

Influência do ácido giberélico sobre a arquitetura de plantas de feijão no início de desenvolvimento

Clovis Arruda Souza^{1*}, Cileide Maria Medeiros Coelho¹, Altamir Frederico Guidolin¹, Marcio José Engelsing² e Luiz Carlos Bordin²

¹Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, 88520-000, Lages, Santa Catarina, Brasil. ²Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Santa Catarina, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: souza_clovis@cav.udesc.br

RESUMO. A baixa altura de inserção de vagem em feijão é pela baixa estatura dos entrenós basais da planta, que acarreta em problemas de manejo das plantas, qualidade de grãos e ineficiência na colheita com automotriz. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar o efeito de giberelina exógena para incrementar estatura dos entrenós basais das plantas. O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação e a campo, com dois genótipos de feijão. Em ambas as condições realizaram-se os seguintes tratamentos: sementes tratadas com solução de ácido giberélico (GA₃) 10 μM; pulverização sobre as plântulas (gancho, folhas primárias, primeiro e segundo trifólios) com o GA₃; e água destilada (controle). As plantas foram colhidas e avaliadas no estágio de desenvolvimento V4. O ácido giberélico promoveu incremento da estatura em até 9 cm (hipocótilo+epicótilo) na condição de campo, mas com redução do diâmetro da haste e de área foliar. O genótipo BAF#55 foi mais responsivo ao GA₃ do que o Iapar#81. No tratamento de sementes, a emergência foi de 34% no Iapar#81 e 71% no BAF#55. Estes resultados indicam que o GA₃ modificou a arquitetura da planta, cuja resposta foi dependente do genótipo, do ambiente e do estágio fisiológico de desenvolvimento das plantas.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*, giberelinas, alongamento da haste, hipocótilo, epicótilo.

ABSTRACT. Influence of gibberellic acid on the architecture of common bean plants at early growth development. The low height of pod insertion in beans is due to the low height of its basal internodes that lead to problems in plant management, low grain quality and inefficient commercial harvest. The objective of this work was to evaluate the effect of exogenous gibberellic acid (GA₃) to increase basal internodes of bean seedlings. The experiment was conducted in greenhouse and field growth conditions, using two common bean genotypes. In both, the seeds were treated with 10 μM GA₃; spraying on seedling shoot (hook, primary leaves, first and second trifoliate leaf) with 10 μM GA₃, and control using distilled water. The plants were harvested at V4 stage. GA₃ promoted significant increase of the hypocotyl and epicotyl (first internodes 9 cm) length, and decrease of their respective diameters, particularly with GA₃ seed treatment. The genotype BAF#55 was more responsive to GA₃ treatments than Carioca Iapar#81. Moreover, a reduction in leaf area was observed in all dimensions (length-to-width ratio). In the seed treatment, the emergence was 34% for IAPAR#81 against 71% for BAF#55, and around 90% for controls. It indicates that GA₃ modifies plant architecture, whose response depends on genotype, the environment and the physiological development stage of the plant.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, gibberellins, stem elongation, hypocotyl, epicotyl.

Introdução

As giberelinas apresentam papel essencial em muitos aspectos do desenvolvimento da planta, como germinação, alongamento dos entrenós e desenvolvimento de flores e frutos (SKENE, 1969; TAIZ; ZEIGER, 2004; VICHATO et al., 2007). O ácido giberélico (GA₃) é entre as giberelinas um dos mais usados para manipular o crescimento de plantas, por promover o crescimento do caule, estimular a expansão e divisão celular e acentuar a

expressão da dominância apical em plantas (TAIZ; ZEIGER, 2004; WEISS; ORI, 2007).

Em plantas cultivadas, a maioria dos estudos é dirigido a aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de colheita, ambos adequados ao crescimento da cultura. A aplicação exógena de giberelina sobre plantas pode ser uma estratégia para aumentar a altura de inserção dos legumes por promover aumento da estatura dos entrenós mais próximos ao solo (CIPOLLINI JR., 1997; LEITE et al., 2003; VICHATO et al., 2007). Tais características não são

facilmente inseridas, conjuntamente, na planta pelo processo de melhoramento (PESSARAKLI, 2002). A cultura do feijão, ao redor do mundo, apresenta baixos índices de colheita mecanizada, pela baixa estatura de plantas associada à baixa altura de inserção de vagens. Aumentar índice de colheita mecanizada é o principal desafio para a expansão da cultura do feijão e consequente inclusão desta cultura em escala comercial, com possibilidade de mecanização total das operações agrícolas (COSTA; PASQUALETTO, 1999). Outro fator, independente do hábito de crescimento (determinado ou indeterminado) (DAWO et al., 2007), é que os genótipos apresentam a característica comum, ter a estatura dos entrenós basais muito baixa, e não dispor de variabilidade genética como fonte para modificar esta característica por meio do melhoramento de plantas (PESSARAKLI, 2002). Pelo fato dos entrenós basais serem curtos associados à baixa inserção de vagens, ocorrem perdas qualitativa e quantitativa de grãos, como também limita a colheita com automotriz (TEIXEIRA et al., 1999).

