

PACLOBUTRAZOL NO CRESCIMENTO E DESEMPENHO PRODUTIVO DA SOJA SOB DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA¹

LUIZ FERNANDO PRICINOTTO^{2*}, CLAUDEMIR ZUCARELI³

RESUMO - Os reguladores vegetais vêm sendo utilizados em diferentes cultivos como técnica de manejo que visa reduzir o porte da planta e proporcionar alterações fisiológicas que promovam incrementos na produtividade. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos do regulador vegetal paclobutrazol no crescimento e desempenho produtivo da soja cultivada sob diferentes densidades de semeadura. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial ($2 \times 4 \times 4$), com quatro repetições, sendo duas populações de plantas (250 e 450 mil plantas ha^{-1}), quatro doses do regulador vegetal paclobutrazol (0; 12,5; 25,0 e 37,5 g de i.a. ha^{-1}) e quatro estádios de aplicação (V_3 , V_6 , R_1 e V_3+R_1). As médias para os efeitos dos estádios das aplicações e as populações de plantas foram submetidas a teste de Scott Knott a 5% de probabilidade e das doses do regulador à análise de regressão. A população de 450.000 pl ha^{-1} resultou em maior altura das plantas, maior acamamento e menor produtividade de grãos de soja. O uso de paclobutrazol no estádio V_3 da cultura da soja não reduziu a altura das plantas nem a produtividade de grãos, porém reduziu a porcentagem de acamamento, sendo que nos estádios de pleno desenvolvimento da cultura (V_6) ou no início do período reprodutivo (R_1) reduziu a altura e o acamamento, bem como, à produtividade de grãos da cultura. Os aumentos nas doses do regulador paclobutrazol resultaram na redução da altura das plantas, do acamamento e da produtividade de grãos da soja.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill. Acamamento. Triazol. Redutor de crescimento. Rendimento de grãos.

PACLOBUTRAZOL ON GROWTH AND YIELD PERFORMANCE OF SOYBEAN UNDER DIFFERENT PLANT DENSITIES

ABSTRACT - The growth regulators have been used in different cultures as cultural management technique that aims to reduce the size of the plant and also provide physiological changes that promote increases in grain yield. The objective of the study was to evaluate the effects of paclobutrazol on growth and yield performance of soybeans grown under different plant densities. The experimental design was a randomized block in factorial scheme ($2 \times 4 \times 4$), with four replications, two populations of plants (250 and 450.000 plants ha^{-1}), four doses of the plant growth regulator paclobutrazol (0, 12.5, 25.0 and 37.5 g ai ha^{-1}) and four stages of application (V_3 , V_6 , R_1 and $V_3 + R_1$). Averages for the effects of stadiums applications and plant populations underwent Scott Knott test at 5% probability of doses and the regulator to regression analysis. The population of 450.000 pl ha^{-1} resulted in greater plant height, lodging and most lower productivity of soybeans. The use of paclobutrazol at V_3 soybean crop did not reduce plant height or grain yield, but reduced the percentage of lodging, and in the stadiums full development of culture (V_6) or early reproductive period (R_1) reduced height and lodging, as well as the grain yield of the crop. Increases in doses regulator paclobutrazol resulted in reducing plant height, lodging and grain yield of soybean.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill. Lodging. Triazol. Growth reducer. Grain yield.

* Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em.08/02/2013; aceito em.09/07/2014.

²Programa de Pós-graduação em Agronomia, UEL, Caixa Postal 10011, CEP: 86.057-970, Londrina-PR, lfpricinotto@hotmail.com.

³Programa de Pós-graduação em Agronomia, UEL, Caixa Postal 10011, CEP: 86.057-970, Londrina-PR, claudemircca@uel.br.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) apresenta grande importância socioeconômica e nos últimos anos vem obtendo ganhos de produtividade significativos, os quais são relacionados a fatores como a aquisição e uso de tecnologias adequadas pelos produtores, o fomento da pesquisa e a obtenção de novas variedades mais produtivas e menos susceptíveis as condições adversas que venham acometer a cultura (CARVALHO et al., 2010; LINZMEYER JUNIOR et al., 2008).

Uma das atuais linhas de pesquisa em busca de maiores produtividades é o uso de reguladores vegetais e/ou fitorreguladores que são substâncias sintéticas que possuem ações similares à dos fitormônios endógenos (CHORBADJIAN et al., 2011; SOUZA et al., 2013), onde esses promovem, inibem ou modificam processos fisiológicos e morfológicos dos vegetais (RAVEN et al., 2007; TAIZ ; ZEIGER, 2009).

Esses produtos têm sido utilizados em grandes culturas como algodão, trigo, arroz e cevada visando principalmente reduzir o porte da planta, facilitando a colheita e evitando perdas por acamamento (MOTERLE et al., 2011). O acamamento é favorecido por: altas densidades de plantas, elevados níveis das adubações e condições climáticas, como excesso de chuvas (CATO; CASTRO, 2006). O acamamento na cultura da soja pode reduzir a produtividade devido à perda considerável de grãos que não são recolhidos pela plataforma de corte e por perdas indiretas ocasionadas pela alteração do micro clima da cultura acamada (WIERSMA et al., 1986).

O paclobutrazol (PBZ) [(2RS,3RS)-1-(4-clorofenil)-4, 4- dimetil-2-(1,2,4- triazol)-3-pentanol] é um dos triazóis com efeito regulador do crescimento de vegetais, muito utilizado em hortaliças na redução de tamanho das plantas (SELEGUINI et al., 2011; SILVA; FARIA JUNIOR, 2011), como indutor de florescimento em frutíferas (FONSECA et al., 2005; MOUCO; ALBUQUERQUE, 2005) e na produção de flores e manejo da altura de plantas de girassol (PINTO, 2005; WANDERLEY et al., 2007).

