

Aplicação de paclobutrazol e doses de nitrogênio em feijão de inverno cultivado em sistema plantio direto

DOUGLAS CASTILHO GITTI^{1*}; ORIVALDO ARF²; SALATIÉR BUZETTI³; MARINA MUNHOZ ROSATO FERREIRA⁴; CLAUDINEI KAPPES⁵; FLAVIO HIROSHI KANEKO⁶; RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES⁷

¹Mestrando em Agronomia, especialização em Sistemas de Produção pela UNESP/FEIS. E-mail: gittidouglas@hotmail.com. *Autor para correspondência

²Professor de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, UNESP/FEIS

³Professor de Agronomia, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP/FEIS

⁴Mestrando em Agronomia. UNESP/FEIS

⁵Pesquisador da Fundação MT, Fertilidade e Nutrição de Plantas

⁶Doutorando em Agronomia, UNESP/FEIS

⁷Professor de Agronomia, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP/FEIS

RESUMO

A possibilidade de reduzir o desenvolvimento exagerado das plantas, adequar sua arquitetura aos tratos culturais e melhorar a aeração da cultura pode ser obtida pelo uso de reguladores de crescimento e do nitrogênio. O trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de paclobutrazol (presença e ausência) e doses de nitrogênio em cobertura (0, 15, 30, 45, 60 e 90 kg ha⁻¹) sobre o desenvolvimento vegetativo, componentes de produção e produtividade do feijão cv. IPR Juriti cultivado em sistema plantio direto de Maio a Agosto de 2011. A aplicação do paclobutrazol foi realizada no estágio V_{4.4} na dose de 375 g ha⁻¹. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados em esquema fatorial 2x6 com quatro repetições. Os efeitos do regulador de crescimento foram analisados pelo teste de Tukey e as doses de nitrogênio pela análise de regressão. A aplicação de paclobutrazol reduziu 6,8% o teor de nitrogênio foliar, 14% a massa seca de plantas, 38,2% o comprimento das plantas, 27,6% o número de grãos por vagem e 20,4% por planta, 9,1% a produtividade, e aumentou o índice de clorofila foliar em 16,8% e a massa de 100 grãos em 16,9%. As doses de nitrogênio aumentaram o índice de clorofila foliar, o teor de nitrogênio foliar, o número de vagem e grãos por planta e a produtividade. No geral, a aplicação do paclobutrazol reduziu o comprimento de plantas e a produtividade, porém, as plantas produziram grãos maiores. Em contraste, as doses de nitrogênio aumentaram os componentes de produção e a produtividade.

Palavras-chave: arquitetura de plantas, *Phaseolus vulgaris* L, produtividade, regulador de crescimento.

ABSTRACT

Application of paclobutrazol and nitrogen rates at bean winter in sprinkler irrigated no-tillage system

The ability to reduce the excessive development of plants, adjust their architecture to cultivation and improving aeration for the crop, may be obtained by the use of growth regulators and nitrogen. This study aimed to evaluate the effects of the growth regulator paclobutrazol and rates of nitrogen at sidedressing (0, 15, 30, 45, 60 and 90 kg ha⁻¹) on vegetative growth, yield components and grain yield of bean cv. IPR Juriti grown in no-tillage from May to August 2011. The applications of paclobutrazol were performed on stage V_{4.4} bean at 375 g ha⁻¹. It was used a complete randomized blocks design in a factorial scheme 2x6 with four replications. The effects of growth regulator were analyzed by Tukey test and the rates of nitrogen by regression analysis. The application of paclobutrazol reduced 6.8% of the nitrogen leaf content, 14% of the dry

weight of plants, 38.2% of the plants's length, 27.6% of the number of seeds per pod and 20.4% per plant, 9.1% of the yield, and increased the index of chlorophyll by 16.8% and the weight of 100 by grain 16.9%. The rates of nitrogen increased the index of chlorophyll, the nitrogen leaf content, the number of pods and seeds per plant and the yield. In general, the application of paclobutrazol reduced plant's length and yield, although, the plants produced larger grain. In contrast, the rates of nitrogen increased yield components and the yield.

Keywords: plants architecture, *Phaseolus vulgaris* L, yield, growth regulators.

INTRODUÇÃO

Por intermédio da mecanização da colheita de grãos em grandes áreas de cultivos, os cultivares de feijão que favorecem essa tecnologia, abordam o grupo de hábito de crescimento do tipo II, que possuem crescimento indeterminado, porte ereto e ramos laterais poucos e curtos, podendo alcançar 70 cm de comprimento. Entre eles está o cv. IPR Juriti, de grãos tipo carioca e de boa aceitação pelos consumidores e produtores. A restrição no desenvolvimento dos ramos laterais do feijão pode melhorar a distribuição da matéria seca dos ramos para os grãos e aumentar a aeração da cultura

Os reguladores de crescimento são aplicados com o objetivo de reduzir o desenvolvimento longitudinal indesejável da parte aérea das plantas, sem ocasionar diminuição na produtividade (RADEMACHER, 2000). O paclobutrazol é um regulador de crescimento que age por inibição da biossíntese de giberelinas, hormônios que, entre outras ações, promovem alongamento celular (ARTECA, 1996). Possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos, como as citocininas, giberelinas, auxinas e etileno (VIEIRA & CASTRO, 2002). A redução no porte das plantas faz com que os metabólicos sejam direcionados para as estruturas reprodutivas nas quais, no caso do feijão, estão os produtos de importância econômica (NÓBREGA *et al.*, 1999), além de proporcionar maior facilidade nos tratos culturais e na colheita mecanizada.