A eficiência da aplicação de GA_3 pode depender do estágio de desenvolvimento, da dose, da idade ou condição biológica geral da planta (CIPOLLINI JR., 1997; GOLOVATSKAYA; KARNACHUK, 2007; YAMAGUCHI, 2008). O GA_3 não é muito solúvel em água, ácido sulfúrico ou éter, mas é solúvel em álcool, bicarbonato e acetato. A absorção pelas folhas poderá ser estimulada por temperatura inferior a $32^\circ C$, ausência de estresses biótico ou abiótico, e ausência de chuva por pelo menos 6h. Desta maneira, além das condições da planta e do ambiente, o solvente empregado e/ou sua concentração poderão interferir na absorção do GA_3 pela planta (HEDDEN; PHILLIPS, 2000).

As giberelinas são essenciais para o processo de germinação das sementes (SKENE, 1969; SWARNKAR et al., 2004). Em feijão, a sua aplicação em sementes ainda não foi descrita, apenas foi relatado que este regulador de crescimento foi essencial para que embriões imaturos destacados "in vitro" requererem giberelina para dar origem a plântulas (SKENE, 1969). Mas, existem evidências na literatura que apontam efeitos benéficos da giberelina na alteração da arquitetura das plantas (MORRIS; ARTHUR, 1985; CIPOLLINI JR., 1997; CIPOLLINI; SCHULTZ, 1999). Assim, a giberelina poderá ser empregada para incrementar a extensão dos entrenós basais das plantas de feijão e consequentemente a inserção das vagens, e possibilitar melhorias no desempenho das colhedoras automotrizas, nesta espécie, uma vez que o emprego comercial de giberelina ainda não é uma prática agrônômica corrente, seja via semente ou via

pulverização da parte aérea. Dentre as possíveis razões para este fato, cita-se que as tentativas de colheita mecanizada de feijão ainda procuram adaptar as máquinas ao atual biótipo de planta do feijão do que tornar o biótipo de planta apto à colheita com automotriz (COSTA; PASQUALETTO, 1999).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação exógena de giberelina em sementes e em plântulas de feijão, sobre a emergência, o alongamento dos entrenós basais e o tamanho de folhas, no início de desenvolvimento das plantas.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo e de casa-de-vegetação (temperatura mínima de $18 \pm 2^\circ C$ e máxima de $25 \pm 5^\circ C$, umidade relativa do ar entre 35 a 75%, o solo dos vasos foi mantido com umidade próxima a capacidade de campo por pesagem e irrigação a cada dois dias) na safra 2006/2007. O experimento foi realizado em Lages, Estado de Santa Catarina, nas coordenadas geográficas $27^\circ 52' 30'' S$, $50^\circ 18' 20'' O$ e 930 m de altitude. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é tipo Cfb, mesotérmico com verões brandos, sendo a temperatura média do mês mais quente inferior a $22^\circ C$ e de chuvas bem distribuídas (CARDOSO; SOCCOL, 2008).

Foram utilizados dois genótipos de feijão, um comercial (Iapar#81, do grupo carioca) e outro um genótipo crioulo (BAF#55, do grupo preto) obtidos do Banco Ativo de Germoplasma de Feijão (BAF), da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc, Lages). Crioulo é definido como sendo um genótipo adaptado localmente ou apenas domesticado, mas que ainda não sofreu processo de melhoramento genético (SANTALLA et al., 2004).

Os tratamentos foram realizados por embebição das sementes ou por pulverização da parte aérea das plantas. Sobre as sementes foram: a) controle: sementes que foram apenas embebidas em água destilada; b) sementes: as sementes que foram embebidas em $10 \mu M$ de GA_3 (preparado em água destilada) durante 8h. Na parte aérea foram: c) gancho: pulverização de GA_3 sobre a plântula no estágio V0 (hipocótilo como um gancho); d) folhas primárias: a pulverização de GA_3 sobre a plântula no estágio V1 (folhas primárias abertas); e) primeiro trifólio: pulverização de GA_3 sobre a plântula no estágio V2 (primeiro trifólio aberto); f) segundo trifólio: pulverização de GA_3 sobre a plântula com o segundo trifólio aberto. A notação dos estádios de desenvolvimentos foi baseada na escala fenológica do CIAT (1983).

A semeadura foi efetuada no sistema de semeadura convencional, usando uma aração seguida de duas gradagens para a condição de campo. O pH do solo foi corrigido para 6,0 com calcário dolomítico e a adubação foi efetuada na linha de semeadura com N-P₂O₅-K₂O equivalente a 18-63-36 kg ha⁻¹, respectivamente. A correção do pH e a adubação NPK foi baseada nas recomendações da Comissão de Química e Fertilidade do Solo para os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CQFS-RS/SC, 2004). Cada parcela (2 x 5 m) consistiu de quatro linhas com espaçamento de 50 cm entre as linhas. O espaçamento entre parcelas foi de 80 cm, com 2 m entre as repetições, a distância média entre plantas, na linha, foi de 10 cm. Após a emergência das plantas (15 dias após a semeadura), o estande de plantas foi ajustado para 200 mil plantas por hectare (10-12 plantas por metro linear).

Na casa-de-vegetação, as plantas foram crescidas em vasos com capacidade de 6 L de solo. O solo, a correção do pH e a adubação foram as mesmas da área experimental. Aos 15 dias após a semeadura foi efetuado o desbaste das plantas, mantendo apenas duas plantas uniformes, de cada genótipo, por vaso.

