

Aplicação de reguladores vegetais na cultura de arroz de terras altas

Rita de Cássia Félix Alvarez^{1*}, Carlos Alexandre Costa Crusciol¹, João Domingos Rodrigues² e Angela Cristina Camarim Alvarez¹

¹Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, Fazenda Experimental Lageado, Cx. Postal 237, 18603-970, Botucatu, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil. Autor para correspondência. E-mail: rcalvarez@pop.com.br

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi identificar o regulador vegetal e dose mais adequada visando à redução da altura da planta e acamamento e a interferência destes nos componentes da produção e produtividade de grãos de arroz de terras altas irrigado por aspersão. Os tratamentos foram constituídos de três reguladores vegetais e quatro doses. O cloreto de mepiquat (PIX) e o etil-trinexapac (Moddus) foram aplicados nas doses 0, 2000, 4000 e 8000 mg L⁻¹ e o paclobutrazol (Paclobutrazol ou Cultar) foi aplicado nas doses 0, 1000, 2000 e 4000 mg L⁻¹, do produto comercial. Os reguladores vegetais foram aplicados no estágio de perfilhamento, utilizando o cultivar Primavera. Constatou-se que a aplicação do etil-trinexapac reduziu a altura da planta e influenciou negativamente os componentes da produção e produtividade de grãos. Não foi identificada uma dose “ideal” que reduzisse a altura da planta e proporcionasse aumento na produtividade de grãos.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., acamamento, altura da planta, componentes da produção e produtividade de grãos.

ABSTRACT. Effect of vegetal regulators on sprinkler-irrigated highland rice. The present work aims to identify the vegetal regulators and optimum dose to reduce plant height and layering and their influence on production and productivity components in sprinkler-irrigated highland rice grains. Treatments consisted of three vegetal regulators and four doses. Mepiquat chloride (Pix) and ethyl-trinexapac (Moddus) were applied at doses of 0, 2000, 4000 and 8000 mg L⁻¹, while paclobutrazol (Paclobutrazol) was applied at 0, 1000, 2000 and 4000 mg L⁻¹, commercial product. The vegetal regulators were applied during the profiling state, utilizing Primavera cultivar. Results showed that ethyl-trinexapac reduced the plant height and influenced negatively grain production and productivity components. No optimum dose was identified to reduce plant height and increase grain productivity.

Key words: *Oryza sativa* L., layering, plant height, productivity components, grain productivity.

Introdução

O arroz é produzido praticamente em todo o país, sob diferentes condições ou sistemas de produção. Assim, no ecossistema de terras altas, o arroz é cultivado sem e com irrigação por aspersão, enquanto que no ecossistema de várzea, o cultivo ocorre com ou sem irrigação por inundação controlada.

O cultivo de arroz no ecossistema de terras altas corresponde a 65,2% da área total cultivada com arroz no Brasil, e contribui com apenas 40,9% da produção nacional (Yokoyama, 2002). Esse resultado é explicado pela baixa produtividade do sistema de cultivo sem irrigação por aspersão que ocupa a maior área de cultivo. A baixa produtividade nesse sistema é consequência da má distribuição pluvial nas principais regiões produtoras e do baixo uso de adubos e corretivos.

O sistema irrigado por aspersão é alternativa para solucionar o problema de veranicos, e confere estabilidade na produção, podendo também aumentar a produtividade e melhorar a qualidade de grãos (Sant'ana, 1989; Arf *et al.*, 2000). Desta forma, o cultivo de arroz irrigado por aspersão tem estimulado o uso de práticas de maior nível tecnológico, com conseqüente aumento na produtividade (Arf, 2001). Estima-se que mais de 50 mil ha de arroz são cultivados atualmente, no Brasil, sob esse sistema. Esta estimativa tem sido conseqüência do melhoramento de plantas que têm lançado cultivares com característica de grãos longo fino, tipo agulhinha, que tem maior aceitação pelo mercado.

No entanto, o maior problema desses cultivares é aumento do porte da planta quando submetido a altas doses de fertilizante, notadamente o

nitrogenado, e suprimento adequado de água, resultando no crescimento das plantas, podendo atingir índices de até 100% de acamamento em alguns cultivares. Dentre as formas para solucionar o problema de acamamento está o uso de cultivares resistentes, manejo adequado de água e nitrogênio. A aplicação de reguladores vegetais é a outra alternativa, entretanto, existem poucas informações na literatura sobre o assunto.

Street *et al.* (1986), em Stoneville (EUA), estudaram durante três anos o efeito do paclobutrazol na redução da altura, acamamento e produção de plantas de arroz, com aplicações do produto em diferentes doses e estádios. Constataram que aplicação de 0,28 g i.a. ha⁻¹, duas semanas após a iniciação da panícula, reduziu a altura da planta em todos os anos e aumentou a produção em dois dos três anos. O acamamento, que ocorreu em apenas um dos três anos, foi significativamente reduzido com a dose de 0,28 kg do i.a. ha⁻¹, aplicado via solo na iniciação da panícula ou duas semanas após.