O PBZ age inibindo a síntese das giberelinas na planta através da inibição da formação do entcaureno, composto precursor da giberelina em sua rota de formação (ZHENG et al., 2012). A redução nos níveis de giberelina na planta acarreta na redução do seu crescimento visto que a mesma é responsável pela divisão e elongação celular (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O uso de reguladores vegetais inibidores de giberelina pode aumentar o rendimento de grãos de soja não somente pela redução do acamamento, mas também, por proporcionar crescimento radicular mais vigoroso, folhas mais curtas, largas e horizontais (LINZMEYER JUNIOR et al., 2008).

Ghorbadjian et al. (2011), afirmam que o PBZ

pode reduzir o crescimento das plantas o que irá aumentar a disponibilidade de fotoassimilados para produção de metabólitos secundários. Zheng et al. (2012) estudaram os efeitos do PBZ (300 mg L⁻¹) em plantas de *Lilium* Oriental e observaram a redução do crescimento vegetativo, o que favoreceu o transporte de fotoassimilados para os bulbos.

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a influência de diferentes doses e épocas de aplicação do regulador vegetal paclobutrazol no crescimento e desenvolvimento e na produtividade da cultura da soja em duas densidades de plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido a campo, durante a safra 2009/10 na Fazenda São José, município de Rolândia - PR, a qual apresenta altitude de 650m, latitude 23° 19' 35" S, e longitude 51° 18' 53" W. O clima segundo a classificação de Koppen é definido como Subtropical (Cfa), com verões quentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, mas sem estação seca definida. Os dados climáticos durante a condução do experimento foram obtidos na estação meteorológica do Instituto Tecnológico Simepar a qual fica localizada na sede do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) em Londrina - PR (Figura 1).

A área é conduzida no sistema de plantio direto na palha, sendo seu solo classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (EMBRAPA, 2006). Previamente a instalação do experimento foi realizada análise química do solo na camada de 0 a 20 cm, a qual apresentou as seguintes características: pH_{água} = 5,88; P = 11,47 mg dm⁻³; K⁺ = 0,30 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 4,28 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1,05 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,00 cmol_c dm⁻³; H⁺+Al³⁺ = 3,37 cmol_c dm⁻³; CTC_{efetiva} = 5,63 cmol_c dm⁻³, saturação de bases (V) = 62,5% e matéria orgânica (MO) = 14,24 g dm⁻³. Com base no resultado da análise de solo foi definida a adubação de semeadura, sendo utilizado 300 Kg ha⁻¹ do fertilizante formulado com as quantidades de 02, 15 e 15 quilos de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, para cada 100 quilos do fertilizante.

A cultivar de soja utilizada foi a BRS 232, a qual apresenta grupo de maturidade 6.9 (ciclo de cerca de 130 dias), altura média de 80cm, hábito de crescimento determinado e tendência ao acamamento em cultivos com populações acima de 250.000 plantas ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (2 × 4 × 4), com quatro repetições, sendo os tratamentos obtidos pelas combinações de duas populações de plantas (250 e 450 mil plantas ha⁻¹), quatro doses do regulador vegetal paclobutrazol pré-definidas em experimentos preliminares (0,0; 12,5; 25,0 e 37,5 g de i.a.

ha⁻¹) e quatro estádios de aplicação (V₃, V₆, R₁ e V₃+R₁), definidos segundo sistema proposto por Fehr e Caviness (1977), totalizando 128 parcelas. A parcela experimental foi constituída por nove linhas com 6m de comprimento, espaçadas em 0,45m. As

avaliações foram realizadas nas cinco linhas centrais, excluindo as quatro linhas laterais mais 0,5m de cada extremidade da parcela, totalizando 11,2 m² de área útil.

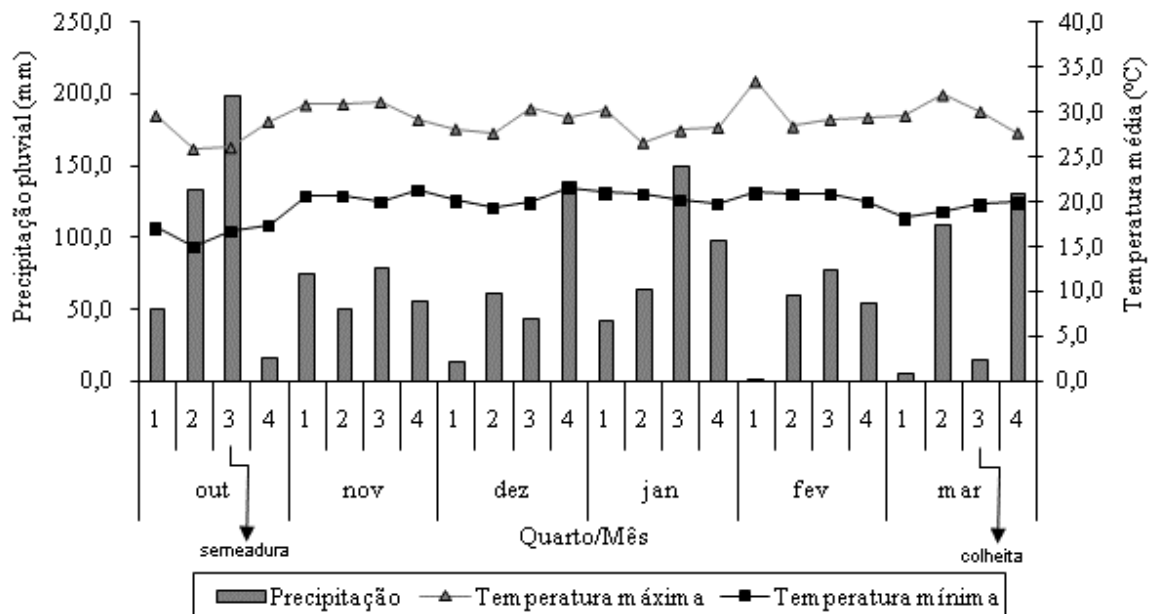


Figura 1. Precipitação (somatório) e temperatura máxima e mínima (média) de cada quarto dos meses de condução do experimento na safra 2009/10. Fonte: Instituto Tecnológico Simepar – Estação Meteorológica de Londrina-PR.