O percentual de emergência, a campo e em casa-de-vegetação, foi avaliado aos dez dias após a semeadura. O experimento foi encerrado aos 30 dias após a emergência, quando as plantas estavam no estágio V4. Após a colheita foram realizadas as seguintes análises: comprimento e diâmetro do hipocótilo e epicótilo, comprimento e largura das folhas primárias e a respectiva área foliar.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco repetições. A parcela dividida principal foram os tratamentos com GA₃ e as subparcelas os genótipos e os ambientes. A análise de variância (ANOVA) e as interações foram feitas considerando o genótipo, tratamento, ambiente e as interações: genótipo x tratamento, genótipo x ambiente, genótipo x tratamento x ambiente. Em caso significativo, os respectivos graus de liberdade foram desdobrados. Os efeitos de tratamentos foram considerados por meio do teste Tukey (5%).

Resultados e discussão

A principal diferença foi encontrada na interação genótipo x tratamento de sementes para a maioria das variáveis avaliadas. A emergência de plântulas com tratamento de sementes com GA₃ por 8h foi menor do que no controle, para ambos os genótipos. Em casa-de-vegetação a emergência foi de 71,4% para BAF#55 e 34,5% para Iapar#81. Em condições de campo, os resultados foram similares, sendo 73%

para BAF#55 e 34,6% para Iapar#81. Entretanto, a emergência média para ambos os genótipos, no tratamento-controle foi maior, aproximadamente 90%, independentemente do genótipo e do ambiente de cultivo (Figura 1).

A diminuição da emergência em virtude do tratamento com GA₃ está de acordo com o já observado com a soja, uma vez que o tratamento de sementes, por embebição, com GA₃ por mais de 6h reduziu a emergência em aproximadamente 30% (LEITE et al., 2003). Mas, outros trabalhos descrevem que a embebição por períodos menores que 6h promoveram incrementos percentuais na emergência de plântulas (MASKE et al., 1997; SWARNKAR et al., 2004). Entretanto, em feijão, até este momento, não foi encontrado relato da aplicação de GA₃ sobre sementes. Apenas há uma descrição de que GA₃ é essencial para o embrião imaturo (com 15-18 dias após a antese) quando destacado do resto da semente, só desenvolveu uma plântula após a aplicação exógena de GA₃ (SKENE, 1969).

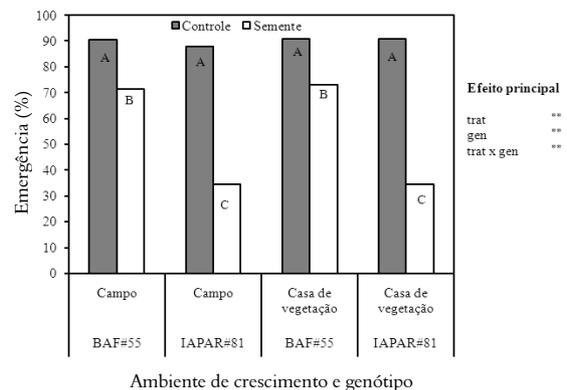


Figura 1. Emergência de plantas de feijão dos genótipos BAF#55 e Iapar#81 submetidas aos tratamentos de sementes com GA₃ x controle, crescidas em condições de campo ou de casa-de-vegetação, avaliadas aos dez dias após a semeadura.

**estatisticamente significante (p < 0,01). Udesc - Lages, Estado de Santa Catarina, 2007.

As avaliações realizadas, nas plantas no estágio V4, apresentaram respostas distintas para genótipo e também para o ambiente, principalmente para o tratamento de sementes e para a variável resposta estatura do hipocótilo e do primeiro entrenó do epicótilo. O genótipo BAF#55 apresentou maior estatura (3X) que o Iapar#81. Em geral, a estatura do caule (comprimento do hipocótilo + epicótilo) das plantas de feijão foi aumentada em 3,7 cm para o hipocótilo e em 5,5 cm para o epicótilo, no genótipo BAF#55, em condições de campo, pelo tratamento de sementes com GA₃ (Figura 2). Os tratamentos

gancho e folha primária também apresentaram incrementos do epicótilo, em ambos os genótipos (Tabela 1; condição de campo), assim como do hipocótilo, à exceção do genótipo Iapar#81 que não diferiu do controle.

A comparação geral entre a condição de casa-de-vegetação e de campo não apresentou diferenças estatísticas ($p > 0,05$), exceto para as variáveis estatura do hipocótilo e do epicótilo (Tabela 3), ou seja, sob condições de casa-de-vegetação as plantas cresceram mais em estatura (3X maior), tanto no tratamento-controle como nos tratamentos com GA_3 (Tabela 1 e 3).

Este aumento de estatura das plantas é provavelmente pelo efeito de estiolamento, que se verifica normalmente em casa-de-vegetação, em razão do efeito de interferência do material

(cobertura e parede), sobre a qualidade da luz que chega até as plantas (BELTRÃO et al., 2002). Como também é conhecido o efeito da luz sobre a alteração de resposta a giberelinas (HEDDEN; PHILLIPS, 2000; YAMAGUCHI, 2008).

Na literatura estão bem documentados os papéis de GA_3 em aumentar a estatura da haste de plantas cultivadas. Nos resultados aqui obtidos, procurou-se explorar os efeitos de GA_3 exógeno sobre a semente e sobre a planta até o segundo trifólio desenvolvido.