Pan *et al.* (1991) estudaram na China o efeito do paclobutrazol sobre o nível de elementos minerais em diferentes partes de plântulas de arroz, constataram aumento na concentração de P, Ca e Cu na planta inteira, após o tratamento. No entanto, o conteúdo total (mg planta⁻¹) de todos os elementos determinados na planta inteira diminuiu. Estes resultados podem estar associados à inibição do crescimento da planta promovida pelo paclobutrazol.

Apesar do melhoramento ter proporcionado grandes modificações na planta de arroz de terras altas, aumentando o cultivo sob irrigação por aspersão, o problema do acamamento eventualmente é manifestado.

Além disso, em função da excelente qualidade de grãos de uns poucos cultivares, notadamente IAC-201 e o Primavera, os agricultores dão preferência ao cultivo desses em função da maior remuneração, em detrimento da característica morfológica da planta, ou seja, arquitetura moderna, tendo como consequência porcentagem, às vezes, significativa de plantas acamadas.

Baseado no exposto, observa-se que os programas de melhoramento de plantas vêm aos poucos sanando os problemas relatados com os cultivares melhorados de terras altas sob irrigação por aspersão, incorporando a essas plantas características para melhor adaptação a esse sistema de cultivo. Mas como o melhoramento de plantas consiste em um processo moroso, torna-se evidente a necessidade de estudo de técnicas para serem aplicadas em curto prazo, visando à redução da altura da planta e acamamento. Os reguladores vegetais

podem constituir uma ferramenta importante para o manejo da cultura do arroz de terras altas irrigado por aspersão.

O objetivo deste trabalho foi identificar o regulador vegetal e dose mais adequados visando à redução da altura da planta e acamamento e a interferência destes nos componentes da produção e produtividade de grãos de arroz de terras altas irrigado por aspersão.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido no ano agrícola de 2000/01, em solo classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico (Embrapa, 1999), pertencente à Fazenda Experimental Lageado, do Campus de Botucatu, Unesp, localizada no município de Botucatu, Estado de São Paulo, situado a 48°26' WGR W₁ de longitude oeste e 25°51' de latitude sul, com altitude de 815 m. De acordo com Cunha *et al.* (1999), o clima de Botucatu, baseado no sistema de classificação de Köppen, foi incluído no tipo Cwa, o que significa clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno, e a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental na profundidade de 0 a 20 cm e realizada a análise química para fins de fertilidade, segundo método proposto por Rajj *et al.* (1996), apresentando os seguintes resultados: pH (CaCl₂) 5,0; 21 g kg⁻¹ de M.O.; 35,4 mg dm⁻³ de P (resina); 2,5; 38; 17,4 e 43 mmol_c dm⁻³ de K, Ca, Mg e H + Al, respectivamente, e 57% de saturação por bases.

O preparo do solo da área experimental foi realizado por meio de uma aração e duas gradagens, sendo a primeira realizada logo após a aração e a segunda, às vésperas da semeadura.

A adubação foi realizada de acordo com os resultados de análise química do solo e as recomendações para a cultura do arroz no sistema de sequeiro, preconizadas por Rajj *et al.* (1996). No entanto, como foi utilizado o cultivo sob irrigação por aspersão, foi aumentada a adubação fosfatada em 50% e a potássica em 30%, segundo recomendação de Stone e Pereira (1994). Realizou-se a adubação química básica nos sulcos de semeadura com 20 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato simples e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio. Na adubação de cobertura foram utilizados 90 kg de N ha⁻¹, na forma de uréia parcelada em três vezes. A primeira foi realizada aos 30 DAE, a segunda aos 50 DAE e a terceira aos 63 DAE, com 30 kg de N ha⁻¹, cada. Não

houve necessidade de aplicação de calcário.

A semeadura foi realizada no dia 8/12/2000 utilizando-se a densidade de 200 sementes viáveis m^{-2} , no espaçamento de 0,40 m entrelinhas e densidade de semeadura de 80 sementes por metro linear. Foi utilizado o cultivar Primavera. A emergência das plântulas ocorreu em 18/1/2000.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, dispostos em um esquema fatorial 3×4 , com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos de três reguladores vegetais e quatro doses. O cloreto de mepiquat (PIX) foi aplicado nas doses 0, 2000, 4000 e 8000 $mg L^{-1}$, o paclobutrazol (Paclobutrazol ou Cultar) foi aplicado nas doses 0, 1000, 2000 e 4000 $mg L^{-1}$ e o etil-trinexapac (Moddus) foi aplicado nas doses 0, 2000, 4000 e 8000 $mg L^{-1}$, do produto comercial. Os produtos foram aplicados no estágio de perfilhamento.