Pertencente ao grupo químico dos triazóis, o paclobutrazol é um regulador de crescimento com ação fúngica, e segundo Fletcher *et al.* (2000), também pode aumentar a tolerância de diferentes espécies de plantas a estresses bióticos e abióticos, incluindo fungos, veranico, poluentes do ar e condições de baixa e alta temperatura. Há evidências de que componentes do sistema de fotossíntese e moléculas que regulam alguns constituintes da atividade antioxidante nas plantas são os principais alvos dos triazóis para aumentar a tolerância da planta ao estresse (KRAUS & FLETCHER, 1994; LIN *et al.*, 2006). Baninasab & Ghobadi (2011), avaliando o efeito do paclobutrazol via tratamento de sementes e aplicação foliar em mudas de pepino sob altas temperaturas, obtiveram proteção parcial das mudas contra o estresse térmico com a aplicação do paclobutrazol, tornando-as mais tolerantes ao calor.

A utilização do paclobutrazol em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cv. Giza 3, em condições de campo, com aplicação no estádio V_{4.4} (quatro folhas trifoliadas) em concentração de 100 ppm aumentou significativamente a produtividade do feijão. Concentrações acima de 100 ppm proporcionaram redução no número e massa de vagens por planta, bem como a produtividade total. Os autores avaliaram também o efeito do uniconazole, do grupo dos triazóis como o paclobutrazol, e concluíram que em concentração menor que o paclobutrazol, ou seja, 25 ppm, há aumento significativo na massa verde, número e massa de vagens por planta, assim como a produtividade total do feijão (EL-SAYED, 1991).

Outros estudos têm mostrado a viabilidade da aplicação de reguladores vegetais na agricultura (ZAGONEL *et al.*, 2002; LINZMEYER JUNIOR *et al.*, 2008; NASCIMENTO *et al.*, 2009) e é amplamente relatada na literatura, principalmente para a cultura do algodão visando a redução de porte da planta e uniformidade de maturação. Porém, os efeitos dos reguladores vegetais têm sido inconsistentes: em algumas situações, verifica-se aumento de produtividade; em outras, redução (ALVAREZ *et al.*, 2007). Em contrapartida, são escassas as informações dos efeitos de reguladores vegetais sobre o feijão, tanto na arquitetura das plantas como nos componentes de produção e produtividade da cultura.

As respostas do feijoeiro em produtividade são significativas com a utilização da adubação nitrogenadas em cobertura, uma vez que 50% do nitrogênio total absorvido é translocado para os grãos (OLIVEIRA *et al.*, 1996). Por se tratar de um nutriente facilmente perdido por lixiviação, volatilização e desnitrificação o manejo correto da adubação nitrogenada em cobertura se torna mais relevante frente a novas tecnologias que podem ser utilizadas na cultura, como o regulador de crescimento. Respostas de incremento linear na produtividade do feijão de inverno cultivado em sistema plantio direto foram obtidas por Arf *et al.* (2008) e Kaneko *et al.* (2010). Além disso, a fase de maior demanda por este nutriente compreende o florescimento e enchimento de grãos, pois, simultaneamente há vagens e grãos crescendo ao mesmo tempo (PORTES *et al.*, 1996).

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de paclobutrazol e doses de nitrogênio sobre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do feijão cultivado em sistema plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEPE-FEIS), localizada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul, situada a aproximadamente 20° 20' 53" S e 51° 24' 02" W, com altitude de 340 m.

O clima predominante da região, conforme classificação de Koppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação pluvial média anual é de 1.330 mm, com temperatura média anual de aproximadamente 25 °C e umidade relativa do ar média anual de 66% (CENTURION, 1982).

O solo predominante da área, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), é classificado como Latossolo Vermelho distrófico álico e de textura argilosa, o qual foi originalmente ocupado por vegetação de Cerrado e vem sendo explorado por culturas anuais há mais de 26 anos.

Antes da instalação do experimento foram realizadas amostragens da área na camada de 0,0 a 0,20 m, conforme metodologia descrita por Raij *et al.* (1996), cuja análise química apresentou os seguintes valores: P(resina) = 17 mg dm⁻³; MO = 13 g dm⁻³; pH (CaCl₂) = 5,2; K, Ca, Mg, H + Al, Al, SB e CTC = 2,9; 33; 14; 27; 00; 50 e 70 mmol_c dm⁻³, respectivamente e; V = 65%.

Foram estabelecidos 12 tratamentos, resultantes da combinação do regulador de crescimento paclobutrazol (presença e ausência) e doses de nitrogênio em cobertura (0, 15, 30, 45, 60 e 90 kg ha⁻¹), os quais foram dispostos no delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x6, com quatro repetições. A dose de paclobutrazol foi de 375 g ha⁻¹ e como fonte nitrogenada utilizou-se a ureia (45% de N).

