

APLICAÇÃO FOLIAR DE EXTRATO DE ALGA, ÁCIDO L-GLUTÂMICO E CÁLCIO EM FEIJOEIRO

FOLIAR SPRAYING OF KELP EXTRACT, L-GLUTAMIC ACID AND CALCIUM ON COMMON BEANS

Átila Francisco MÓGOR¹
Elizabeth Orika ONO²
João Domingos RODRIGUES²
Gilda MÓGOR³

RESUMO

No presente trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação foliar do extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, do ácido L-glutâmico e do Ca²⁺, no crescimento e produção de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). O experimento foi conduzido em casa de vegetação com os seguintes tratamentos: testemunha; aplicações foliares de soluções contendo 60 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico; contendo 60 g L⁻¹ de extrato de alga; contendo 100 g L⁻¹ de Ca²⁺ na forma de CaCl₂; contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 30 g L⁻¹ extrato de alga; contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 100 g L⁻¹ de Ca²⁺; contendo 30 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca²⁺; contendo 15 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico associado a 15 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca²⁺, aos 12, 28 e 42 dias após a emergência das plantas. Para a aplicação foliar, cada solução foi diluída em água na concentração de 3 ml L⁻¹. Ao longo do ciclo foram avaliadas variáveis biométricas e ao final quantificou-se a produção de grãos por planta. Identificou-se o efeito dos tratamentos no crescimento inicial, ao longo do ciclo das plantas e na produção de grãos, caracterizando o efeito bioestimulante da solução contendo 30 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca²⁺, e da solução contendo 15 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico associado a 15 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca²⁺.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; bioestimulante; *Ascophyllum nodosum*; aminoácido; nutriente.

ABSTRACT

This work had as aim to evaluate the effects of foliar application of *Ascophyllum nodosum* extract, L-glutamic acid and Ca²⁺, alone or in mixed solutions, over growth and grain production of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The research was carried out in greenhouse with the following treatments: without application; solution with 60 g L⁻¹ L-glutamic acid; solution with 60 g L⁻¹ extract; solution of CaCl₂ with 100 g L⁻¹ de Ca²⁺; mixed solution with 30 g L⁻¹ L-glutamic acid, and 30 g L⁻¹ extract; mixed solution with 30 g L⁻¹ L-glutamic acid and 100 g L⁻¹ Ca²⁺ in CaCl₂ form; mixed solution with 30 g L⁻¹ extract and 100 g L⁻¹ Ca²⁺; mixed solution with 15 g L⁻¹ L-glutamic acid, and 15 g L⁻¹ extract, and 100 g L⁻¹ Ca²⁺. The solutions were diluted in water at 3 ml L⁻¹ concentration, and have been sprayed over the plants, on 12, 28 and 42 days after the emergence. Biometrical parameters were evaluated during plants growth, and at the end, the grain production was quantified. Data analysis has shown the effect of solutions in plants growth and grain production, characterizing the biostimulant effect of the mixed solution with 30 g L⁻¹ extract and 100 g L⁻¹ Ca²⁺, and the mixed solution with 15 g L⁻¹ L-glutamic acid, and 15 g L⁻¹ extract, and 100 g L⁻¹ Ca²⁺.

Key-words: *Phaseolus vulgaris*; biostimulant; *Ascophyllum nodosum*; amino-acid; nutrient.

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Professor do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da UFPR, Rua dos Funcionários, 1540, 80035-050, Curitiba – PR, E-mail: atila.mogor@ufpr.br Autor para correspondência.

²Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas, Pós-Doutora em Fisiologia Vegetal, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq – Nível 2, Professora do Departamento de Botânica do IB-UNESP, Rubião Júnior, 1861 8000 CP 510, Botucatu – SP, E-mail: eoono@ibb.unesp.br

³Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq – Nível 1B, Professor Titular do Departamento de Botânica do IB-UNESP. E-mail: mingo@ibb.unesp.br

³Bióloga, Doutora em Ciências Biológicas, Professora Convidada, Curso de Especialização em Biotecnologia Industrial, Universidade Positivo, Rua Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300, 81280-330, Curitiba – PR, E-mail: gildamogor@uol.com.br

INTRODUÇÃO

Nos países em desenvolvimento, as leguminosas de grãos ocupam um importante papel na alimentação da população em geral. No Brasil, destaca-se o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com a maior produção mundial (AGRANUAL, 2004), porém com produtividade média de 780 kg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2006), muito abaixo das obtidas em áreas com adoção de alta tecnologia, com valores de até 3.500 kg ha⁻¹ (CARVALHO et al., 2006), mas que infelizmente não refletem a realidade nacional. Diante disso, a introdução de tecnologias que promovam o aumento da produtividade, com foco na sustentabilidade dos sistemas agrícolas e coerentes com as questões ambientais torna-se estratégico.

Nesse sentido, a utilização na agricultura de produtos que exibam ação bioestimulante, ou seja, produtos que pela sua composição, concentração e proporção de componentes podem incrementar o desenvolvimento vegetal e a produtividade (CASTRO, 2006), tem sido objeto de estudos de diversos autores (ZHANG et al., 1999; ZHANG et al., 2002; PAYAN e STALL, 2004).

De acordo com VIEIRA (2001) a mistura de dois ou mais reguladores vegetais ou de reguladores vegetais com outras substâncias de natureza bioquímica como aminoácidos, vitaminas e nutrientes são designados como bioestimulantes. Além disso, produtos de origem natural obtidos a partir do extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, também tem sido utilizados como bioestimulantes em diversas culturas (BROWN, 2004), sendo que, na Comunidade Européia é freqüente o uso de produtos comerciais à base de extrato de alga para aplicações foliares ou no solo, inclusive na agricultura orgânica (MASNY et al., 2004).

SANDERSON et al. (1987); REIBER e NUEMAN (1999); ZHANG e SCHMIDT (2000) descreveram o extrato de alga como sendo uma fonte natural de citocininas, classe de hormônios vegetais que promovem a divisão celular e retardam a senescência (MUSGRAVE, 1994).

No Brasil, o uso do extrato de alga na agricultura é regulamentado pelo Decreto nº 4.954 (BRASIL, 2004) enquadrado como agente complexante em formulações de fertilizantes para aplicação foliar e fertirrigação. Nessa categoria, enquadra-se também o ácido L-glutâmico, aminoácido que pode ser produzido pela fermentação do melão da cana pela bactéria *Corynebacterium glutamicum* (DREYER et al., 2000).

RHODES e HANDA (1989) verificaram que o ácido glutâmico endógeno, convertido a glutamato é o principal precursor de diversos processos metabólicos nas plantas. A absorção e metabolização de ácido L-glutâmico (Glu) aplicado às folhas foi observado por BEALE et al. (1975), ao examinarem a distribuição dos carbonos do ácido aminolevulínico (ALA) em folhas de espinafre, após a aplicação de Glu com radioisótopo C¹⁴.

Além do seu papel estrutural na interconexão dos componentes da parede celular (BRETT e WALDRON, 1996), o nutriente cálcio (Ca²⁺) participa de processos fisiológicos que ocorrem no citoplasma, atuando como agente protetor do metabolismo, ativador de processos bioquímicos e transdutor de sinais celulares em resposta a estímulos ambientais e ação de hormônios vegetais (PLIETH, 2005), sendo que o aumento na concentração do cálcio livre no citoplasma pode ser dependente da disponibilidade do nutriente no apoplasto (WHITE, 2001; MOORE et al., 2002).

Assim, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação foliar do extrato de alga *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, do ácido L-glutâmico e de Ca²⁺, isolados ou em associações, sobre o crescimento e produção de plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Botânica, do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (UNESP), em Botucatu – SP. As temperaturas média, máxima e mínima observadas durante o experimento foram de 21, 18 e 30 °C, respectivamente, enquanto a umidade relativa do ar variou de 65 a 90%.