Os reguladores vegetais foram aplicados na forma de jato dirigido, com pulverizador manual tipo costal com pressão constante de CO_2 , utilizando-se bico cônico tipo TX-VS2, com volume de calda aproximado de 100 $L ha^{-1}$. As soluções dos reguladores foram preparadas com surfatante não iônico (0,05% - 50 $mL 100 L^{-1}$) + uréia (1,0%), para melhor adesão e absorção.

Cada unidade experimental continha seis fileiras de plantas com oito metros de comprimento cada, espaçadas de 0,40 m. Foi considerada área útil as quatro fileiras centrais, sendo que 0,50 m da extremidade de cada fileira de plantas e as duas fileiras externas constituíram-se na bordadura.

A irrigação do experimento foi realizada por um sistema de aspersão convencional, composto por duas linhas laterais e aspersores com vazão de 1,07 $m^3 hora^{-1}$. O momento da irrigação foi definido por um conjunto de três tensiômetros distribuídos na área, e instalados na profundidade de 15 cm (extremidade da cápsula porosa), sendo efetuada a irrigação toda vez que a tensão de água no solo atingia 35,5 kPa (Crusciol, 1995), elevando-se o teor de água à capacidade de campo.

Durante a condução do experimento, coletou-se diariamente, as temperaturas máximas, mínimas e médias do ar no Posto Meteorológico distante aproximadamente 500 m do local do experimento. Os dados de temperatura estão contidos na Figura 1.

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de duas capinas manuais no início e no final do estágio de perfilhamento. Verificou-se a ocorrência de percevejos (*Oebalus poecilus* e *Tibraca limbativentris*) que foram controlados mediante duas aplicações do inseticida paration metílico (210 g do i.a. ha^{-1}) aos 43 e 105 DAE.

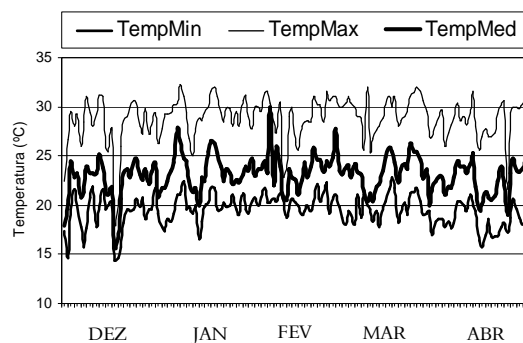


Figura 1. Temperaturas mínimas, máximas e médias ($^{\circ}C$), obtidas no período de dezembro de 2000 a março de 2001.

A colheita do arroz foi efetuada manual e individualmente por unidade experimental, quando os grãos de $2/3$ superiores de 50% das panículas apresentaram-se duros e os do terço inferior, semi-duros. A seguir, foi realizada a trilha manual e secagem à sombra e limpeza do material, separando-se a palha e as espiguetas chochas com auxílio de uma peneira, por meio de abanação manual. Em seguida, determinou-se a massa dos grãos colhidos e foi calculada a produtividade de grãos por hectare ($kg ha^{-1}$) (13% base úmida).

As avaliações realizadas foram: altura da planta: distância média (cm) compreendida desde a superfície do solo até a extremidade superior da panícula mais alta, determinada em 10 plantas ao acaso, na área de cada parcela, durante o estágio de grãos até a forma pastosa; número de colmos por metro quadrado: número de colmos contidos em 1 m linear de plantas da área útil das parcelas, posteriormente convertido a número de colmos m^{-2} ; número de panículas por metro quadrado: número de panículas contidas em 1,0 m de fileiras de plantas na área útil das parcelas, posteriormente convertido a número de panículas m^{-2} ; fertilidade de colmos: determinada para cada unidade experimental a partir da relação: número de panículas m^{-2} pelo número de colmos m^{-2} , multiplicado por cem; número total de espiguetas por panícula: contagem do número de espiguetas de 20 panículas por unidade experimental, coletadas ao acaso no momento da avaliação do número de panículas por metro quadrado; número de espiguetas granadas e chochas por panícula: contagem do número de espiguetas granadas e chochas de 20 panículas, após separação dos mesmos por meio de fluxo de ar; fertilidade das espiguetas: determinada para cada unidade experimental a partir da relação: número de espiguetas granadas por panícula pelo número total de espiguetas por panícula, multiplicado por cem; massa de 1000 grãos: pesagem de duas amostras

coletadas ao acaso de 1000 grãos de cada parcela (13% base úmida); produtividade de grãos: pesagem dos grãos em casca, provenientes da área útil das parcelas, corrigindo-se a umidade para 13% e convertendo em kg ha⁻¹ (Arf, 2001).

Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo as doses avaliadas por regressão (Banzatto e Kronka, 1995).

Resultados e discussão

Os resultados da altura da planta, número de colmos e panículas m⁻² e fertilidade de colmos de arroz de terras altas sob o efeito de reguladores vegetais, estão apresentados na Tabela 1.

A altura da planta foi influenciada significativamente pela aplicação de TE (Tabela 1), e pela interação fonte e dose (Tabela 2 e Figura 2).

Tabela 1. Valores médios⁽¹⁾ da altura da planta, número de colmos e panícula por metro quadrado e fertilidade de colmos de arroz de terras altas irrigado por aspersão sob efeito de reguladores vegetais aplicados no estádio de perfilhamento.

Tratamento	Altura da planta (cm)	Número de colmos	Número de panículas	Fertilidade de colmos (%)
Fonte ⁽²⁾				
CM	79 a	553 a	347 a	64 a
PBZ	76 a	538 a	305 a	58 a
TE	70 b	610 a	327 a	56 a
DMS	4,9	93,3	47,5	12,2
C.V. (%)	7,5	19,0	16,8	23,6

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. ⁽²⁾Fonte - CM = cloreto de mepiquat; PBZ = paclobutrazol; TE = etil-trinexapac.

Com relação ao desdobramento fonte dentro de dose (Tabela 2), verificou-se efeito significativo da fonte TE nas doses 2 e 4 que apresentaram menor altura da planta (66 e 60 cm, respectivamente), diferindo estatisticamente das demais fontes (CM e PBZ).

Observando o desdobramento da interação dose dentro fonte (Figura 2), pode-se constatar que houve comportamento linear para altura da planta em função do aumento das doses de TE, com menores valores em relação à dose zero.

Tabela 2. Desdobramento da interação fonte dentro de dose da análise de variância referente à altura de planta.

Fonte ⁽¹⁾	Dose ⁽²⁾			
	1	2	3	4
CM	80 a	76 a	81 a	79 a
PBZ	78 a	78 a	76 a	74 a
TE	78 a	66 b	75 a	60 b

Médias seguidas de letra iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. DMS = 9,8. ⁽¹⁾Fonte - CM = cloreto de mepiquat; PBZ = paclobutrazol; TE = etil-trinexapac. ⁽²⁾Doses (mg L⁻¹): 1 = 0; 2 = 2000; 3 = 4000; 4 = 8000 (CM e TE); 1 = 0; 2 = 1000; 3 = 2000 e 4 = 4000 (PBZ).

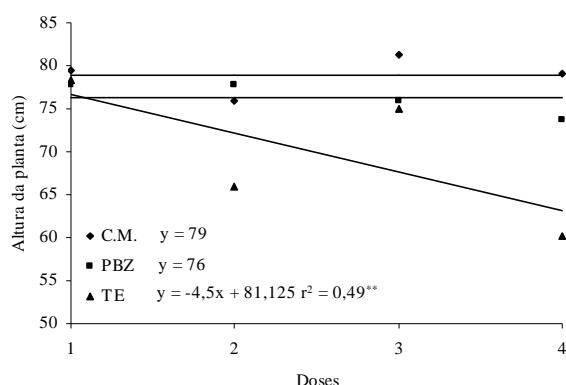


Figura 2. Efeito da interação dose dentro de fonte da análise de variância referente à altura de planta. **significativo a 1% de probabilidade.

A redução significativa da altura da planta pela aplicação de TE pode ser explicada pelo modo de ação do produto que age em nível de metabolismo de síntese de giberelinas, hormônio que entre outras funções promove o alongamento celular (Davies, 1995). Esse regulador vegetal atua na síntese de giberelinas, a partir do GA₁₂-aldeído, inibindo a partir deste, a síntese de giberelinas de alta eficiência biológica, como GA₉, GA₂₀ etc. Desta forma, em função de sua ação, as plantas têm dificuldade de formação dessas giberelinas ativas e passam a sintetizar e acumular giberelinas biologicamente menos eficientes como GA₈, GA₁₉ etc., o que leva na prática, à drástica redução no alongamento celular (crescimento), sem causar deformação morfológica no caule (Naqvi, 1994; Taiz e Zeiger, 2004). Além disso, esse resultado expressivo é decorrente também da época de aplicação do produto que foi no perfilhamento, sendo que neste estádio, ocorrem modificações na planta como: aumento gradual em altura, desenvolvimento radicular e de folhas, atuando diretamente no aumento do número e do comprimento de células nos efeitos de crescimento, principalmente, de caule (Fornasieri Filho e Fornasieri, 1993; Benincasa e Leite, 2002). Rajala e Peltonen-Sainio (2002), ao estudarem o efeito do etil-trinexapac, entre outros, aplicado no estádio inicial de desenvolvimento de cereais de primavera (trigo e aveia), constataram que a aplicação do regulador reduziu o comprimento do caule 14 dias após a aplicação, sem levar em conta a espécie ou porte da planta (cultivares de estatura alta e baixa).