As parcelas experimentais foram constituídas por quatro linhas de 3,5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m. Como área útil para coleta de dados foram consideradas as duas linhas centrais.

O experimento foi conduzido na safra de inverno (terceira safra) durante o ano de 2011, em área cultivada com sistema plantio direto. No verão da safra 2010/11, a área experimental foi cultivada com arroz de terras altas.

A semeadura do feijão cv. IPR Juriti foi realizada no dia 04/05/2011 com semeadora apropriada para o sistema plantio direto distribuindo-se 12 sementes por metro de sulco. Na adubação básica de semeadura foram aplicados 250 kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16 (+1% de Ca; 2% de S e 0,3% de Zn), de acordo com as características químicas do solo e as recomendações de adubação para a cultura (AMBROSANO *et al.*, 1997). A emergência das plântulas ocorreu uniformemente aos seis dias após a semeadura.

O controle de plantas daninhas foi realizado com o herbicida fluazifop-p-butil + fomesafen (120 + 150 g ha⁻¹) entre os estádios V₃ (primeira folha trifoliada) a V₄ (terceira folha trifoliada), aos 16 dias após a emergência (DAE). A aplicação foi realizada mediante o uso de

pulverizador de barras tratorizado, munido com bicos contendo pontas do tipo jato plano (“leque”) e regulado para aplicar 200 L ha⁻¹ de calda.

O controle de pragas foi realizado com a aplicação de clorpirifós (480 g ha⁻¹) nos estádios de V_{4.4} e R₅ (primeiro botão floral). Para proteção do feijoeiro contra a entrada de doenças fúngicas, foram realizadas duas aplicações do fungicida mancozebe (1.600 g ha⁻¹), sendo a primeira quando as plantas estavam no estágio V₄, e a segunda, em R₅.

A adubação nitrogenada em cobertura foi realizada no estágio V_{4.4} (quarta folha trifoliada) aos 30 DAE. Após a aplicação do fertilizante, a área foi irrigada por aspersão com o objetivo de incorporar ao solo o fertilizante aplicado. No manejo de água foram utilizados valores de Kc semelhantes aos recomendados por Doorenbos & Kassam (1979), ou seja, para as fases de V₀ – V₁ (Kc: 0,30), de V₃ – V₄ (Kc: 0,70), de R₅ – R₇ (Kc: 1,05), R₈ (Kc: 0,75) e R₉ (Kc: 0,25).

O paclobutrazol foi aplicado quando as plantas apresentavam-se em V_{4.4} (31 DAE). A aplicação foi realizada com pulverizador costal pressurizado com CO₂, acoplado a uma barra contendo pontas de pulverização TXA 80.02, aplicando-se volume de calda equivalente a 200 L ha⁻¹.

As características avaliadas durante o desenvolvimento da cultura foram:

Índice de clorofila foliar: a estimativa do teor de clorofila foliar foi com a utilização do clorofilômetro portátil ClorofiLOG[®] (modelo CFL 1030), que por meio de sensores, analisa três faixas de frequência de luz e através de relações de absorção de diferentes frequências, fornece medições dos teores das clorofilas a, b e total (a+b), expressas em unidades dimensionais chamadas ICF (Índice de Clorofila Foliar). A leitura foi realizada no estágio R₆ (primeira flor aberta), aos 41 DAE. Foram consideradas aleatoriamente três plantas na área útil de cada parcela.

Teor de nitrogênio foliar: utilizaram-se as terceiras folhas trifoliadas das plantas coletadas em cada unidade experimental, durante o estágio R₆. Após secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 horas, as folhas foram moídas em moinho tipo Wiley e em seguida realizada a digestão sulfúrica, conforme metodologia proposta por Malavolta *et al.* (1997).

Massa seca de planta: durante o estágio R₆ foram coletadas 10 plantas em local predeterminado na área útil de cada parcela; em seguida, levou-se ao laboratório onde foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e colocados em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 65 °C, até atingir massa constante.

Comprimento de planta: determinada na colheita pela medição da distância entre a superfície do solo até a gema apical da ramificação mais longa da planta. Foram consideradas três plantas representativas por parcela.

A colheita manual foi realizada no dia 05/08/2011 (87 DAE), momento em que se mensurou: (i) componentes de produção: número de vagens por planta, número de grãos por planta e o número de grãos por vagem, em 10 plantas na área útil de cada parcela; (ii) massa de cem grãos: obtida através da coleta ao acaso e pesagem de duas amostras de 100 grãos por parcela. A massa das sementes foi corrigida para a umidade de 13% (base úmida) e; (iii) produtividade: as plantas da área útil de cada parcela foram arrancadas e colocadas para secagem a pleno sol. Após a secagem, as plantas foram submetidas à trilha mecânica e os grãos pesados e os dados transformados em kg ha⁻¹ (13% de umidade).