Foram utilizadas plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) da cultivar Pérola, desenvolvida pela EMBRAPA/CNPAF-GO, que apresenta hábito de crescimento indeterminado, entre tipos II e III, porte semi-ereto, início de floração sob condições normais de cultivo aos 45 dias e ciclo de 90 dias. Esta cultivar pertence ao grupo 'Carioca', atualmente o mais cultivado no Brasil (MELO et al., 2006).

A semeadura foi realizada em abril de 2006 em vasos de 10 kg. Para o preenchimento dos vasos coletou-se o horizonte B de um solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa (BERTALOT, 2002), cuja análise química identificou os seguintes valores: pH (CaCl₂) = 5,9; M.O. = 14 g dm⁻³; P (resina) = 20 mg dm⁻³; K = 1,6 mmol_c dm⁻³; Ca = 20 mmol_c dm⁻³; Mg = 10 mmol_c dm⁻³; H+Al = 16 mmol_c dm⁻³; CTC = 50 mmol_c dm⁻³; V = 63%; procedendo-se a adubação de acordo com AMBROSANO et al. (1996). A capacidade de retenção de água do solo foi determinada e a lâmina de irrigação foi calculada de forma a elevar-se a umidade à capacidade de campo na profundidade de 0,2 m, definindo o turno de rega em 3 dias.

Para avaliar o efeito do extrato da alga *A. nodosum* (EA), do ácido L-glutâmico (Glu) e do Ca²⁺, isolados ou em associações, definiram-se oito tratamentos: 1) testemunha (sem aplicação); 2) solução contendo 60 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico (6G); 3) solução contendo 60 g L⁻¹ de extrato de alga (6EA); 4) solução de CaCl₂ contendo 100 g L⁻¹ de Ca²⁺ (CA); 5) solução contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 30 g L⁻¹ extrato de alga (3GEA); 6) solução contendo

30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂ (3GCA); 7) solução contendo 30 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂ (3ECA); 8) solução contendo 15 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico associado a 15 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂ (GECA). Para a aplicação nas plantas, cada solução foi diluída em água destilada e deionizada na concentração de 3 ml L⁻¹. As soluções foram aplicadas via foliar utilizando equipamento pressurizado com CO₂ e pressão constante (3,16 kgf cm⁻²) aos 12, 28 e 42 dias após a emergência (DAE), correspondendo respectivamente aos estádios fenológicos V3, V4 e R5.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições, sendo cada repetição composta por quatro vasos com quatro plantas cada. Procederam-se cinco coletas de plantas durante o ciclo cultural, aos 19, 35, 49, 60 e 72 DAE, correspondendo respectivamente aos estádios fenológicos V3, V4, R5, R7 e R8, sendo que nas duas primeiras coletas foi retirada uma planta por vaso e nas subseqüentes foi retirado um vaso com duas plantas. Foram avaliados o número de folhas, massa fresca das folhas e caules das plantas, o número de flores e vagens na fase reprodutiva, bem como, a avaliação de produção no final do ciclo, aos 89 DAE. Em cada coleta foram

determinadas a área foliar através de integralizador de área LI-COR modelo LI 3100, expressa em dm².

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PAYAN e STALL (2004), utilizando produtos para aplicação foliar a base de aminoácidos e extrato de alga (EA), verificaram o incremento do crescimento inicial de gramíneas. Outros autores (ZHANG e SCHMIDT, 2000; ARTHUR et al., 2003; MASNY et al., 2004) também relataram o efeito de produtos foliares contendo EA no crescimento e produção de inúmeras espécies cultivadas.

No presente trabalho, as plantas tratadas com solução contendo 15 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico associado a 15 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂ (GECA) apresentaram a maior área foliar aos 19 dias após a emergência (DAE), com 482 dm² (Tabela 1). No mesmo sentido, verifica-se aos 35 DAE que nos tratamentos contendo EA as plantas apresentaram as maiores áreas foliares, bem como os maiores acúmulos de massa fresca nas folhas e caules (Tabela 2).