O número de colmos não foi influenciado significativamente pela aplicação dos tratamentos (Tabela 1) e pela interação fonte e dose (Tabela 3 e Figura 3).

Ao avaliar os resultados obtidos para o número de panículas m⁻² (Tabela 1), constatou-se que não

houve efeito significativo dos tratamentos.

Tabela 3. Desdobramento da interação fonte dentro de dose da análise de variância referente ao número de colmos m².

Fonte ⁽¹⁾	Dose ⁽²⁾			
	1	2	3	4
CM	550 a	583 a	491 a	588 a
PBZ	553 a	528 a	539 a	533 a
TE	594 a	553 a	575 a	718 a

Médias seguidas de letra iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. DMS = 186,6. ⁽¹⁾Fonte - CM = cloreto de mepiquat; PBZ = paclobutrazol; TE = etil-trinexapac. ⁽²⁾Doses (mg L⁻¹): 1 = 0; 2 = 2000; 3 = 4000; 4 = 8000 (CM e TE); 1 = 0; 2 = 1000; 3 = 2000 e 4 = 4000 (PBZ).

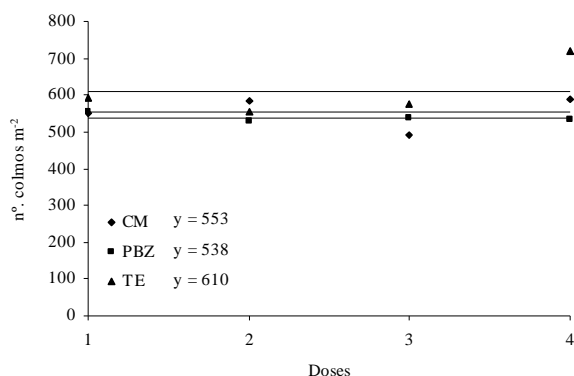


Figura 3. Efeito da interação dose dentro de fonte da análise de variância referente ao número de colmos m².

Com o desdobramento da fonte dentro de dose (Tabela 4), constatou-se que o TE na dose 2 apresentou menor número de panículas m⁻², diferindo estatisticamente do CM. Verificou-se também efeito do PBZ na dose 4, que resultou em menor número de panículas m⁻², diferindo estatisticamente do TE.

Tabela 4. Desdobramento da interação fonte dentro de dose da análise de variância referente ao número de panículas m⁻².

Fonte ⁽¹⁾	Dose ⁽²⁾			
	1	2	3	4
CM	338 a	418 a	302 a	330 ab
PBZ	336 a	332 ab	315 a	237 b
TE	374 a	258 b	344 a	334 a

Médias seguidas de letra iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. DMS = 95,0. ⁽¹⁾Fonte - CM = cloreto de mepiquat; PBZ = paclobutrazol; TE = etil-trinexapac. ⁽²⁾Doses (mg L⁻¹): 1 = 0; 2 = 2000; 3 = 4000; 4 = 8000 (CM e TE); 1 = 0; 2 = 1000; 3 = 2000 e 4 = 4000 (PBZ).

No que se refere ao desdobramento dose dentro fonte (Figura 4), pode-se constatar que houve comportamento linear para o número de panículas m⁻² em função das doses de PBZ, com menores valores em relação à dose zero.

Quanto aos resultados obtidos para fertilidade de colmos (Tabela 1), não houve efeito significativo dos tratamentos. O desdobramento da interação fonte e dose revelou efeito significativo do TE na dose 2, que apresentou menor fertilidade de colmos, diferindo estatisticamente do CM.

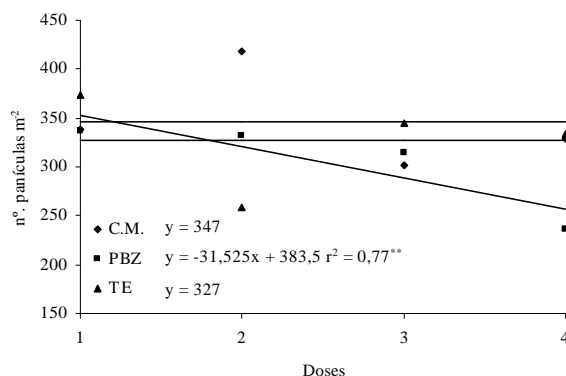


Figura 4. Efeito da interação dose dentro de fonte da análise de variância referente ao número de panículas m⁻². **significativo a 1% de probabilidade.