A análise estatística dos resultados constou de análise de variância. As médias de presença e ausência de regulador de crescimento, quando significativas pelo teste F, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (PIMENTEL & GARCIA, 2002). Por se tratar de fator quantitativo, as médias de doses de nitrogênio foram avaliadas por meio de análise de regressão polinomial (BANZATTO & KRONKA, 2006), ajustando-se modelos de equações significativas pelo teste F, para melhor discussão dos resultados. O aplicativo computacional utilizado foi o SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de clorofila foliar foi influenciado pelo paclobutrazol e doses de nitrogênio em cobertura (Tabela 1). A aplicação do regulador no estágio fenológico V_{4.4} do feijão proporcionou maior índice de clorofila foliar. De modo similar, o aumento das doses de nitrogênio proporcionou incremento linear do índice de clorofila foliar. Segundo Reis *et al.* (2006), o teor de clorofila obtido por leituras SPAP (Soil Plant Analysis Development) se correlacionam positivamente com o teor de nitrogênio foliar, pois de 50 a 70 % do nitrogênio total das folhas são integrantes de enzimas como a redutase do nitrato que estão associadas aos cloroplastos (CHAPMAN & BARRETO, 1997) e, conseqüentemente, a clorofila, determinada indiretamente pelas leituras de ICF. Desta forma, o efeito proporcionado pelo paclobutrazol no aumento do ICF foi semelhante ao efeito do aumento das doses de nitrogênio em cobertura em relação à coloração verde nas plantas. Sendo as tonalidades de verde, maiores em plantas que receberam a aplicação do regulador e nos tratamentos com as maiores doses de nitrogênio em cobertura. O teor de nitrogênio foliar foi influenciado pela interação significativa entre regulador e doses de nitrogênio (Tabela 1). Analisando o desdobramento do regulador dentro de doses (Figura 1), a aplicação de paclobutrazol na dose zero de nitrogênio em cobertura não obteve diferença significativa em relação ao tratamento sem aplicação do regulador. Com o fornecimento de nitrogênio em cobertura, o teor de nitrogênio foliar em todas as doses avaliadas apresentou redução, porém, significativamente menor nas doses 15 e 45 kg ha⁻¹ de nitrogênio, com os maiores valores (38,06 e 51,06 g kg⁻¹, respectivamente) nos tratamentos sem aplicação do regulador. Quanto ao desdobramento de doses de nitrogênio dentro de regulador (Figura 2), observa-se que tanto na presença como ausência do regulador, o teor de nitrogênio foliar respondeu de maneira quadrática ao aumento das doses de nitrogênio. As doses estimadas foram de 108 e 77 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na presença e ausência do regulador, respectivamente, proporcionaram pontos de máximo teor de nitrogênio foliar de 50,92 e 51,92 g kg, assim, pode se afirmar que a aplicação do regulador de alguma forma, reduziu a eficiência na conversão de nitrogênio mineral a nitrogênio orgânico, componente de estruturas biológicas nas plantas.

Tabela 1. Índice de clorofila foliar, teor de nitrogênio foliar, massa seca e comprimento de planta do feijão cv. IPR Juriti após aplicação de paclobutrazol e doses de nitrogênio em cobertura. Selvíria (MS), Brasil, 2011.

Tratamentos	Índice de clorofila foliar	Teor de N foliar (g kg ⁻¹)	Massa seca de planta (g planta ⁻¹)	Comprimento de planta (cm)
Paclobutrazol				
Presença	44,25 a	40,34	6,50 b	34 b
Ausência	36,82 b	43,31	7,56 a	55 a
Nitrogênio (kg ha ⁻¹)				
0	34,05 ⁽¹⁾	29,31	5,79	40
15	38,29	35,00	7,11	47
30	39,40	41,74	6,60	45
45	41,72	46,75	7,06	45
60	42,85	47,44	7,74	44
90	46,90	50,70	7,89	46
Teste F				
Paclobutrazol (P)	94,20 **	13,52 **	5,55 *	155,67 **
Doses (D)	21,73 **	69,08 **	1,97 ns	1,33 ns
P x D	0,39 ns	3,35 *	1,00 ns	0,92 ns
D.M.S. (P)	1,76	-	0,91	3,41
C.V. (%)	6,55	6,69	22,08	13,01

**; * e ns – significativo a 1% e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente; Médias seguidas por letras diferentes nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; D.M.S. – diferença mínima significativa; C.V. – coeficiente de variação; ⁽¹⁾ y = 35,2216 + 0,1328x (R² = 0,97).