A semeadura da cultura foi realizada em 20 de outubro de 2009, onde para obtenção das diferentes populações de plantas foram semeadas 25 sementes por metro linear, onde posteriormente foi realizado o raleio manual nas parcelas, conforme as densidades pré-definidas. O regulador vegetal foi aplicado com o uso de equipamento de pressurização com CO₂, com vazão de 150 L ha⁻¹, nas dosagens e épocas supracitadas, sendo utilizado anteparo plástico (lona) para evitar a deriva da calda pulverizada sobre as parcelas adjacentes.

Foram realizadas avaliações de altura de plantas (15 plantas por parcela) semanalmente a partir da primeira semana após a aplicação do regulador vegetal no estádio V₃, para todos os tratamentos, sendo que esta avaliação transcorreu até o momento em que cessou o crescimento das plantas. A altura de plantas foi aferida com auxílio de trena graduada compreendendo a distância em cm entre a superfície do solo e a gema apical das plantas.

Para avaliação da percentagem de acamamento foi utilizada a escala de notas elaborada por Arf et al. (2001), sendo: nota 0 para 0% de plantas acamadas; 1 para até 5%; 2 para o intervalo de 5 a 25%; 3 de 25 a 50%; 4 de 50 a 75%; e 5 de 75 a 100% de plantas acamadas.

Após a maturação da cultura (R₈), foi realizada a colheita manual da área útil das parcelas, onde foi avaliada a produtividade de grãos com resultado

expresso em kg ha⁻¹ e corrigido para umidade de 130 gramas de água por quilograma de grãos.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa estatístico SISVAR. As médias dos efeitos dos estádios em que o regulador vegetal foi aplicado e das populações de plantas foram submetidas a teste de Scott Knot a 5% de probabilidade e a dos efeitos das doses do regulador foram submetidas à análise de regressão. Independente da obtenção da interação significativa ou não, procedeu-se os desdobramentos necessários.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento da cultura do presente trabalho não foi comprometido por intempéries climáticas, principalmente de ordem pluviométrica (Figura 1), visto que no decorrer da safra a precipitação foi bem distribuída. A temperatura do ar também não se apresentou como fator limitante para o desenvolvimento da cultura, onde os valores mínimos situaram-se acima da temperatura basal mínima, a qual é de 10 °C, enquanto que os valores máximos foram inferiores a temperatura basal máxima de 40 °C (EMBRAPA, 2012).

Foram observados efeitos significativos para as alturas de plantas aferidas semanalmente em todas as avaliações (Tabela 1). Quanto à interação tripla, esta

não foi significativa, porém foi observada significância na interação entre dose de paclobutrazol e época de aplicação sendo realizado seu desdobramento (Tabela 2).

Tabela 1. Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas altura de plantas aos 7, 14, 21, 28, 35, 42 Dias após a aplicação de PBZ em V₃ (DAA).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio da altura de plantas					
		7DAA	14DAA ¹	21DAA	28DAA ²	35DAA	42DAA
População (P)	1	0,871 *	157,442 *	856,617 *	1.735,26 *	2.388,26 *	1.285,56 *
Dose (D)	3	4,081 *	11,142 *	18,633 *	176,644 *	597,350 *	403,523 *
Época (E)	3	12,541 *	41,718 *	52,329 *	175,134 *	156,312 *	213,957 *
P x D	3	0,115 ns	0,329 ns	1,143 ns	1,925 ns	6,241 ns	20,729 ns
P x E	3	0,184 ns	2,013 ns	2,406 ns	4,061 ns	15,847 ns	11,373 ns
D x E	9	0,885 *	5,420 *	20,668 *	19,543 *	82,832 *	38,418 *
P x D x E	9	0,163 ns	1,250 ns	2,789 ns	2,574 ns	4,054 ns	6,087 ns
Bloco	3	0,289 ns	0,265 ns	12,512 ns	31,055 ns	12,844 ns	9,766 ns
Resíduo	93	0,193	0,989	5,768	8,801	9,335	8,996
CV (%)		2,71	3,39	6,36	5,34	4,00	3,55
Média Geral		16,21	29,35	37,76	55,55	76,29	84,55

* - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns - não-significativo pelo teste F; ¹ - aplicação do regulador no estádio V₆; ² - aplicação do regulador no estádio R₁.

Tabela 2. Médias de altura das plantas de soja submetidas a doses e épocas de aplicação de paclobutrazol com aferições realizadas semanalmente em todos os tratamentos, com início sete dias após a aplicação no estádio V₃ até o término do seu crescimento aos 42 dias após a primeira aplicação (DAA).