Tabela 5. Desdobramento da interação fonte dentro de dose da análise de variância referente à fertilidade de colmos.

Fonte ⁽¹⁾	Dose ⁽²⁾			
	1	2	3	4
CM	63 a	73 a	63 a	58 a
PBZ	63 a	63 ab	61 a	46 a
TE	64 a	48 b	64 a	49 a

Médias seguidas de letra iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. DMS = 24,4. ⁽¹⁾Fonte - CM = cloreto de mepiquat; PBZ = paclobutrazol; TE = etil-trinexapac. ⁽²⁾Doses (mg L⁻¹): 1 = 0; 2 = 2000; 3 = 4000; 4 = 8000 (CM e TE); 1 = 0; 2 = 1000; 3 = 2000 e 4 = 4000 (PBZ).

Quanto ao desdobramento da interação dose dentro fonte (Figura 5), não foi observado efeito significativo dos tratamentos.

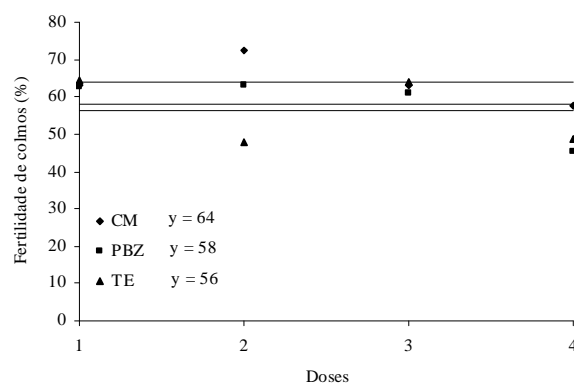


Figura 5. Efeito da interação dose dentro de fonte da análise de variância referente à fertilidade de colmos.

A fertilidade de colmos foi significativamente reduzida com a aplicação do TE, que provavelmente interferiu na diferenciação de algumas gemas vegetativas em reprodutivas e pode ter causado degeneração do primórdio da panícula. Como a redução da fertilidade de colmos foi mais expressiva em relação ao número de colmos proporcionado pela aplicação do TE, o número de panículas foi significativamente reduzido. Machado (1994) relatou que condições externas adversas durante a

diferenciação e o desenvolvimento da panícula podem provocar degenerações, respectivamente, do primórdio ou da panícula jovem.

Os resultados do número de espiguetas: total, granada e chocha, fertilidade de espiguetas, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de arroz de terras altas sob o efeito de reguladores vegetais estão apresentados na Tabela 6.

Com relação ao número total de espiguetas por panícula, este foi influenciado significativamente pela aplicação de TE (Tabela 6) e pela interação fonte e dose (Tabela 7 e Figura 6).

Tabela 6. Valores médios¹ do número de espiguetas: total, granada e chocha, fertilidade de espiguetas, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de arroz de terras altas irrigado por aspersão sob efeito de reguladores vegetais aplicados no estádio de perfilhamento.

Tratamento	Espiguetas por panícula			Fertilidade de espiguetas (%)	Massa de 1000 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
	Total	granada	chocha			
Fonte ⁽²⁾	-----H ^o -----					
CM	98 a	72 a	25 a	73 a	34 a	1670 a
PBZ	96 a	71 a	25 a	74 a	33 a	1356 ab
TE	76 b	55 b	21 a	71 a	25 b	1313 b
DMS	14,2	11,6	5,1	5,7	3,7	337,9
CV(%)	18,3	20,4	24,7	8,1	13,9	26,9

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. ⁽²⁾Fonte - CM = cloreto de mepiquat; PBZ = paclobutrazol; TE = etil-trinexapac.

Ao analisar desdobramento da fonte dentro dose (Tabela 7), constatou-se efeito significativo do TE nas doses 2, 3 e 4, acarretando menor número total de espiguetas por panícula. Sendo que na dose 2, o número total de espiguetas por panícula foi menor, diferindo estatisticamente do PBZ. Nas doses 3 e 4, constatou-se menor número total de espiguetas por panícula, diferindo estatisticamente do CM.

Tabela 7. Desdobramento da interação fonte dentro dose da análise de variância referente ao número total de espiguetas panícula⁻¹.

Fonte ⁽¹⁾	Dose ⁽²⁾			
	1	2	3	4
CM	101 a	95 ab	107 a	88 a
PBZ	98 a	107 a	100 ab	78 ab
TE	100 a	73 b	75 b	54 b

Médias seguidas de letra iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. DMS = 28,5. ⁽¹⁾Fonte - CM = cloreto de mepiquat; PBZ = paclobutrazol; TE = etil-trinexapac. ⁽²⁾Doses (mg L⁻¹): 1 = 0; 2 = 2000; 3 = 4000; 4 = 8000 (CM e TE); 1 = 0; 2 = 1000; 3 = 2000 e 4 = 4000 (PBZ).

