da tiamina como fator regulador do metabolismo de carbono e da síntese de proteínas (KAYA et al. 2015), uma vez que essa vitamina atua como coenzima em diversas vias metabólicas (GOYER 2010) e pode exercer efeito protetivo contra o estresse oxidativo causado por elementos abióticos (KAYA et al. 2015).

Em sementes de milho submetidas ao estresse por salinidade foram observados efeitos amenizadores obtidos pela aplicação de tiamina até a dose de 150,00 mg L⁻¹. A germinação e o tempo para germinação de 50,00% das sementes, a depender do cultivar, foram incrementados com a aplicação da tiamina via imersão das sementes durante 24 horas (KAYA et al. 2015).

Tendo em vista os resultados obtidos, pode-se inferir que a aplicação exógena de vitaminas apresenta uma opção no auxílio à melhoria das condições de estabelecimento, desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do feijoeiro. O estabelecimento de novas técnicas vem ao encontro das necessidades dos agricultores na tentativa de amenizar as perdas na produção, como observado entre as safras de 2014/15 e 2015/16, quando houve um decréscimo de 21,60% (DERAL 2016). Observa-se, no entanto, a necessidade de estudos futuros para outras espécies de interesse comercial ou mesmo para diferentes genótipos. Necessário também é o estudo acerca da determinação da forma de aplicação e as consequências desencadeadas sobre a qualidade da produção.

CONCLUSÃO

Nas condições em que o presente estudo foi desenvolvido, o pré-tratamento de sementes com niacina diminuiu o tempo de emergência das plântulas e estimulou o desenvolvimento dos trifólios de feijoeiro (cv. BRS Estilo). A aplicação da tiamina, por sua vez, aumentou o vigor das sementes, estimulou a emergência das plântulas e proporcionou incremento das características produtivas do feijoeiro.

REFERÊNCIAS

- ABDALLAH MMS et al. 2016. Comparison of yeast extract and Nicotinamide foliar applications effect on quinoa plants grown under sandy soil condition. *International Journal of PharmTech Research* 9: 24-32.
- AHN IP et al. 2005. Vitamin B1 functions as an activator of plant disease resistance. *Plant physiology* 138: 1505-1515.
- BARAKAT H. 2003. Interactive effects of salinity and certain vitamins on gene expression and cell division. *International Journal of Agriculture and Biology* 5: 219-225.
- BOUBAKRI H et al. 2012. Thiamine induced resistance to *Plasmopara viticola* in grapevine and elicited host-defense responses, including HR like-cell death. *Plant Physiology and Biochemistry* 57: 120-133.
- CARDOSO MRD et al. 2014. Classificação climática de KÖPPEN-GEIGER para o estado de Goiás e o Distrito Federal. *Acta Geográfica* 8: 40-55.
- CARMEIS FILHO ACA et al. 2014. Adubação nitrogenada no feijoeiro após palhada de milho e braquiária no plantio direto. *Revista Caatinga* 27: 66-75.
- DERAL. 2016. Departamento de Economia Rural. Feijão - Análise da conjuntura agropecuária. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. 13p.
- DONAGEMMA GK et al. 2011. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 230p.
- EASLON HM & BLOOM AJ. 2014. Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. *Applications in Plant Sciences* 2: 1-4.
- EL-BASSIOUNY HMS. 2005. Physiological responses of wheat to salinity alleviation by nicotinamide and tryptophan. *International Journal of Agriculture and Biology* 7: 653-659.
- EL-BASSIOUNY HSM et al. 2014. Physiological role of humic acid and nicotinamide on improving plant growth, yield, and mineral nutrient of wheat (*Triticum durum*) grown under newly reclaimed sandy soil. *Agricultural Sciences* 5: 687-700.
- FAO. 2017. FAOSTAT: Agricultural Statistics Database 2017. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- FERREIRA DF. 2014. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia* 38: 109-112.
- GOYER A. 2010. Thiamine in plants: aspects of its metabolism and functions. *Phytochemistry* 71: 1615-1624.
- HASSANEIN RA et al. 2009. Physiological effects of nicotinamide and ascorbic acid on *Zea mays* plant grown under salinity stress. I - Changes in growth, some relevant metabolic activities and oxidative defense systems. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 5: 72-81.

- JESUS AA de et al. 2016. Análise econômica da produção do milho doce cultivado com aplicação de bioestimulante via semente. *Revista de la Facultad de Agronomía* 115: 119-127.
- KAYA C et al. 2015. Exogenous application of thiamin promotes growth and antioxidative defense system at initial phases of development in salt-stressed plants of two maize cultivars differing in salinity tolerance. *Acta Physiologiae Plantarum* 37: 1741.
- LABOURIAU LG. 1983. A germinação de sementes. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos. 174p.
- MAGUIRE JD. 1962. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedlings emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177.
- NASCENTE AS et al. 2014. Adubação fosfatada no sulco e foliar afetando a produtividade de grãos do feijoeiro comum. *Semina: Ciências Agrárias* 35: 1231-1240.
- PEREIRA LB et al. 2015. Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 45: 29-38.
- SABUNDJIAN MT et al. 2014. Doses de nitrogênio no feijão de inverno em sucessão à gramíneas com e sem inoculação de *Azospirillum brasilense*: análise econômica. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas* 8: 139-145.
- SANTOS HG et al. 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 353p.
- SILVA FC. 2009. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 627p.
- TAIZ L et al. 2017. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre, RS: Artmed. 888p.
- VENDRUSCOLO EP et al. 2017. Aplicação de niacina ou tiamina promovem incremento no desenvolvimento de mostarda. *Cultura Agronômica* 26: 433-442.
- ZUCARELI C et al. 2006. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes* 28: 9-15.