Dose (g i.a. ha ⁻¹)	Estádio da aplicação	Altura de plantas (cm)							
		7 DAA	14 DAA ¹	21 DAA	28 DAA ²	35 DAA	42 DAA		
0	V ₃	16,65 a	30,01 a	39,09 a	58,64 a	82,23 a	89,60 a		
0	V ₆	16,73 a	29,95 a	38,11 a	57,71 a	80,33 a	88,50 a		
0	R ₁	16,86 a	30,40 a	39,27 a	58,85 a	81,10 a	88,11 a		
0	V ₃ +R ₁	16,20 a	30,27 a	38,89 a	59,24 a	81,20 a	89,60 a		
12,5	V ₃	16,05 b	28,35 b	37,03 b	55,35 a	80,73 a	87,43 a		
12,5	V ₆	16,93 a	30,53 a	36,58 b	52,94 b	77,08 b	86,41 a		
12,5	R ₁	16,83 a	30,40 a	39,60 a	57,36 a	77,68 b	83,73 a		
12,5	V ₃ +R ₁	15,66 b	28,23 b	37,41 b	56,38 a	76,80 b	84,78 a		
25	V ₃	15,34 b	28,01 b	36,93 b	57,50 a	78,82 a	89,15 a		
25	V ₆	16,71 a	30,44 a	35,96 b	50,11 b	74,91 b	82,51 b		
25	R ₁	16,68 a	30,20 a	39,68 a	56,78 a	73,13 b	79,30 b		
25	V ₃ +R ₁	15,51 b	27,68 b	37,38 b	56,31 a	71,83 b	80,84 b		
37,5	V ₃	15,00 b	26,79 b	35,96 b	54,15 a	76,32 a	86,36 a		
37,5	V ₆	16,55 a	30,38 a	35,69 b	47,61 b	70,36 b	81,50 b		
37,5	R ₁	16,67 a	30,40 a	39,71 a	56,14 a	69,73 b	78,82 b		
37,5	V ₃ +R ₁	14,95 b	27,55 b	36,87 b	53,69 a	68,38 b	76,12 c		
CV(%)		2,74	3,35	6,48	5,55	4,03	3,55		

Desdobramento da interação épocas x doses. Médias seguidas da mesma letra na coluna em cada dose, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott Knot; ¹ - data da aplicação do regulador no estádio V₆; ² - data da aplicação do regulador no estádio R₁.

A ação do regulador vegetal ocorreu logo após a aplicação, sendo seus efeitos observados na primeira semana independente do estádio em que esse foi aplicado (Tabela 2). A rápida resposta observada na altura de plantas de soja após o uso de inibidor de síntese de giberelinas também foi observado por Linzmeyer Junior et al. (2008). Davies (2004),

expõe que o uso de redutores de crescimento inibidores de síntese de giberelinas, como o paclobutrazol diminuem os níveis deste hormônio nas plantas, o que acaba por reduzindo a divisão e a alongação celular, refletindo em redução no crescimento das plantas.

Esse menor porte das plantas é explicado pelo

modo de ação desse regulador, o qual age inibindo a síntese de giberelinas, reduzindo assim, a divisão e a alongação celular (DAVIES, 2004).

Aos 7 e 14 DAA as plantas de soja apresentaram menor altura que as plantas não tratadas com o regulador. Porém com 21DAA, as plantas que receberam a aplicação do regulador em V₆ apresentam menor altura que as plantas que ainda não receberam a aplicação do regulador (R₁), igualando-as em termos de altura com as plantas aplicadas em V₃. Com 28 DAA observou-se uma recuperação da altura das plantas onde o regulador foi aplicado em V₃, sendo que essas apresentam valores estatisticamente iguais aos das plantas ainda sem a aplicação do regular (R₁), demonstrando assim uma retomada no crescimento. Decorridos mais sete dias (35 DAA), notam-se os efeitos da aplicação do regulador em R₁, onde as plantas tratadas neste estágio têm suas alturas menores que às aplicadas em V₃ e iguais as aplicadas em V₆, efeitos também observados com 42 DAA. Dessa forma, quando o regulador foi aplicado em V₃, o efeito deste na altura das plantas foi observado

logo aos 7 DAA, porém este efeito foi compensado pelo crescimento da planta nos estádios seguintes não sendo observado efeito do regulador na altura das plantas de soja 42 DAA (Tabela 2), evidenciando a afirmação de Linzmeyer Junior et al. (2008) de que o efeito dos inibidores de síntese de giberelinas é temporário.

A molécula do paclobutrazol possui baixa mobilidade nos tecidos vegetais, dessa forma, conforme são gerados novos tecidos de crescimento no ápice do caule, esses não são submetidos aos efeitos do regulador, retomando assim o crescimento normal das plantas (ESPINDULA et al., 2010), justificando portanto os resultados observados neste estudo. Para altura final das plantas, acamamento e produtividade de grãos, pode-se observar efeitos significativos (P<0,05) para as fontes de variação estudadas (Tabela 3). Quanto à análise da interação entre as doses, épocas de aplicação e populações de plantas, esta não foi significativa, porém foram observados efeitos significativos para a interação doses de regulador e épocas de aplicação.

Tabela 3. Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) para altura de plantas (ALT), acamamento (ACM) e produtividade (PRO).

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		ALT	ACM	PRO
População	1	1.764,77405 *	17,25781 *	3.331.425,781 *
Dose	3	418,66351 *	26,34115 *	58.271,385 *
Época	3	147,35292 *	0,82031 ns	11.348,427 ns
População*Dose	3	4,31329 ns	0,13281 ns	6.791,718 ns
População*Época	3	9,39815 ns	0,19531 ns	5.183,177 ns
Dose*Época	9	29,50295 *	1,32031 *	60.011,031 *
População*Dose*Época	9	5,77980 ns	0,45920 ns	2.776,503 ns
Bloco	3	8,73249 ns	2,29948 *	84.933,281 *
Resíduo	93	7,89075	0,57905	15.084,668
CV (%)		3,31	15,83	4,19
Média Geral		84,97	25,26	2.929,55

*- Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, ns- não-significativo pelo teste F.

A população de plantas normalmente recomendada para a cultivar BRS 232 (250.000 pl ha⁻¹) apresentou menor altura em relação a população de 450.000 pl ha⁻¹ (Tabela 4). Esse efeito é atribuído à maior competição entre as plantas ocasionada pela alteração na qualidade da radiação incidente, tendo um aumento na proporção da radiação difusa em relação a radiação total, o que promove maior alongação do colmo objetivando que as folhas da parte superior do caule possam obter incidência direta da radiação solar. Os mesmos efeitos foram relatados por Linzmeyer Junior et al. (2008) e Rambo et al. (2003).