TABELA 1 – Número de folhas (NF), área foliar expressa em dm²(AF), massa fresca das folhas (MFF) e dos caules (MFC) expressas em gramas, por planta de feijão aos 19 dias após a emergência (DAE), submetidas aos tratamentos: Test (sem aplicação); 6G (solução contendo 60 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico); 6EA (solução contendo 60 g L⁻¹ de extrato de alga), CA (solução de CaCl₂ contendo 100 g L⁻¹ de Ca⁺²); 3GEA (solução contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 30 g L⁻¹ extrato de alga), 3GCA (solução contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂); 3ECA (solução contendo 30 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂); GECA (solução contendo 15 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico associado a 15 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 mg L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂).

	Test	6G	6EA	CA	3GEA	3GCA	3ECA	GECA	C.V. (%)
NF	4,0 a	4,0 a	4,5 a	4,5 a	4,3 a	4,6 a	4,5 a	4,1 a	13,13
AF	254 b	274 b	302 b	250 b	277 b	303 b	325 ab	482 a	14,44
MFF	82,3 a	82,2 a	91,8 a	77,1 a	91,1 a	94,5 a	97,0 a	94,8 a	24,60
MFC	4,7 a	3,6 a	4,4 a	3,6 a	4,0 a	4,2 a	4,4 a	3,5 a	23,29

Médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 49 DAE, o efeito dos tratamentos na expansão foliar das plantas não ficou tão evidenciado, entretanto a testemunha apresentou área foliar de 848 dm² enquanto as plantas tratadas com solução contendo 60 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico (6G) apresentaram 1569 dm², respectivamente a menor e a maior área foliar entre os tratamentos (Tabela 3).

De acordo com DOURADO NETO e FANCELLI (2000) a alteração na distribuição de fotoassimilados está relacionada com a fase

fenológica das plantas, e pode variar de acordo com o hábito de crescimento do feijoeiro, que na cv Pérola é indeterminado, e está entre tipo II e III, com o início da floração por volta dos 45 dias, equivalente a fase fenológica R5 (TISSOT et al., 2005), na qual se encontravam as plantas aos 49 DAE. Nesse estágio (Tabela 3), a maior massa fresca dos caules em alguns tratamentos (6 EA, 3GCA, 3ECA, GECA) pode indicar a alteração na partição dos fotoassimilados como consequência do efeito das soluções aplicadas às folhas.

TABELA 2 – Número de folhas (NF), área foliar expressa em dm²(AF), massa fresca das folhas (MFF) e dos caules (MFC) expressas em gramas, por planta de feijão aos 35 DAE, submetidas aos tratamentos: Test (sem aplicação); 6G (solução contendo 60 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico); 6EA (solução contendo 60 g L⁻¹ de extrato de alga), CA (solução de CaCl₂ contendo 100 g L⁻¹ de Ca⁺²); 3GEA (solução contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 30 g L⁻¹ extrato de alga), 3GCA (solução contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂); 3ECA (solução contendo 30 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂); GECA (solução contendo 15 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico associado a 15 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 mg L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂).

	Test.	6G	6EA	CA	3GEA	3GCA	3ECA	GECA	C.V. (%)
NF	6,8 ab	6,8 ab	9,0 a	6,3 b	7,3 ab	7,3 ab	8,1 ab	7,8 ab	17,14
AF	554,0 d	769,0 bc	942,3 ab	607,5 cd	990,7 a	583,3 cd	1080,0 a	1037,0 a	12,21
MFF	143,1 d	178,0 cd	258,0 a	199,3 bc	238,1 ab	185,2 cd	239,1 ab	273,0 a	10,72
MFC	8,6 e	10,9 de	14,7 bcd	11,7 cde	18,2 ab	10,9 cde	15,0 bc	22,0 a	14,42

Médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

TABELA 3 – Número de folhas (NF), área foliar expressa em dm²(AF), massa fresca das folhas (MFF) e caules (MFC) expressas em gramas, número de flores (NFL) por planta de feijão aos 49 DAE, submetidas aos tratamentos: Test (sem aplicação); 6G (solução contendo 60 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico); 6EA (solução contendo 60 g L⁻¹ de extrato de alga), CA (solução de CaCl₂ contendo 100 g L⁻¹ de Ca⁺²); 3GEA (solução contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 30 g L⁻¹ extrato de alga), 3GCA (solução contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂); 3ECA (solução contendo 30 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂); GECA (solução contendo 15 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico associado a 15 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 mg L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂).