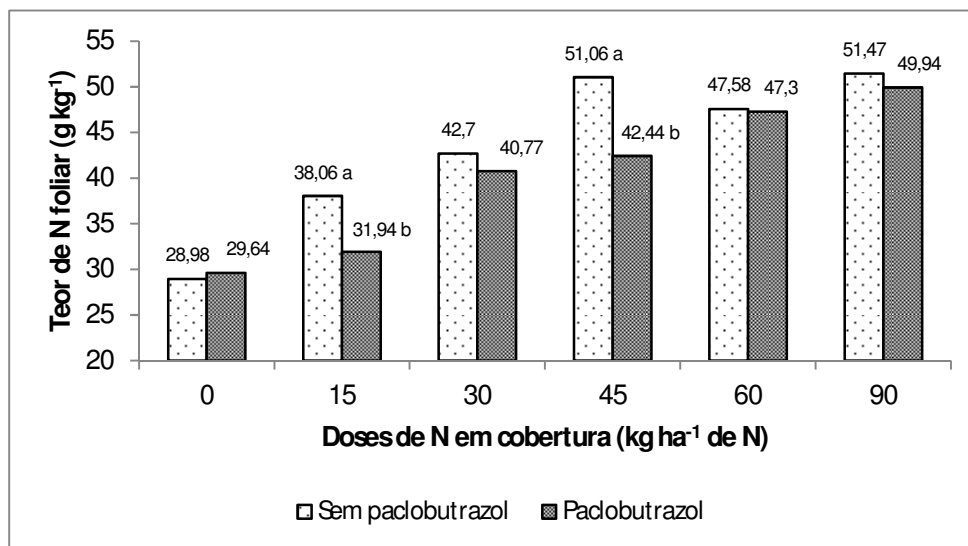


Figura 1. Desdobramento de regulador dentro de doses de nitrogênio, das interações significativas da análise de variância referente ao teor de N foliar no feijão cv. IPR Juriti. Selvíria (MS), Brasil, 2011. Médias seguidas por letras distintas, dentro de cada dose, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

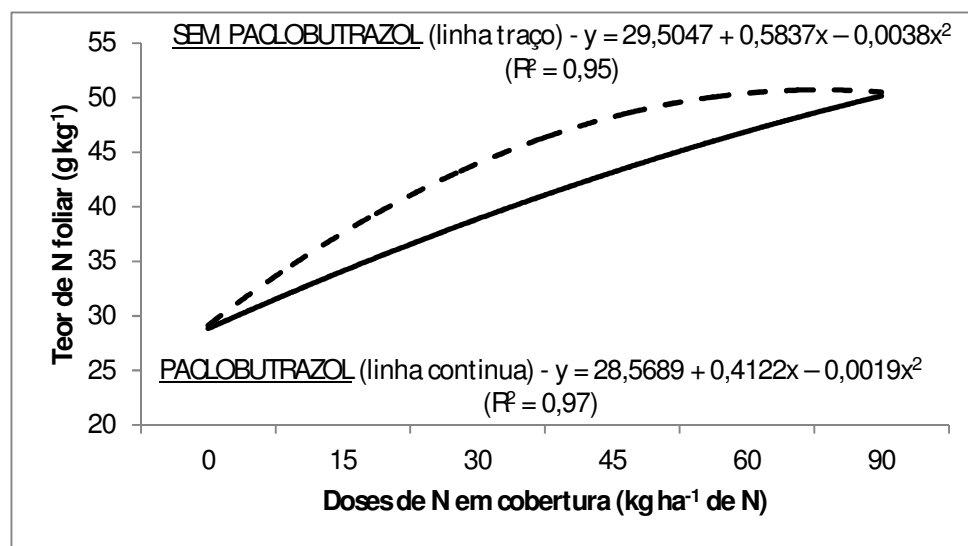


Figura 2. Desdobramento de doses dentro de regulador, das interações significativas da análise de variância referente ao teor de N foliar no feijão cv. IPR Juriti. Selvíria (MS), Brasil, 2011.

O teor de nitrogênio foliar, em presença e ausência de aplicação de paclobutrazol, e as leituras de índice de clorofila foliar aumentaram com o incremento nas doses de nitrogênio. Assim, há relação entre o teor de nitrogênio foliar e as leituras de ICF (REIS *et al.*, 2006). No entanto, a utilização de paclobutrazol proporcionou menores valores do teor de nitrogênio foliar. Essa resposta pode ser compreendida pelos resultados encontrados por Nascimento & Mosquim (2004), avaliando as enzimas responsáveis no processo de assimilação do nitrogênio em frutos de soja submetidos ao tratamento com paclobutrazol. Os referidos autores concluíram que as

giberelinas são fundamentais para o crescimento de frutos imaturos de soja e estão envolvidas na regulação das atividades das enzimas glutamina sintetase e glutamato sintase nesses frutos. Provavelmente, o paclobutrazol (regulador com ação na redução da síntese de giberelinas) interferiu fisiologicamente na atividade de alguma enzima que catalisa a síntese de compostos nitrogenados, reduzindo produtos como: aminoácidos, proteínas, enzimas entre outros que podem interferir na avaliação do teor de nitrogênio foliar.

A massa seca e o comprimento de plantas apresentaram reduções com a aplicação de paclobutrazol (Tabela 1). Além da redução na parte aérea, os menores valores no teor de nitrogênio foliar podem ser explicados também, pela possível redução do sistema radicular das plantas, uma vez que as giberelinas são requeridas para o desenvolvimento normal das raízes (YAXLEY *et al.*, 2001). O paclobutrazol foi eficiente em sua ação, pois reduziu o comprimento de plantas em 21 cm em relação ao tratamento sem a sua aplicação. Plantas compactas com ramos curtos podem melhorar a aeração da cultura e beneficiar aplicações de defensivos agrícolas, cujo alvo esteja localizado na parte inferior da planta, reduzindo obstáculos ao deslocamento das gotas de pulverização.

Os componentes de produção grãos por planta e grãos por vagem foram influenciados negativamente (Tabela 2) com a aplicação de paclobutrazol, apresentando valores inferiores (47,0 e 3,9, respectivamente) em relação aos obtidos pelo tratamento sem aplicação do regulador.

Tabela 2. Número de vagens e grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de 100 grãos e produtividade de feijão cv. após aplicação de paclobutrazol e doses de nitrogênio em cobertura. Selvíria (MS), Brasil, 2011.