As plantas de soja apresentaram menor altura com o aumento das doses de paclobutrazol para as

duas populações utilizadas, com exceção da aplicação em V3 (Figura 2). Redução na altura de plantas de soja também foi observada por Souza et al. (2013) com a aplicação dos redutores cloreto de cloromequante (25 g i.a. ha⁻¹) e cloreto de clorocolina (400 g i.a. ha⁻¹). As giberelinas são responsáveis pela divisão e alongação celular, o PBZ age impedindo a síntese das giberelinas, assim, seu uso acarreta na redução da divisão e alongação celular das plantas tratadas reduzindo seu crescimento (DAVIES, 2004). O efeito redutor da altura de plantas causado pelo uso do paclobutrazol também foi relatado em plantas de girassol por Wanderley et al. (2007) e na cultura do trigo por Espindula et al. (2009).

Tabela 4. Médias de altura final, acamamento e produtividade de soja, em função da população de plantas.

População (pl ha ⁻¹)	Altura de plantas (cm)	Acamamento (%)	Produtividade (Kg ha ⁻¹)
250.000	85,1 b	42,1 b	3.157,6 a
450.000	93,6 a	57,4 a	2.804,6 b
CV(%)	3,31	15,83	4,19

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott Knot (p<0,05).

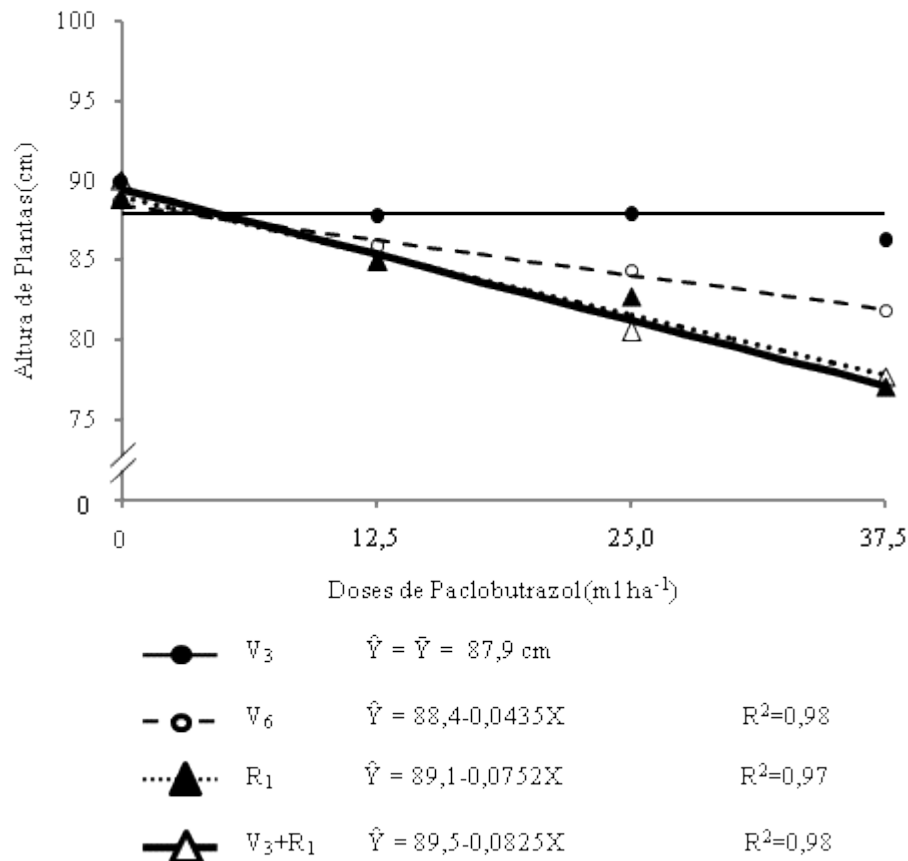


Figura 2. Altura de plantas de soja submetidas a doses de Paclobutrazol, aplicadas em diferentes estádios de desenvolvimento.

O efeito do regulador na altura final das plantas foi observado de forma diferenciada conforme o estágio de desenvolvimento em que este foi aplicado (Figura 2). Quando aplicado no estágio V₃ o paclobutrazol não alterou a altura final das plantas de soja, independentemente da dose utilizada, nas duas populações de plantas. Mesmo apresentando redução na altura das plantas dias após o uso do PBZ, com o decorrer do desenvolvimento da cultura as plantas retomaram sem crescimento normal, não apresentando diferença entre as plantas tratadas ou não no final de seu ciclo.

Para os demais estádios foi observado decréscimo linear na altura final das plantas com o incremento das doses do regulador vegetal, sendo este efeito mais acentuado quanto aplicado em estádios mais avançados do desenvolvimento da cultura (V₆ e R₁) (Figura 2). Estes resultados se devem à inibição do crescimento em estádios de intensa alongação do caule das plantas, onde as taxas de crescimento lon-

gitudinal são altas e determinantes para a altura final (RITCHIE et al. 1997). Linzmeyer Junior et al. (2008), realizando a aplicação de trinexapac-etil na cultura da soja em V₆, também verificaram uma menor altura das plantas tratadas, onde essa teve relação direta com o aumento da dosagem.

As precipitações regulares ocorridas durante a condução do experimento (Figura 1), aliadas a adequada condição de fertilidade do solo favoreceram o acamamento da cultura, principalmente na população de 450.000 pl ha⁻¹, resultados semelhantes foram relatados por Rezende et al. (2004) que observaram o incremento no acamamento da cultura de soja com o aumento da sua população de plantas, principalmente acima de 500.000 pl ha⁻¹, onde os autores afirmam que o maior sombreamento, provocado por densidades elevadas, promove maior altura de plantas, devido a maior competição pela radiação incidente, favorecendo o acamamento.