	Test.	6G	6EA	CA	3GEA	3GCA	3ECA	GECA	C.V. (%)
NF	9,4 bc	12,7 ab	13,1 a	11,6 abc	8,6 c	10,8 abc	12,3 ab	11,67 abc	11,35
AF	848 b	1569 a	1187 ab	1187 ab	1190 ab	1272 ab	1489 a	1346 ab	16,56
MFF	123,2 d	224,7 bcd	304,8 abc	202,4 cd	340,9 ab	318,1 abc	365,2 a	370,2 a	15,59
MFC	10,2 d	19,2 bc	21,7 abc	16,9 cd	17,0 cd	23,1 abc	25,5 ab	28,9 a	13,04
NFL	8,6 a	9,2 a	11,2 a	7,9 a	11,1 a	9,9 a	7,8 a	9,0 a	13,51

Médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Esse efeito se justifica, levando em conta que o EA é uma fonte de citocininas (REIBER e NUEMAN, 1999; ZHANG e SCHMIDT, 2000), classe de hormônios vegetais que entre suas propriedades promove a divisão celular, com efeito sobre a expansão foliar e partição de assimilados das plantas (MUSGRAVE, 1994).

ARTECA (1995) verificou que as substâncias reguladoras do crescimento vegetal podem atuar isoladamente ou em combinação na promoção do desenvolvimento das plantas, e CASILLAS et al. (1986), verificaram que reguladores vegetais associados a aminoácidos e nutrientes são mais eficientes quando aplicados em baixas concentrações. Essas observações podem justificar o efeito dos tratamentos 3ECA e GECA aos 60 DAE, com as plantas apresentando maior área foliar e maior número de vagens nesse período, superior aos tratamentos 6G (60 g L⁻¹ de ác. L-glutâmico) e 6

EA, com concentrações quatro vezes superiores de Glu e EA, porém aplicados isoladamente (Tabela 4).

Ao se comparar o número de flores das plantas, verifica-se que este decresceu entre 49 e 60 DAE nos tratamentos 3ECA e GECA (Tabelas 3 e 4), que por outro lado, apresentaram o maior número de vagens aos 60 DAE, indicando o efeito dessas soluções em alterar o desenvolvimento fenológico das plantas, tendo em vista que ocorreu o inverso com a testemunha e o tratamento com solução contendo 60 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico (6G), que apresentaram número de flores superior e de vagens inferior aos 60 DAE (tabela 4).

Aos 72 DAE (Tabela 5), de maneira geral, verifica-se a ligeira redução do número de folhas das plantas em relação a avaliação anterior (Tabela 4), como consequência do início da senescência das folhas mais velhas, em função do início da fase de maturação (TISSOT et al., 2005).

TABELA 4 – Número de folhas (NF), área foliar expressa em dm² (AF), massa fresca das folhas (MFF) e caules (MFC) expressas em gramas, número de flores (NFL) e de vagens (NVA) por planta de feijão aos 60 DAE, submetidas aos tratamentos: Test (sem aplicação); 6G (solução contendo 60 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico); 6EA (solução contendo 60 g L⁻¹ de extrato de alga), CA (solução de CaCl₂ contendo 100 g L⁻¹ de Ca⁺²); 3GEA (solução contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 30 g L⁻¹ extrato de alga), 3GCA (solução contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂); 3ECA (solução contendo 30 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂); GECA (solução contendo 15 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico associado a 15 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 mg L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂).