Tratamentos	Vagens planta ⁻¹	Grãos planta ⁻¹	Grãos vagem ⁻¹	Massa 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Paclobutrazol					
Presença	12,1	47,0 b	3,9 b	26,0	1.860 b
Ausência	13,4	64,9 a	4,9 a	21,6	2.047 a
Nitrogênio (kg ha ⁻¹)					
0	10,5 ⁽¹⁾	44,6 ⁽²⁾	4,3	22,4	1.437 ⁽³⁾
15	12,0	53,3	4,4	22,8	1.645
30	11,7	51,9	4,4	23,2	1.866
45	14,1	62,9	4,4	24,5	2.193
60	13,7	59,5	4,3	24,5	2.320
90	14,4	63,4	4,5	25,4	2.260
Teste F					
Paclobutrazol (P)	2,77 ns	29,23 **	268,22**	297,66 **	4,64 *
Doses (D)	2,87 *	3,25 *	0,82 ns	14,79 **	11,58 **
P x D	1,28 ns	1,67 ns	0,95 ns	3,99 **	2,02 ns
DMS (paclobutrazol)	-	6,74	0,12	-	176,66
C.V. (%)	20,42	20,52	15,04	3,64	15,40

**; * e ns – significativo a 1% e 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente; Médias seguidas por letras diferentes nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; D.M.S. – diferença mínima significativa; C.V. – coeficiente de variação; ⁽¹⁾ $y = 11,0214 + 0,0432x$ ($R^2 = 0,81$); ⁽²⁾ $y = 48,0462 + 0,1973x$ ($R^2 = 0,76$); ⁽³⁾ $y = 1.379,5533 + 23,6685x - 0,1506x^2$ ($R^2 = 0,97$).

Estes menores valores podem ser consequência da redução no tamanho das vagens ou do abortamento dos óvulos dentro das vagens, produzindo vagens com poucos grãos ou chochas. Alvarez *et al.* (2007) justificam o menor número de grãos granados em arroz com a aplicação do regulador de crescimento etil-trinexapac provavelmente pela interferência do regulador nos processos de formação de flores (estames e óvulos) e na meiose (gametas masculinos e femininos). No entanto, para o paclobutrazol a concentração certa proporcionou aumento na massa e número de vagens por planta, e assim, na produtividade total do feijão segundo El-Sayed (1991). Enquanto que, concentrações acima de 100 ppm (20 g ha⁻¹) reduziram a produtividade do

feijão. Concordando com El-Sayed (1991), altas concentrações podem reduzir os componentes de produção do feijão, tendo em vista a dose utilizada no presente trabalho (375 g ha^{-1}). Quanto às doses de nitrogênio, os resultados do número de vagens e grãos por planta ajustaram-se a equações lineares positivas, corroborando com Arf *et al.* (2008), que obtiveram aumentos lineares do número de vagens e grãos por plantas de feijão até a dose máxima de 125 kg ha^{-1} de nitrogênio.

A massa de 100 grãos foi influenciada pela interação entre regulador e doses de nitrogênio em cobertura (Tabela 2). Semelhante ao teor de nitrogênio foliar, tanto na presença como ausência do regulador os valores da massa de 100 grãos ajustaram-se a equações quadráticas com o aumento das doses de nitrogênio. O desdobramento de regulador dentro de doses de nitrogênio (Figura 3) apresentou maiores valores significativos na massa de 100 grãos em todas as doses de nitrogênio na presença do regulador de crescimento, inclusive no tratamento sem aplicação de nitrogênio em cobertura.

Quanto ao desdobramento de doses de nitrogênio dentro de regulador (Figura 4), os dados se ajustaram a equações quadráticas com o aumento das doses de nitrogênio, porém, de maneiras diferentes na presença e ausência do regulador. Na presença de paclobutrazol, a máxima massa foi estimada em $27,3 \text{ g}$ com a aplicação de 73 kg ha^{-1} de nitrogênio. Nota-se que em presença de paclobutrazol, a massa de 100 grãos foi significativamente maior desde a dose zero de nitrogênio até a dose máxima estimada de 73 kg ha^{-1} de nitrogênio.

O aumento da massa de 100 grãos foi acompanhado pela redução significativa do número de grãos por vagens e por plantas. Esperava-se que houvesse redistribuição de fotoassimilados, antes utilizados no desenvolvimento em comprimento da planta, para a produção dos componentes de produção e produtividade de grãos, como mencionado por Nóbrega *et al.* (1999). No entanto, a aplicação de paclobutrazol proporcionou redução do número de grãos e concentrou a distribuição de fotoassimilados para um número menor de grãos por plantas, proporcionando aumento da massa de 100 grãos.