Nesta conjuntura foram observadas respostas diferentes entre genótipos, condição ambiental e entre tratamentos, sendo o aumento da estatura da haste (incremento dos entrenós) a principal alteração observada.

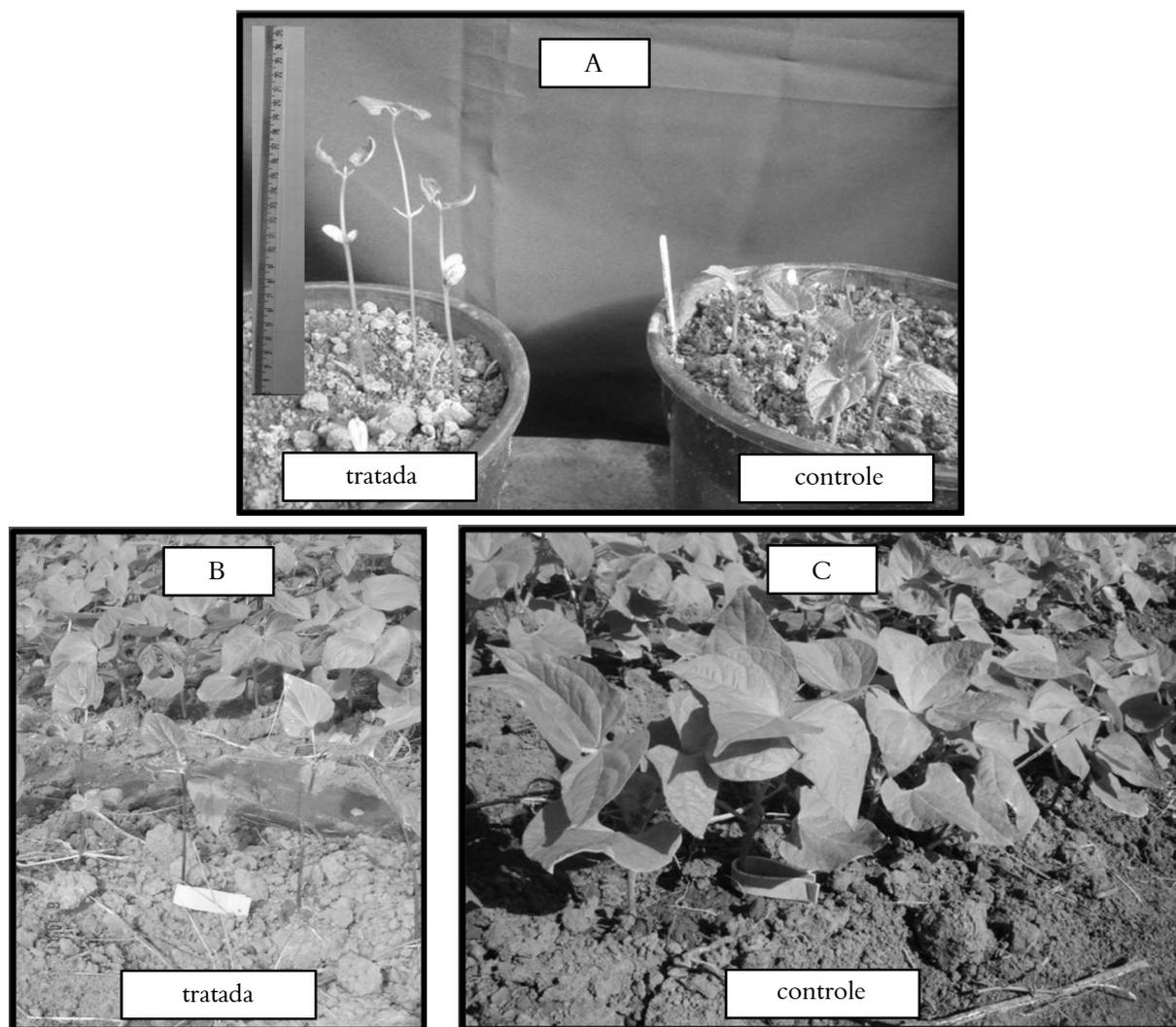


Figura 2. Fotografias sobre a avaliação do crescimento inicial de plântulas de feijão, com dez dias após a emergência, referente ao genótipo BAF#55, após tratamentos com GA_3 e controle (sem tratamento com GA_3) em casa-de-vegetação (a). Plantas do genótipo BAF#55 alongada pelo tratamento com GA_3 (b) e plantas do genótipo BAF#55 referentes ao tratamento-controle sob condição de campo (c). Escala, corresponde a uma régua de 25,5 cm. Udesc – Lages, Estado de Santa Catarina, 2007.