	Test.	6G	6EA	CA	3GEA	3GCA	3ECA	GECA	C.V. (%)
NF	9,2 b	12,9 a	13,5 a	11,8 ab	9,0 b	11,0 ab	12,7 a	12,1 ab	10,66
AF	2075 c	2019 c	1794 c	2050 c	2354 bc	2293 bc	3337 ab	3478 a	16,05
MFF	193,4 b	268,7 ab	254,1 ab	201,4 b	339,3 a	318,2 a	303,1 a	313,2 a	12,27
MFC	22,7 ab	16,8 bc	17,0 bc	12,9 c	23,9 a	16,0 c	26,0 a	25,0 a	11,30
NFL	10,4 a	11,9 a	6,9 b	6,9 b	3,9 c	3,8 c	4,9 bc	6,4 b	12,05
NVA	15,4 c	12,8 c	12,7 c	13,1 c	15,1 c	17,0 bc	24,1 ab	27,6 a	16,15

Médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

TABELA 5 – Número de folhas (NF), área foliar expressa em dm² (AF), massa fresca das folhas (MFF), caules (MFC) e das vagens (MFV) expressas em gramas e número de vagens (NVA) por planta de feijão aos 72 DAE, submetidas aos tratamentos: Test (sem aplicação); 6G (solução contendo 60 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico); 6EA (solução contendo 60 g L⁻¹ de extrato de alga), CA (solução de CaCl₂ contendo 100 g L⁻¹ de Ca⁺²); 3GEA (solução contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 30 g L⁻¹ extrato de alga), 3GCA (solução contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂); 3ECA (solução contendo 30 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂); GECA (solução contendo 15 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico associado a 15 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 mg L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂).

	Test.	6G	6EA	CA	3GEA	3GCA	3ECA	GECA	C.V. (%)
NF	8,1 c	11,8 ab	12,7 a	10,8 abc	8,9 bc	10,5 abc	11,8 ab	11,6 ab	11,73
AF	2042 c	1956 c	1712 c	2312 abc	2270 abc	2158 bc	3102 ab	3276 a	15,49
MFF	326,6 a	277,3 ab	262,4 ab	214,0 b	347,9 a	225,9 b	318,6 a	323,3 a	10,71
MFC	23,5 abc	17,6 bcd	17,3 cd	13,6 d	24,0 ab	17,0 d	25,6 a	25,8 a	11,11
MFV	17,2 d	31,5 bc	29,8 bc	25,6 cd	38,6 ab	37,8 ab	38,3 ab	48,3 a	11,17
NVA	14,6 c	17,8 bc	15,2 c	15,7 c	18,4 bc	18,7 bc	24,1 ab	25,7 a	12,97

Médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Nesse período, com exceção do CA (solução de CaCl₂ contendo 100 g L⁻¹ de Ca⁺²) os demais tratamentos apresentaram massa fresca das vagens (MFV) superior a da testemunha, enquanto que, o maior número de vagens foi encontrado no 3ECA e no GECA (Tabela 5), como já observado aos 60 DAE (Tabela 4).

Na colheita (89 DAE), o número de grãos nas vagens não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 6), ficando entre 4,3 e

5,3, próximo ao encontrado por STONE e MOREIRA (2000) e OLIVEIRA et al. (2002), em cultivares do grupo carioca. Quanto ao número de vagens das plantas, verificou-se a redução em relação a avaliação anterior, apesar disso, todos os tratamentos apresentaram médias tendendo a serem superiores à da testemunha, entretanto, apenas o 3ECA e o GECA apresentaram diferença significativa (Tabela 6), com 20 e 18 vagens por planta, respectivamente.

TABELA 6 – Número de vagens (NVA), grãos por vagem (NGV) e número de grãos produzidos (NGP) por planta de feijão ao final do ciclo (89 DAE), submetidas aos tratamentos: Test (sem aplicação); 6G (solução contendo 60 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico); 6EA (solução contendo 60 g L⁻¹ de extrato de alga), CA (solução de CaCl₂ contendo 100 g L⁻¹ de Ca⁺²); 3GEA (solução contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 30 g L⁻¹ extrato de alga), 3GCA (solução contendo 30 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂); 3ECA (solução contendo 30 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂); GECA (solução contendo 15 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico associado a 15 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 mg L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂).