O Paclobutrazol reduziu os níveis de acamamento da

cultura conforme o aumento das doses para todas as épocas de aplicação (Figura 3). Mesmo não afetando a altura das plantas de soja, a aplicação do regulador de crescimento no estágio V₃ reduziu os níveis de acamamento, efeito proporcionado possivelmente pelo aumento da espessura das hastes, assim como afirmado por Souza et al. (2013), onde os autores observaram incremento no diâmetro das hastes de plantas de soja com o uso de redutor de crescimento

trinexapac-ethyl e atribuem os efeitos ao fato dos fotoassimilados terem sido desviados do destino de aumentar a estatura das plantas e desta forma proporcionar aumento no diâmetro das hastes. Penckowski (2009) afirma que o uso de trinexapac-etil na cultura do trigo promove resistência ao acamamento, engrossamento do colmo, além do aumento na quantidade de lignina presente em seus tecidos.

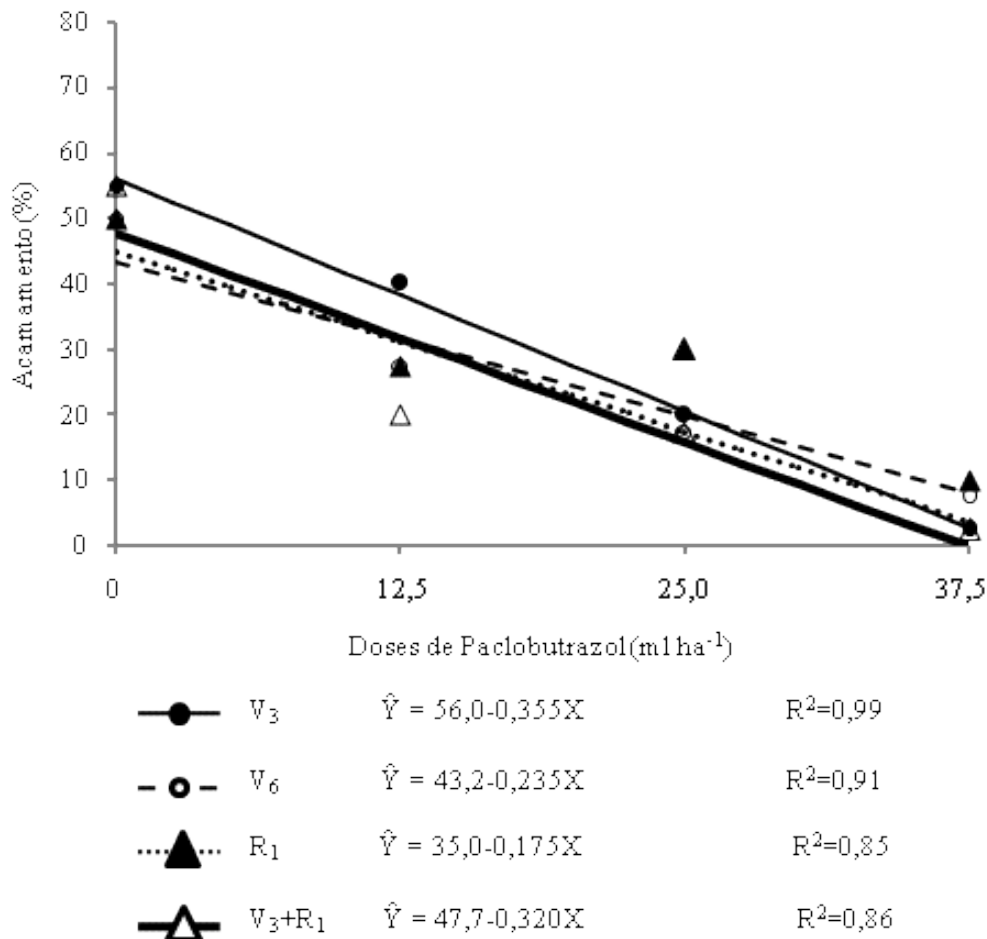


Figura 3. Porcentagem de acamamento de plantas de soja submetidas a doses de Paclobutrazol, aplicadas em diferentes estágios de desenvolvimento.

A produtividade da cultivar de soja BRS 232 quando cultivada na população de 250.000 pl ha⁻¹ foi significativamente maior do que quando cultivada com a população de 450.000 pl ha⁻¹ (Tabela 4). De acordo com Vasquez et al. (2008), o uso de populações de plantas acima da recomendada, além de acarretar aumento nos gastos com sementes, pode levar ao aumento da altura e acamamento de plantas, corroborando com os resultados obtidos nesse estudo. A redução na produtividade observada com o uso da maior população de plantas pode estar associada a maior incidência do acamamento na lavoura, visto que o acamamento contribui para maior incidência de doenças, redução na translocação e assimilação de minerais e decréscimo da taxa fotossintética

(WIERSMA et al., 1986).

Foi observada redução na produtividade da cultura da soja com o aumento das doses de paclobutrazol (Figura 4). Trabalho realizado na cultura da soja por Linzmeyer Junior et al. (2008), não demonstrou efeito do regulador vegetal trinexapac-ethyl sobre os componentes de produção, nem sobre a produtividade da cultura. O mesmo foi observado por Espindula et al. (2009) em experimento onde os autores não observaram efeitos das doses de 40, 80 e 120 g ha⁻¹ de paclobutrazol sobre a produtividade de grãos na cultura do trigo. Por outro lado, efeitos positivos do uso do paclobutrazol sobre a massa de 100 grãos foram observados em arroz por Alvarez et al. (2007).