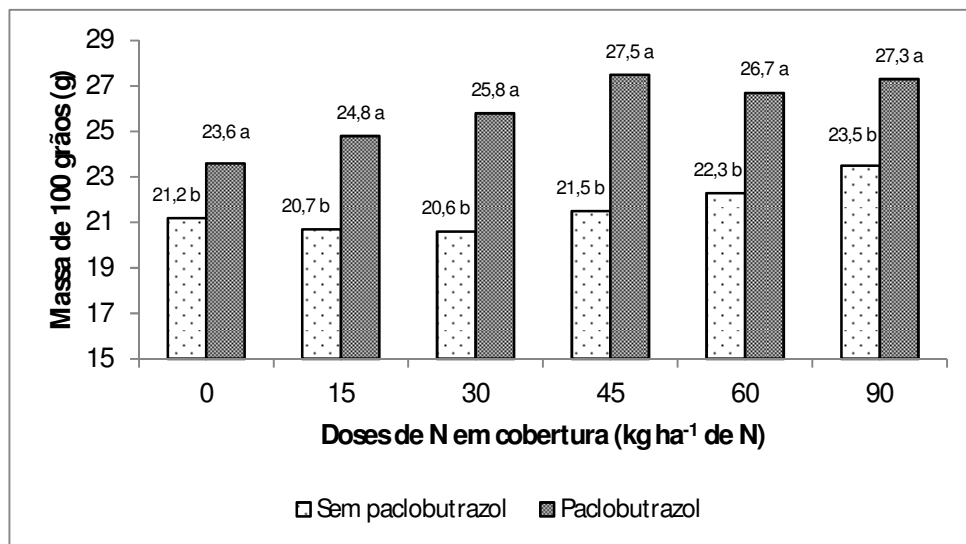


Figura 3. Desdobramento de regulador dentro de doses de nitrogênio, das interações significativas da análise de variância referente à massa de 100 grãos do feijão cv. IPR Juriti. Selvíria (MS), Brasil, 2011. Médias seguidas por letras distintas, dentro de cada dose, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

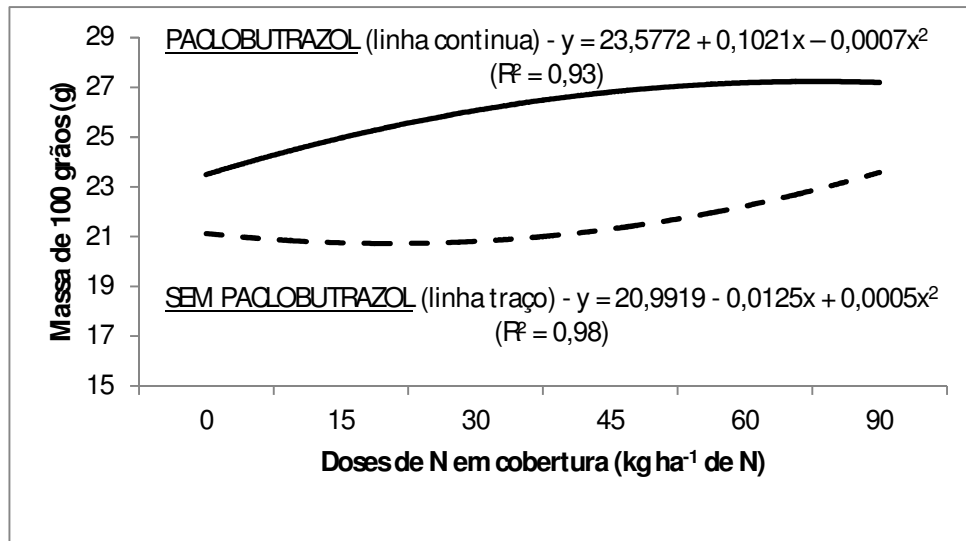


Figura 4. Desdobramento de doses dentro de regulador, das interações significativas da análise de variância referente à massa de 100 grãos do feijão cv. IPR Juriti. Selvíria (MS), Brasil, 2011.

Para a produtividade, a aplicação de paclobutrazol proporcionou valor inferior (1.860 kg ha^{-1}) em relação ao tratamento sem a sua aplicação (Tabela 2). Quanto às doses de nitrogênio, os resultados se ajustaram a equação quadrática, sendo a estimativa da dose e da produtividade de, 79 kg ha^{-1} de nitrogênio e 2.309 kg ha^{-1} , respectivamente. A redução na produtividade com a aplicação do regulador foi consequência do menor número de grãos por vagens e por planta. Não houve redução significativa no número de vagens por plantas, nos tratamentos com paclobutrazol. Desse modo, pode-se inferir que o número de ramos foi igual nos tratamentos com e sem aplicação de paclobutrazol, havendo redução apenas no comprimento dos mesmos, refletindo no comprimento das plantas, como observado no presente trabalho.

A redução no comprimento da planta ocorreu nos entrenós da haste principal e ramos, proporcionando plantas compactas. Embora a aplicação de paclobutrazol tenha incrementado a massa de 100 grãos, houve redução na produtividade devido o menor número de grãos por vagem e por planta. Segundo Senoo & Isoda (2003), a aplicação de paclobutrazol em amendoim no início do enchimento dos grãos, em doses semelhantes ao presente trabalho, reduziu o comprimento das plantas e aumentou o número de ramos secundários, vagens e grãos. Os autores mencionaram que a época de aplicação de paclobutrazol no início do enchimento dos grãos foi decisiva para aumentar a produtividade e melhorar a distribuição da massa seca para órgãos de reserva. As reservas provenientes da fotossíntese e nutrientes do solo se acumulam na casca das vagens para posteriormente serem transferidas para os grãos (PORTES *et al.*, 2009).