Outros trabalhos também observam tal relação, com o efeito de GA₃ no aumento da estatura dos entrenós da haste das plantas de soja (LEITE et al., 2003) ou redução da estatura e de diâmetro da haste pelo uso de inibidor de giberelina etil-trinexapac (LINZMEYER JUNIOR et al., 2008) ou aumento na estatura e área foliar de tomate (KHAN et al., 2006), na estatura e área foliar e de *Dendrobium nobile*, Orchidaceae (VICHATO et al., 2007) e também a estatura de feijão (VALIO; SCHWABE, 1978; MORRIS; ARTHUR, 1985; CIPOLLINI JR., 1997; CIPOLLINI; SCHULTZ, 1999). Mas em feijão, seu uso comercial ainda não é efetivo, ainda são poucos os trabalhos sob condições de campo que empregam GA₃ e demonstram efeitos positivos sobre o rendimento de grãos (CIPOLLINI JR., 1997). No entanto, este trabalho procurou mostrar novas possibilidades de emprego de GA₃, especialmente, para genótipos que tenham baixa estatura de plantas.

O diâmetro do hipocótilo e do epicótilo sob tratamento de sementes com GA₃ foi menor, para ambos os genótipos, com exceção do diâmetro do hipocótilo para o Iapar#81 sob casa-de-vegetação (Tabela 1, Figura 2A). O diâmetro do epicótilo na aplicação de GA₃ sobre sementes, gancho e folhas primárias foi menor do que no tratamento-controle, apenas para o genótipo BAF#55 e em casa-de-vegetação (Tabela 1, Figuras 2B). O que em geral, confere com outras pesquisas, que relacionam a redução do diâmetro da haste associadas com aumentos de sua estatura induzida por GA₃ (FEUCHT; WATSON, 1958; LEITE et al., 2003). Mas, particularmente, nos resultados aqui obtidos, a resposta foi dependente do genótipo, do ambiente e do estágio de desenvolvimento em que as plantas

foram tratadas. No caso do genótipo, o Iapar#81 foi menos responsivo aos tratamentos com GA₃ do que o BAF#55.

Em relação aos demais tratamentos (gancho, folhas primárias, primeiro e segundo trifólio – tratamentos de parte aérea), a aplicação de GA₃ sobre as plantas promoveu pouca resposta de crescimento, se comparados ao controle, e sob ambas as condições ambientais, assim como, não afetou a área foliar (Tabelas 1, 2 e 3).

A área foliar, comprimento e largura da folha medidos nos tratamentos gancho, folhas primárias, primeiro e segundo trifólios foram similares ao controle ($p < 0,05$) para ambas as condições ambientais (Tabela 3). Mas, para o tratamento de sementes, os parâmetros avaliados comprimento e largura de folha apresentaram-se menores (Tabela 2). A área foliar diminuiu, mas sem alteração da morfologia da folha (relação comprimento-largura). A magnitude da resposta das plantas ao GA₃ foi dependente do estágio de desenvolvimento, do genótipo e do ambiente de crescimento das plantas. (Tabela 1 e Figura 2), e também redução da área foliar para ambos os genótipos (Tabela 2). Esta redução é em função do menor comprimento e da menor largura da folha. O genótipo BAF#55 apresentou folhas de tamanho menor do que o Iapar#81 (Tabela 2). A área foliar, apenas na condição de campo, foi maior para o tratamento gancho (70,2 cm²) e folhas primárias (60,4 cm²) para o Iapar#81, se comparado ao tratamento-controle que apresentou 51,5 cm² (Tabela 2). O ácido giberélico aumentou a estatura dos entrenós basais da planta (hipocótilo + primeiro entrenó do epicótilo) conforme ilustra a Figura 2A.

Tabela 1. Estatura e diâmetro do hipocótilo e epicótilo de plantas de dois genótipos de feijão submetidos a tratamentos com GA₃ em distintos estádios de desenvolvimento. As plantas foram crescidas sob condições de campo ou de casa-de-vegetação. Udesc – Lages, Estado de Santa Catarina, 2007.

Tratamentos	Estatura do hipocótilo ⁽¹⁾		Estatura do epicótilo ⁽¹⁾		Diâmetro do hipocótilo ^(2,3)		Diâmetro do epicótilo ⁽¹⁾	
	BAF#55	Iapar#81	BAF#55	Iapar#81	BAF#55	Iapar#81	BAF#55	Iapar#81
	-----cm-----		-----cm-----		-----mm-----		-----mm-----	
Campo								
Controle	2,4 C	3,1 AB	2,3 C	2,8 B	3,5 A	3,6A	3,6 A	3,4 A
Sementes	6,0 aA	1,7 bC	7,8 aA	2,1 bC	2,5 B	2,9 B	2,1 C	2,7 B
Gancho	3,6 B	3,8 A	3,9 B	4,9 A	3,1 A	3,4 A	3,1 AB	3,1 A
Folhas primárias	2,9 BC	3,7 AB	4,3 B	4,5 A	3,2 A	3,4 A	2,9 B	3,1 A
Primeiro Trifólio	3,1 BC	2,8 B	2,2 C	2,7 B	3,6 A	3,7 A	3,6 A	3,4 A
Segundo Trifólio	3,0 BC	2,9 AB	2,2 C	3,1 B	3,3 A	3,5 A	3,5 A	3,5 A
Casa-de-vegetação								
Controle	6,0 C	6,5	5,4 C	5,9	3,3 A	3,4	3,6 A	4,0 A
Sementes	18,9 aA	6,1 b	17,9 aA	4,6 b	2,4 bB	3,2 a	1,5 bB	3,0 aC
Gancho	6,9 BC	6,6	5,7 C	6,2	3,1 A	3,3	3,4 bA	3,9 aAB
Folhas primárias	7,2 B	6,6	10,9 aB	6,6 b	3,5 A	3,4	3,7 A	3,4 BC
Primeiro trifólio	5,9 C	6,2	6,4 C	6,7	3,2 A	3,5	3,9 A	4,2 A
Segundo trifólio	6,3 BC	6,7	5,9 C	6,1	3,3 A	3,1	3,9 A	3,7 AB

Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas) dentro de cada coluna, por ambiente, representam tratamentos estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$; média, $n = 5$). Médias seguidas por letras diferentes (minúsculas) no mesmo segmento de linha representam diferenças estatística entre genótipos pelo teste F ($p < 0,05$). ns = não-significativo; ¹Efeito principal de tratamento, genótipo e tratamento x genótipo; ²Efeito principal de tratamento e genótipo apenas para a condição de campo; ³Efeito principal de tratamento, genótipo e tratamento x genótipo, apenas para ambiente de casa-de-vegetação.

Tabela 2. Relações entre características das folhas de plantas de feijão, de dois genótipos: BAF#55 e Iapar#81, submetidas a tratamentos com GA₃ em distintos estádios de desenvolvimento, em condição de casa-de-vegetação ou de campo. Udesc, Lages, Estado de Santa Catarina, 2007.

Tratamentos	Comprimento da folha ⁽²⁾		Largura de folha ⁽²⁾		Relação comprimento-largura ^(ns)		Área foliar	
	BAF#55	Iapar#81	BAF#55	Iapar#81	BAF#55	Iapar#81	BAF#55	Iapar#81
	-----cm-----		-----cm-----		-----cm cm ⁻¹ -----		-----cm ² -----	
Campo								
Controle	7,6 AB	7,6 A	6,4 AB	6,7 AB	1,1	1,1	49,2 AB	51,5 B
Sementes	3,8 C	5,7 B	3,3 C	4,9 C	1,2	1,2	12,8 bC	28,5 aC
Gancho	7,6 A	9,4 A	6,6 A	7,4 A	1,1	1,3	51,2 bAB	70,2 aA
Folhas primárias	8,1 A	8,4 A	7,1 A	7,2 A	1,2	1,2	57,9 A	60,4 AB
Primeiro trifólio	7,3 AB	7,7 A	6,7 A	6,7 A	1,1	1,2	50,3 AB	51,9 B
Segundo trifólio	6,8 B	7,4 A	6,1 B	6,5 A	1,1	1,1	41,8 B	48,2 B
Casa-de-vegetação								
Controle	7,3 A	7,5 A	6,2 B	6,5 AB	1,2	1,2	44,8 A	48,6 AB
Sementes	4,6 B	5,7 B	4,4 C	5,1 C	1,1	1,2	19,8 bB	28,9 aC
Gancho	7,3 A	7,2 A	6,7 AB	6,1 B	1,1	1,2	49,4 A	44,1 B
Folhas primárias	7,3 A	7,2 A	7,0 A	7,0 A	1,0	1,0	51,3 A	50,9 AB
Primeiro trifólio	7,2 A	7,6 A	6,5 AB	7,0 A	1,1	1,1	46,5 bA	53,1 aA
Segundo trifólio	7,2 A	7,3 A	6,1 B	6,5 AB	1,2	1,1	44,0 A	47,5 AB

Estatísticas e outros detalhes como descritos na Tabela 1; * não-significativo.

Tabela 3. Análise da emergência de plantas e das características morfológicas da haste e das folhas de ambos os genótipos de feijão (BAF#55 e Iapar#81) em condição de casa-de-vegetação ou de campo. Udesc – Lages, Estado de Santa Catarina, 2007.

Variáveis analisadas	Ambientes	
	Casa-de-vegetação	Campo
Emergência (%)	81,9	82,4 ns
Estatura do hipocótilo (cm)	7,5	3,2 **
Estatura do epicótilo (cm)	7,4	3,6 **
Diâmetro do hipocótilo (mm)	3,2	3,3 ns
Diâmetro do epicótilo (mm)	3,5	3,1 ns
Comprimento da folha (cm)	6,9	7,3 ns
Largura da folha (cm)	6,3	6,3 ns
Relação comprimento-largura da folha	1,1	1,2 ns
Área foliar (cm ²)	44,1	47,8 ns

Ambientes foram comparados por meio do teste F; ns = não-significativo; **estatisticamente diferente (teste F, p < 0,01).

As plantas do genótipo BAF#55 apresentaram um incremento de \cong 9 cm nestes entrenós, sendo mais responsivas ao GA₃. Assim sendo, genótipos de baixa estatura de plantas (hábito de crescimento determinado) poderão ter oportunidades de manejo para incrementar altura de vagens basais e habilitá-los para serem colhidos com automotrizas.

As avaliações realizadas nas plantas que estavam no estágio V4 de desenvolvimento mostraram um incremento da estatura do caule; por exemplo, considerando as medidas somadas do hipocótilo + epicótilo tratado (semente) (18,9+17,9 cm) menos os valores verificados no controle (6,0+5,4) (Tabela 2; casa-de-vegetação), isto implicou numa estatura líquida do hipocótilo + epicótilo de 25,4 cm (casa-de-vegetação) e de 9,2 cm (campo) para o genótipo BAF#55 e de -1,7 cm (casa-de-vegetação) e -2,2 cm (campo) para o Iapar#81.