Ao observar o desdobramento dose dentro fonte (Figura 6), verificou-se que houve comportamento linear para o número total de espiguetas por panícula em função do aumento das doses de TE, com menores valores em relação à dose zero.

O número total de espiguetas por panícula foi significativamente reduzido com a aplicação do TE, que provavelmente interferiu nos processos de

formação das ramificações das ráquis e espiguetas por ramificações, reduzindo o número destas estruturas.

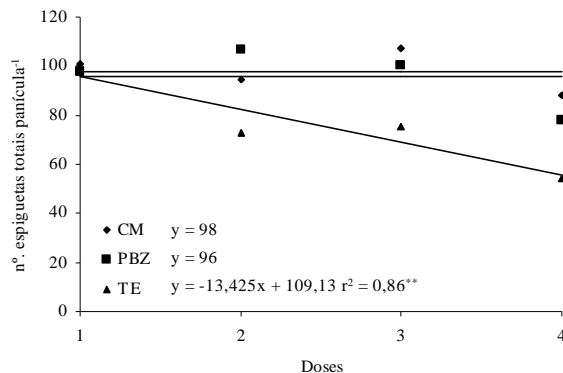


Figura 6. Efeito da interação dose dentro de fonte da análise de variância referente ao número de espiguetas por panícula. **significativo a 1% de probabilidade.

O número de espiguetas granadas por panícula foi influenciado significativamente pela aplicação de TE (Tabela 6), e pela interação fonte e dose (Tabela 8 e Figura 7). Ao analisar desdobramento fonte dentro dose (Tabela 8), verificou-se efeito significativo do TE nas doses 2 e 4, com menor número de espiguetas granadas panícula⁻¹, sendo que na dose 2, o número de espiguetas granadas panícula⁻¹ foi menor, diferindo estatisticamente do PBZ. Na dose 4 constatou-se menor número de espiguetas granadas panícula⁻¹, diferindo estatisticamente do CM.

Tabela 8. Desdobramento da interação fonte dentro de dose da análise de variância referente ao número de espiguetas granadas panícula⁻¹.

Fonte ⁽¹⁾	Dose ⁽²⁾			
	1	2	3	4
CM	75 a	71 ab	79 a	64 a
PBZ	73 a	83 a	73 a	58 ab
TE	75 a	52 b	57 a	35 b

Médias seguidas de letra iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. DMS = 23,3. ⁽¹⁾Fonte - CM = cloreto de mepiquat; PBZ = paclobutrazol; TE = etil-trinexapac. ⁽²⁾Doses (mg L⁻¹): 1 = 0; 2 = 2000; 3 = 4000; 4 = 8000 (CM e TE); 1 = 0; 2 = 1000; 3 = 2000 e 4 = 4000 (PBZ).

No que se refere ao desdobramento dose dentro fonte (Figura 7), observou-se comportamento linear para o número de espiguetas granadas por panícula em função do aumento das doses de TE, com menores valores em relação à dose zero.

O número de espiguetas granadas foi significativamente reduzido com a aplicação do TE, o que provavelmente interferiu nos processos de formação de flores (estames e ovário) e na meiose (formação de gametas masculino e feminino), tendo como consequência menor número de espiguetas cheias.

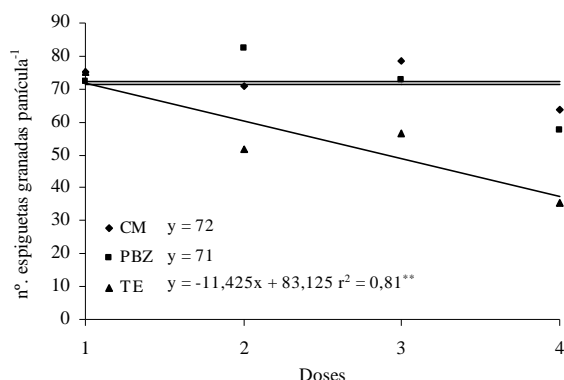


Figura 7. Efeito da interação dose dentro de fonte da análise de variância referente ao número de espiguetas granadas por panícula. **significativo a 1% de probabilidade.

Ao avaliar os resultados obtidos para número de espiguetas chochas por panícula e fertilidade de espiguetas, constatou-se que não houve efeito significativo dos tratamentos para ambos os parâmetros (Tabelas 6, 9 e 10; Figuras 8 e 9).

Tabela 9. Desdobramento da interação fonte dentro de dose da análise de variância referente ao número de espiguetas chochas panícula¹.