	Test.	6G	6EA	CA	3GEA	3GCA	3ECA	GECA	C.V. (%)
NVA	12,6 c	14,0 bc	15,3 abc	14,6 bc	16,6 abc	16,6 abc	20,0 a	18,0 ab	11,02
NGV	4,3 a	4,3 a	4,6 a	4,3 a	4,6 a	5,0 a	5,3 a	5,0 a	13,01
NGP	43,0 c	73,3 ab	76,6 ab	56,0 bc	80,0 ab	68,6 bc	94,6 a	93,0 a	14,53

Médias seguidas da mesma letra nas linhas, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A produção total de grãos das plantas expressa o efeito das soluções aplicadas às folhas, pois com exceção do CA e 3GCA, os demais tratamentos apresentaram número de grãos significativamente superior ao da testemunha, com as maiores médias encontradas no 3ECA e GECA (Tabela 6).

2) A solução contendo 30 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂, e a solução contendo 15 g L⁻¹ de ácido L-glutâmico associado a 15 g L⁻¹ de extrato de alga e 100 g L⁻¹ de Ca⁺² na forma de CaCl₂, apresentaram efeito bioestimulante e promoveram a maior produção de grãos de feijão.

CONCLUSÕES

1) As soluções contendo extrato de alga e ácido L-glutâmico promoveram o maior crescimento inicial das plantas de feijão.

AGRADECIMENTO

À Microquímica Ind. Quim. Ltda. por fornecer os produtos para essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. AGRICULTURAL ANNUAL 2004: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, Consultoria e AgrolInformativos, 2004. p. 352-358.
2. AMBROSANO, J. E.; WUTKE, E. B.; BULINASI, E. A.; CANTARELLA, H. Leguminosas e Oleaginosas: Feijão. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996, p. 194-195. (IAC. Boletim técnico, 100).
3. ARTECA, R. N. **Plant growth substances**: principles and applications. New York: Chapman & Hall, 1995. 332 p.
4. ARTHUR, G. D.; STIRK, W. A.; VANSTADEN, J. Effect of a seaweed concentrate on the growth and yield of three varieties of *Capsicum annuum*. **South African Journal of Botany**, v. 69, n. 1, p. 207-211, 2003.
5. BEALE, S.; GOUGH, S. P.; GRANICK, S. Biosynthesis of delta-aminolevulinic acid from the intact carbon skeleton of glutamic acid in Greening Barley. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 72, n. 7, p. 2719-2723, 1975.
6. BERTALOT, M. J. A.; MENDOZA, E.; GUERRINI, I. A. Growth parameters and nutrient content in four multipurpose tree species with potential characteristics for agroforestry systems in a cerrado region in Botucatu, São Paulo State, Brazil. **Journal of sustainable forestry**, v. 15, n. 2, p. 87-105, 2002.
7. BRASIL. Decreto nº. 4.954, de 14 de Janeiro de 2004. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 de jan. 2004. Seção 1, p. 2. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do>; Acesso em: 15/02/2006.
8. BRETT, C.; WALDRON, K. **Physiology and biochemistry of plant cell walls**. London: Chapman & Hall, 1996. 255 p.
9. BROWN, M. A. **The use of marine derived products and soybean meal in organic vegetable production**. 94 p. Thesis (Master in Science) – Department of Horticultural Science, North Carolina State University, Raleigh, 2004.
10. CARVALHO, G. J.; CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S.; MARTINS, M. V. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, 2006.
11. CASILLAS, V. J. C.; LONDOÑO, I. J.; GUERRERO, A. H.; BUITRAGO, G. L. Análisis cuantitativo de la aplicación de cuatro bioestimulantes en el cultivo del rábano (*Raphanus sativus* L.). **Acta Agronomica**, v. 36, n. 2, p. 185-195, 1986.
12. CASTRO, P. R. C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. Piracicaba: ESALQ, n. 32, 2006. 46 p. (Série Produtor Rural)
13. DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A. L. **Produção de feijão**. Guaíba: Agropecuária, 2000.