Considerando os resultados de maior incremento do crescimento da haste (hipocótilo e primeiro entrenó do epicótilo), uma possível explicação para tal comportamento pode ser em virtude dos entrenós terem assumido o papel de drenos fortes dos carboidratos em detrimento do desenvolvimento

das folhas (fonte). Este efeito de dreno já foi constatado por outros trabalhos, com GA₃ aplicado exogenamente sobre as plantas, promovendo aumento da parte aérea em detrimento das raízes (MORRIS; ARTHUR, 1985; CIPOLLINI JR., 1997). Também em feijão, Valio e Schwabe (1978) observaram que as folhas primárias de plantas com uma semana de idade foram capazes de inibir o desenvolvimento da haste. Esta inibição foi restaurada quando GA₃ e cinetina foram aplicados exogenamente.

No estudo aqui apresentado, houve diferença de resposta em função do genótipo, tal resposta distinta pode ser pelos diferentes hábitos de crescimento dos genótipos, o BAF#55 é do tipo I (determinado) e o Iapar#81 do tipo II-III (indeterminado e semiprostrado). Tomando por base estas características, é levantada a hipótese que o BAF#55 tenha respondido significativamente à aplicação de GA₃ por naturalmente ter menor concentração endógena de GA₃, e que o genótipo Iapar#81 não respondeu significativamente ao GA₃ exógeno por possuir suficiente quantidade de GA₃ endógena. Esta hipótese precisa ser testada pela quantificação dos níveis naturais de GA₃ em cada genótipo. Mas, ressalta-se que na literatura já foi descrito que o tipo anão reverteu o caráter anão pela ação de GA₃ aplicado exogenamente (VALIO; SCHWABE, 1978; TOYOMASU et al., 1997). Assim como, em *Arabidopsis* também foram encontrados receptores distintos para o caráter normal e para o tipo anão (UEGUCHI-TANAKA et al., 2007). E, em feijão o estudo da herança do caráter determinado e indeterminado não conferiu melhoria na altura de inserção de vagens (DAWO et al., 2007).

Neste sentido, este trabalho sugere uma opção a mais de tecnologia, que auxilie no aumento da eficiência de colheita com automotriz, por aumentar

a inserção de vagens. Também é um dos pioneiros na descrição da aplicação exógena de GA₃ diretamente sobre as sementes de feijão e seus efeitos posteriores sobre alguns parâmetros morfológicos da planta. Em contraste, a aplicação direta sobre a parte aérea das plantas, já havia sido descrita na década de 1950 (FEUCHT; WATSON, 1958), mas com enfoque de descrever a ação de giberelina no alongamento de células, o que é diferente da proposta prática deste trabalho.

Os resultados obtidos neste trabalho abriram novas perspectivas de estudos com emprego de GA₃, principalmente quanto ao desempenho agrônomo, como por exemplo, sobrevivência efetiva de plantas, tolerância ao acamamento, reação a insetos e doenças, acúmulo de matéria seca na planta, rendimento de grãos, acúmulo de carboidratos nos grãos e proteínas nos grãos. Chudasama e Thaker (2007) descrevem uma série de avaliações como a quantificação de GA₃ na planta, GA₃ na vagem e nos grãos e relações de acúmulo de água e de massa seca na planta e seus componentes do rendimento. Já Nascimento e Mosquim (2004) ressaltam aumento do teor de proteínas induzido por GA₃ exógeno, ou seja, como possibilidade de novas pesquisas nos mais variados campos e/ou como prática de manejo, se vislumbra a possibilidade de melhoria da eficiência de colheita comercial de genótipos de hábito determinado.

Conclusão

A aplicação exógena de GA₃ sobre sementes reduziu a emergência de plantas, no genótipo Iapar#81 (apenas 34%) e no genótipo BAF#55 (74%).

A aplicação exógena de GA₃ aumentou a estatura do hipocótilo e do epicótilo das plantas, particularmente no genótipo de hábito determinado BAF#55, quando se aplicou em pré-semeadura (sobre a semente) ou pós-semeadura (sobre a parte aérea das plantas até o estágio de folha primária).

A área foliar foi reduzida pela ação de GA₃, e mostrou-se associada com redução de diâmetro da haste e também ao incremento de estatura de planta, mas apenas sob tratamento de sementes.

Agradecimentos

Os autores são gratos pelo suporte financeiro fornecido pela Capes/Prodoc à C.M.M. Coelho. Também são gratos a Sra. M.I. Medeiros, pelas facilidades oferecidas em sua propriedade particular para a implantação do experimento de campo.