Como no presente trabalho a aplicação de paclobutrazol foi realizada no estágio V_{4-4} , aplicações mais tardias, como por exemplo, em R_7 (formação das vagens) e R_8 (enchimento das vagens), poderiam influenciar positivamente a quantidade de grãos por vagem e por planta, tendo em vista a maior eficiência do produto até a terceira semana após a aplicação (SENOO & ISODA, 2003), ou o parcelamento das doses em mais épocas de aplicação para aumentar a permanência do produto no metabolismo da planta, como também a avaliação de doses menores do regulador de crescimento.

CONCLUSÕES

A aplicação de paclobutrazol na dose de 375 g ha⁻¹ no estágio fenológico V_{4.4} reduziu o comprimento de planta de feijão em 21 cm.

O paclobutrazol proporcionou menores valores no teor de nitrogênio foliar nas doses 15 e 45 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura e redução do número de grãos por vagem e por planta e da produtividade.

Houve aumento da massa de 100 grãos com a aplicação de paclobutrazol.

As doses de nitrogênio influenciaram positivamente o índice de clorofila foliar, o teor de nitrogênio foliar, o número de vagens e de grãos por planta e a produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R. C. F. CRUSCIOL, C.A.C.; TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUES, J.D.; ALVAREZ, A.C.C. Influência do etil-trinexapac no acúmulo, na distribuição de nitrogênio (¹⁵N) e na massa de grãos de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1487-1496, 2007.

AMBROSANO, E.J.A.; WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; CANTARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p. 194-195. (Boletim Técnico 100)

ARF, O.; AFONSO, R.J.; JUNIOR, A.R.; SILVA, M.G.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura do sulco e adubação nitrogenada no cultivo do feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p. 499-506, 2008.

ARTECA, R. N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman & Hall, 1996. 332 p.

BANINASAB, B.; GHOBADI, C. Influence of Paclobutrazol and Application Methods on High-temperature Stress Injury in Cucumber Seedlings. **Plant Growth Regulation**, v. 30, p. 213-219, 2011.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237 p.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.

CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v. 89, n. 4, p. 557-562, 1997.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Roma, FAO, 1979. 197p. (FAO - Irrigation and Drainage Paper, 33)

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EL-SAYED, S.F. Growth and yield of snap bean under cold conditions as affected by growth regulators and pinolene. **Scientia Horticulturae**, v. 47, p. 193-200, 1993.

FLETCHER R.A.; GILLEY, A.; SANKHLA, N.; DAVIS, T.D. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. **Horticulture Review**, v. 24, p. 55–137, 2000.

KANEKO, F.H.; ARF, O.; GITTI, D.C.; ARF, M.V.; FERREIRA, J.P.; BUZETTI, S. Mecanismos de abertura de sulcos, inoculação e adubação nitrogenada em feijoeiro em sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 125-133, 2010.

KRAUS, T.E.; FLETCHER, R.A. Paclobutrazol protects wheat seedlings from heat and paraquat injury. Is detoxification of active oxygen involved? **Plant Cell Physiology**, v. 35, p. 45–52, 1994.

LIN, K.H.; PAI, F.H.; HWANG, S.Y.; LO, H.F. Pre-treating Paclobutrazol enhanced chilling tolerance of sweetpotato. **Plant Growth Regulation**, v. 49, p. 249–262, 2006.

LINZMEYER JUNIOR, R. GUIMARÃES, V.F.; SANTOS, D.; BENCKE, 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.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

NASCIMENTO, V. ARF, O.; SILVA, M.G.; BINOTTI, F.F.S.; RODRIGUES, R.A.F.; ALVAREZ, R.C.F. Uso do regulador de crescimento etil-trinexapac em arroz de terras altas. **Bragantia**, v. 68, p. 921-929, 2009.

NASCIMENTO, R.; MOSQUIM, P.R. Efeito do ácido giberélico e diferentes aminoácidos sobre as atividades da sintetase da glutamina e sintase do glutamato e sobre o crescimento de frutos de soja. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, p. 63-70, 2004.

NÓBREGA, L. B. da; VIEIRA, D.J.; BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, D.M.P. de. Hormônios e reguladores do crescimento e do desenvolvimento. In: BELTRÃO, N. E. M. (E.) **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999, p. 587-602.

OLIVEIRA, I.P.; ARAÚJO, R.S.; DUTRA, L.G. **Nutrição mineral e fixação biológica de N**. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p. 169-221.

PIMENTEL F.G.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

PORTES, T.A. Ecofisiologia. In: ARAÚJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Coords.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.101-137.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, n. 1, p. 501-531, 2000.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de**

adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285 p. (Boletim Técnico 100).

REIS, A.R.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, v. 65, p. 163-171, 2006.

SENOO, S.; ISODA, A. Effects of Paclobutrazol on dry matter distribution and yield in peanut. **Plant Production Science**, v. 6, n. 1, p. 90-94, 2003.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W.S.; KUNS, R.P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.

YAXLEY, J.R.; ROSS, J.J.; SHERRIFF, L.J.; REID, J.B. Gibberellin biosynthesis and root development in pea. **Plant Physiology**, v. 125, p. 627-633, 2001.