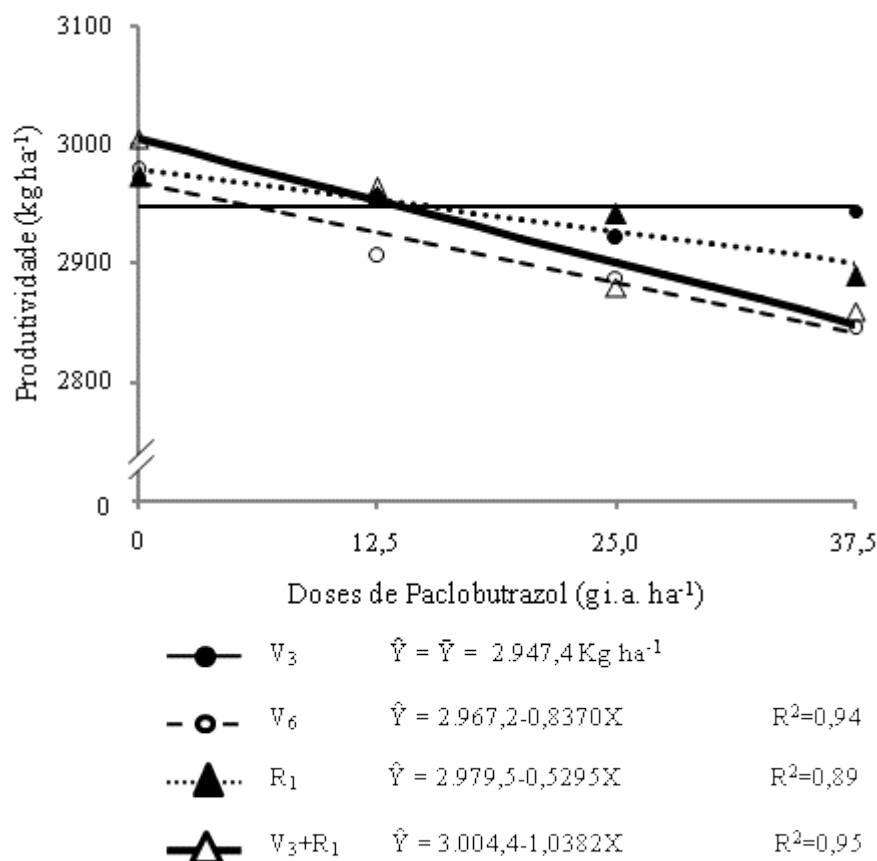


Figura 4. Produtividade de grãos da cultura da soja, submetidas a doses de Paclobutrazol, aplicadas em diferentes estádios de desenvolvimento.

No desdobramento das doses e estádios de aplicação de paclobutrazol, não foi observado efeito significativo das aplicações em V₃ sobre a produtividade da cultura. Porém, quando o regulador foi aplicado de forma isolada nos estádios V₆ e R₁ ou sequencial em V₃ + R₁, estas aplicações resultaram em redução significativa da produtividade da cultura conforme o aumento das doses, sendo que a aplicação sequencial apresentou uma taxa de redução na produtividade, cerca de 24 e 96 % maior que as aplicações isoladas em V₆ e R₁, respectivamente (Figura 4).

Linzmeier Junior et al. (2008) não observaram efeito do trinexapac-etil sobre os componentes de produção e a produtividade da cultura da soja, mas afirmam que como o efeito residual do regulador é baixo, este não esteve presente nos estádios reprodutivos da cultura, pois foi realizada apenas uma aplicação durante o período vegetativo. Por outro lado, Espindula et al. (2009) afirmam que o uso de regulador vegetal, pode reduzir o rendimento devido seu efeito de redução da área fotossintética (área foliar), bem como, redução das reservas armazenadas que serão posteriormente translocadas para o enchimento dos grãos devido a menor massa seca produzida pelas plantas submetidas ao regulador.

Souza et al. (2013) observaram redução na produtividade de grãos de soja (12%) com o uso de trinexapac-etil e afirmam que a aplicação entre os

estádios R₁ e R₂ provocou a retenção de fotoassimilados nas demais partes da planta favorecendo a formação de grãos chochos, reduzindo a massa de mil grãos.

Assim como citado por Linzmeier Junior et al. (2008) e Espindula et al. (2009), possivelmente a aplicação de paclobutrazol no estágio V₃ da cultura da soja no presente trabalho teve efeito temporário não afetando características da plantas definidas posteriormente que pudessem vir a reduzir a produtividade da cultura, como a redução da área fotossintética, de metabólitos de reserva e do número de flores e/ou vagens.

Por outro lado, o uso do paclobutrazol no estágio V₆, inibiu a síntese de giberelinas, reduzindo o porte da planta, com efeitos permanentes até o final do ciclo, e possivelmente reduzindo a divisão e a alongação celular em um momento essencial para o desenvolvimento das plantas. Essa redução no crescimento pode ser prejudicial, pois ocorre em um momento de elevadas taxas de crescimento e desenvolvimento que são responsáveis pela definição do número de gemas, ramos laterais, tamanho e número das folhas, componentes esses primordiais para definição de número de inflorescências (RITCHIE et al., 1997). Da mesma forma, a redução nas taxas de divisão e alongação celular a partir do estágio R₁, provavelmente interferiu de forma negativa no estabelecimento do número de vagens e de grãos por vagem. A

formação destes componentes de produção é geralmente comprometida quando a planta é submetida a qualquer tipo de estresse (RITCHIE et al., 1997).

Efeito semelhante foi observado pelo uso de Trinexpac-etil em arroz por Alvarez et al. (2007), onde os autores afirmam que a redução do número de espiguetas granadas com o uso do regulador se deve pela interferência deste no processos de formação das flores e na formação dos gametas masculino e feminino. O autor também observou o mesmo efeito negativo sobre o número de panículas m⁻² na cultura do arroz com o uso de paclobutrazol. Zagonel e Fernandes (2007) salientam que a aplicação tardia de reguladores pode ser prejudicial a processos reprodutivos das plantas.