Referências

- BELTRÃO, N. E. M.; FIDELIS FILHO, J.; FIGUEIREDO, I. C. M. Uso adequado de casa-de-vegetação e de telados na experimentação agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 547-552, 2002.
- CARDOSO, C. O.; SOCCOL, O. J. Corn performance with late sowing in Planalto Catarinense, Brazil, simulated with CERES-maize model. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 4, p. 455-464, 2008.
- CHUDASAMA, R. S.; THAKER, V. S. Relationship between gibberellic acid and growth parameters in developing seed and pod of pigeon pea. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 1, p. 43-51, 2007.
- CIAT. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común. In: FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, M. (Ed.). **CIAT**. 1. ed. Cali: CIAT, 1983.
- CIPOLLINI JR., D. F. Gibberellic acid treatment reduces the tolerance of field-grown common bean to leaf removal. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 16, n. 3, p. 123-127, 1997.
- CIPOLLINI, D. F.; SCHULTZ, J. C. Exploring cost constraints on stem elongation in plants using phenotypic manipulation. **The American Naturalist**, v. 153, n. 2, p. 236-242, 1999.
- COSTA, L. R. M.; PASQUALETTO, A. Comparação de sistemas de colheita mecanizada e semi-mecanizada na perda, dano mecânico e impureza de grãos na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 29, n. 1, p. 35-38, 1999.
- CQFS-RS/SC. Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004.
- DAWO, M. I.; SANDERS, F. E.; PILBEAM, D. J. Yield, yield components and plant architecture in the F3 generation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) derived from a cross between the determinate cultivar 'Prelude' and an indeterminate landrace. **Euphytica**, v. 156, n. 1, p. 77-87, 2007.
- FEUCHT, J. R.; WATSON, D. P. The effect of gibberellins on internodal tissues of *Phaseolus vulgaris* L. **American Journal of Botany**, v. 45, n. 7, p. 520-522, 1958.
- GOLOVATSKAYA, I. F.; KARNACHUK, R. A. Dynamics of growth and the content of endogenous phytohormones during kidney bean scoto- and photomorphogenesis. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 54, n. 3, p. 407-413, 2007.
- HEDDEN, P.; PHILLIPS, A. L. Gibberellin metabolism: new insights revealed by the genes. **Trends in Plant Science**, v. 5, n. 12, p. 523-530, 2000.

- KHAN, M. M. A.; GAUTAM, C.; MOHAMMAD, F.; SIDDIQUI, M. H.; NAEEM, M.; KHAN, M. N. Effect of gibberellic acid spray on performance of tomato. **Turkish Journal of Biology**, v. 30, n. 1, p. 11-16, 2006.
- LEITE, V. M.; ROSOLEM, C. A.; RODRIGUES, J. D. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 3, p. 537-541, 2003.
- LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; SANTOS, D.; BENCKE, M. H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.
- MASKE, V. G.; DOTALE, R. D.; SORTE, P. N.; TALE, B. D.; CHORE, C. N. Germination, root and shoot studies in soybean as influenced by GA₃ and NAA. **Journal of Soils and Crops**, v. 7, n. 2, p. 147-149, 1997.
- MORRIS, D. A.; ARTHUR, E. D. Effects of gibberellic acid on patterns of carbohydrate distribution and acid invertase activity in *Phaseolus vulgaris*. **Physiologia Plantarum**, v. 65, n. 3, p. 257-262, 1985.
- NASCIMENTO, R. D.; MOSQUIM, P. R. Crescimento e teor de proteínas em sementes de soja sob influência de hormônios vegetais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 3, p. 573-579, 2004.
- PESSARAKLI, M. Role of physiology in improving crop adaptation to abiotic stresses in the tropics: the case of common bean and tropical forages. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plant and crop physiology**. 2nd Revised Expanded. New York: CRC Press; Marcel Dekker, 2002. p. 583-614.
- SANTALLA, M.; SEVILLANO, M. C. M.; MONTEAGUDO, A. B.; DE RON, A. M. Genetic diversity of Argentinean common bean and its evolution during domestication. **Euphytica**, v. 135, n. 1, p. 75-87, 2004.
- SKENE, K. G. M. Stimulation of germination of immature bean embryos by gibberellic acid. **Planta**, v. 87, n. 1-2, p. 188-192, 1969.
- SWARNKAR, S. K.; POONAM, S.; MAURYA, C. L. Influence of plant growth regulators on aged seeds of soybean (*Glycine max*). **Progressive Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 66-68, 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- TEIXEIRA, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Genetic control of plant architecture in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Genetics and Molecular Biology**, v. 22, n. 4, p. 577-582, 1999.
- TOYOMASU, T.; YAMANE, H.; MUROFUSHI, N.; KATSUMI, M.; TAKAHASHI, N. Bioactive gibberellin and its metabolism in shoots of *Phaseolus vulgaris*. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 61, n. 3, p. 556-557, 1997.
- UEGUCHI-TANAKA, M.; NAKAJIMA, M.; MOTOYUKI, A.; MATSUOKA, M. Gibberellin receptor and its role in gibberellin signaling in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, n. 1, p. 183-198, 2007.
- VALIO, I. F. M.; SCHWABE, W. W. Correlative growth in seedlings of *Phaseolus vulgaris* L.: Inhibition of stem growth by the primary leaves. **Annals of Botany**, v. 42, n. 2, p. 263-268, 1978.
- VICHIATO, M. R. M.; VICHIATO, M.; CASTRO, D. M.; DUTRA, L. F.; PASQUAL, M. Alongamento de plantas de *Dendrobium nobile* Lindl. com pulverização de ácido giberélico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 1, p. 16-20, 2007.
- WEISS, D.; ORI, N. Mechanisms of cross talk between gibberellin and other hormones. **Plant Physiology**, v. 144, n. 3, p. 1240-1246, 2007.
- YAMAGUCHI, S. Gibberellin metabolism and its regulation. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, n. 1, p. 225-251, 2008.

Received on June 3, 2008.

Accepted on October 15, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.