14. DREYER, A.; COELLO, N.; MONDIEL, E. Utilización de la metodología de superficie de respuesta de la optimización de un medio de cultivo para la producción de L-lisina por *Corynebacterium glutamicum*. **Agronomía Tropical**, v. 50, n. 2, p. 167-88, 2000.
15. FAO STATISTICAL DATABASE – FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of United Nations – FAO**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 10/03/2006.
16. MASNY, A.; BASAK, A.; ZURAWICZ, E. Effects of foliar application of KELPAK SL and GOEMAR BM 86 preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 12, p. 23-27, 2004.
17. MELO, C. L. P.; CARNEIRO, J. E. S.; CARNEIRO, P. C. S.; CRUZ, C. D.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Linhagens de feijão do cruzamento “Ouro Negro” X “Pérola” com características agrônômicas favoráveis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 11, p. 1593- 1598, 2006.
18. MOORE, C. A.; BOWEN, H. C.; SCRASE-FIELD, S.; KNIGHT, M. R.; WHITE, P. J. The deposition of suberin lamellae determines the magnitude of cytosolic Ca²⁺ elevations in root endodermal cells subjected to cooling. **Plant Journal**, v. 30, p. 457-466, 2002.
19. MUSGRAVE, M. E. Cytokinins and oxidative processes. In: MOK, D. W. S, MOK, M. C. (Ed.) **Cytokinins, chemistry, activity and function**. Boca Raton: CRC Press, 1994, p. 167-178.
20. OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002.
21. PAYAN, J. P. M.; STALL, W. Effects of aminolevulinic acid and acetyl thioproline on weed free and weed infested St. Augustine Turfgrass. **Proceedings Florida State Horticultural Society**, v. 117, p. 282-285, 2004.
22. PLIETH, C. Calcium: Just another Regulator in The Machinery of Life? **Annals of Botany**, v. 96, p. 1-8, 2005.
23. REIBER, J. M.; NUEMAN, D. S. Hybrid weakness in *Phaseolus vulgaris* disruption of development and hormonal allocation. **Plant Growth Regulators**, v. 24, p. 101-106, 1999.
24. RHODES, D.; HANDA, S. Amino acid metabolism in relation to osmotic adjustment. In: Cherry, J. H. (Ed.). **Environmental Stress in Plants. Biochemical and Physiological Mechanisms. Ecological Sciences**, v. 19, p. 41-62, 1989.
25. SANDERSON, K. J.; JAMESON P. E.; ZABKIEWICZ, J. A. Auxin in a seaweed extract: identification and quantification of Indol-3-acetic acid by gas chromatography-mass spectrometry . **Journal of Plant Physiology**, v. 129, p. 363-367, 1987.
26. STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 835-841, 2000.
27. TISSOT, D. A.; MAIA A. H. N.; NETO, D. D.; MANFRON, P. A.; FANCELLI, A. L.; FAVARIN, J. L.; LOPES, S. J.; MEDEIROS, S. L. P. Modelos referentes a variação temporal dos componentes de produtividade da cultura do feijão caracterizado por graus-dia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 13, n.1, p. 81-89, 2005.
28. VIEIRA, E. L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja, feijoeiro e arroz**. 122 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2001.
29. WHITE, P. J. The pathways of calcium movement to the xylem. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, p. 891-899, 2001.
30. ZHANG, X.; ERVIN, E. H.; SCHMIDT, R. E. Physiological effect of liquid applications of a seaweed extract and humic acid on creeping bentgrass. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v. 128, p. 492-496, 1999.
31. ZHANG, X.; SCHMIDT, R. E. Hormone containing products impact on antioxidant status of tall fescue and creeping bentgrass subjected to drought. **Crop Science**, v. 40, p. 1344-1349, 2000.
32. ZHANG, X.; SCHMIDT, R. E.; ERVIN, E. H.; DOAK, S. Creeping bentgrass physiological responses to natural plant growth regulators and iron under two regimes. **HortScience**, v. 37, p. 898-902, 2002.

Recebido em 02/03/2008
Aceito em 13/06/2008