Como a colheita do experimento foi realizada manualmente coletando todas as plantas da área útil, inclusive as acamadas, caso a colheita fosse realizada da forma mecanizada o efeito do paclobutrazol em reduzir o acamamento poderia ter compensado a redução da produtividade, podendo até gerar ganhos nessa característica aferida, principalmente em V3 onde não foi observada redução da produtividade.

Independente dos resultados observados neste trabalho deve-se salientar o potencial uso de reguladores de crescimento na cultura da soja, onde se fazem necessários novos estudos visando avaliar seus efeitos sobre um maior número de cultivares, com diferentes hábitos de crescimento, ciclo e potencial produtivo, objetivando identificar como e em que situações essa tecnologia pode ser utilizada visando potencializar a produtividade e/ou reduzir custos na cultura da soja.

CONCLUSÃO

Populações mais altas resultam em maior altura das plantas, maior acamamento e menor produtividade de grãos de soja.

Aplicações precoces de paclobutrazol (estádio V₃) não reduzem a altura das plantas nem a produtividade de grãos, porém reduzem a porcentagem de plantas acamadas.

O uso do regulador de crescimento paclobutrazol nos estádios de pleno desenvolvimento da cultura (V₆) ou no início do período reprodutivo (R₁) reduzem a altura e o acamamento das plantas, porém podem prejudicar à produtividade de grãos da cultura em doses acima de 12,5 g de i.a. ha⁻¹.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R. C. F. et al. Aplicação de reguladores na cultura do arroz de terras altas. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 29, n. 2, p. 241-249, 2007.

ARF, O. et al. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 6, p. 871-879, 2001.

CARVALHO, E. R. et al. Desempenho de cultivares de soja [*Glycine Max* (L.) Merrill] em cultivo de verão no sul de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 4, p. 892-899, 2010.

CATO, S. C.; CASTRO, P. R. C. Redução da altura de plantas de soja causada pelo ácido 2,3,5-triodobenzóico. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 981-984, 2006.

CHORBADJIAN, R. A.; BONELLO, P.; HERMS, D. A. Effect of the growth regulator paclobutrazol and fertilization on defensive chemistry and herbivore resistance of Australian pine (*Pinus nigra*) and Paper birch (*Betula papyrifera*). *Arboriculture & Urban Forestry*, v. 37, n. 6, p. 278-287, 2011.

DAVIES, P. J. **Plant hormones: biosynthesis, signal transduction, action!** 3. ed. The Netherlands: Springer Publishes, 2004. 750 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Tecnologia de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2012. 262 p.

ESPINDULA, M. C. et al. Use of growth retardants in wheat. *Revista Planta Daninha*, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 379-387, 2009.

ESPINDULA, M. C. et al. Efeitos de reguladores de crescimento na alongação do colmo de trigo. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 32, n. 1, p. 109-116, 2010.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p.

FONSECA, N.; CASTRO NETO, M. T.; LEDO, C. A. S. Paclobutrazol e estresse hídrico no florescimento e produção de manga (*Mangifera indica*) “Tommy Atkins”. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 21-24, 2005.

LINZMEYER JUNIOR, R. et al. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.

MOTERLE, L. M. et al. Efeito de biorregulador na

- germinação e no vigor de sementes de soja. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 5, p. 651-660, 2011.
- MOUCO, M. A. C.; ALBUQUERQUE, J. A. S. Efeito de paclobutrazol em duas épocas de produção de mangueira. **Revista Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 219-225, 2005.
- PENCKOWSKI, L. H. **Utilizando regulador de crescimento na cultura do trigo: Aspectos importantes para garantir bons rendimentos**. 2. ed. Passo Fundo: Fundação ABC, 2009. 60 p.
- PINTO, A. C. R. et al. Growth retardants on development and ornamental quality of potted. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 4, p. 377-345, 2005.
- RAMBO, L. et al. Rendimento de grãos de soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 856 p.
- REZENDE, P. M. et al. Efeito da semeadura a lanço e da população de plantas no rendimento de grãos e outras características da soja [Glycine Max (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 28, n. 3, p. 499-504, 2004.
- RITCHIE, S.W. et al. **How a soybean plant develops**. Ames, Special Report, n. 53, 1997. 21 p.
- SELEGUINI, A. et al. Vida útil e qualidade de frutos de tomateiros tratados com paclobutrazol. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 4, p. 470-475, 2011.
- SILVA, K. S.; FARIA JUNIOR, M. J. A. Uso de paclobutrazol como estratégia para redução do porte e da brotação lateral de plantas de tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 539-546, 2011.
- SOUZA, C. A. et al. Arquitetura de plantas e produtividade de soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 3, p. 634-643, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 820 p.
- VASQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 1-11, 2008.
- WANDERLEY, C. S.; REZENDE, R.; ANDRADE, C. A. B. Efeito de paclobutrazol como regulador de crescimento e produção de flores de girassol em cultivo hidropônico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1672-1678, 2007.
- WIERSMA, D. W.; OPLINGER, E. S.; GUY, S. O. Environment and cultivar effects on winter wheat responses to ethephon plant growth regulator. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 5, p. 761-764, 1986.
- ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Doses e época de aplicação do regulador de crescimento afetando cultivares de trigo em duas doses de nitrogênio. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 331-339, 2007.
- ZHENG, R.; WU, Y.; XIA, Y. Chlorocholine chloride and paclobutrazol treatments promote carbohydrate accumulation in bulbs of Liliium Oriental hybrids 'Sorbone'. **Journal of Zhejiang University**, v. 13, n. 2, p. 136-144, 2012.