Fonte ⁽¹⁾	Dose ⁽²⁾			
	1	2	3	4
CM	25 a	24 a	28 a	25 a
PBZ	26 a	24 a	28 a	21 a
TE	25 a	22 a	19 a	19 a

Médias seguidas de letra iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. DMS = 10,2. ⁽¹⁾Fonte - CM = cloreto de mepiquat; PBZ = paclobutrazol; TE = etil-trinexapac. ⁽²⁾Doses (mg L⁻¹): 1 = 0; 2 = 2000; 3 = 4000; 4 = 8000 (CM e TE); 1 = 0; 2 = 1000; 3 = 2000 e 4 = 4000 (PBZ).

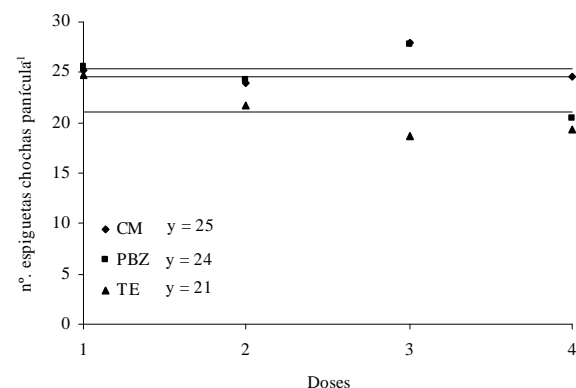


Figura 8. Efeito da interação dose dentro de fonte da análise de variância referente ao número de espiguetas chochas por panícula.

Tabela 10. Desdobramento da interação fonte dentro de dose da análise de variância referente à fertilidade de espiguetas.

Fonte ⁽¹⁾	Dose ⁽²⁾			
	1	2	3	4
CM	76 a	70 a	74 a	72 a
PBZ	74 a	77 a	72 a	74 a
TE	75 a	70 a	75 a	65 a

Médias seguidas de letra iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. DMS = 11,3. ⁽¹⁾Fonte - CM = cloreto de mepiquat; PBZ = paclobutrazol; TE = etil-trinexapac. ⁽²⁾Doses (mg L⁻¹): 1 = 0; 2 = 1000; 3 = 2000 e 4 = 4000 (PBZ).

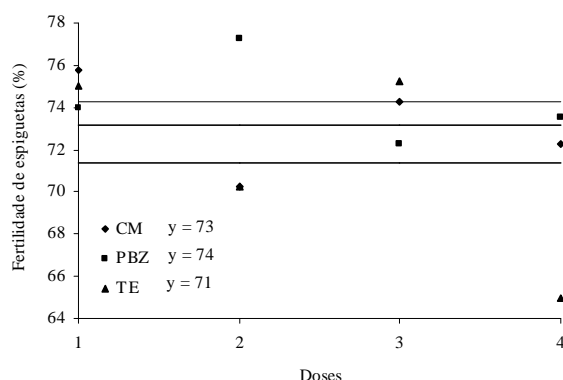


Figura 9. Efeito da interação dose dentro de fonte da análise de variância referente à fertilidade de espiguetas.

Os resultados médios de massa de 1000 grãos (Tabela 6) foram menores para o TE, diferindo estatisticamente das demais fontes (CM e PBZ). Ao analisar o desdobramento fonte dentro dose (Tabela 11), constatou-se efeito significativo do TE nas doses 2, 3 e 4, acarretando menor massa de 1000 grãos, sendo que nas doses 2 e 4, a massa de 1000 grãos foi menor, diferindo estatisticamente das demais fontes (CM e PBZ). Na dose 3 constatou-se menor massa de 1000 grãos, diferindo estatisticamente do CM.

Tabela 11. Desdobramento da interação fonte dentro de dose da análise de variância referente à massa de 1000 grãos.

Fonte ⁽¹⁾	Dose ⁽²⁾			
	1	2	3	4
CM	34 a	40 a	35 a	28 a
PBZ	33 a	38 a	34 ab	27 a
TE	34 a	23 b	26 b	17 b

Médias seguidas de letra iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. DMS = 7,4. ⁽¹⁾Fonte - CM = cloreto de mepiquat; PBZ = paclobutrazol; TE = etil-trinexapac. ⁽²⁾Doses (mg L⁻¹): 1 = 0; 2 = 2000; 3 = 4000; 4 = 8000 (CM e TE); 1 = 0; 2 = 1000; 3 = 2000 e 4 = 4000 (PBZ).

Quanto ao desdobramento da dose dentro fonte (Figura 10), pode-se constatar que houve comportamento quadrático para massa de 1000 grãos em função do aumento das doses de CM e PBZ e efeito linear para o mesmo parâmetro em relação as doses de TE.

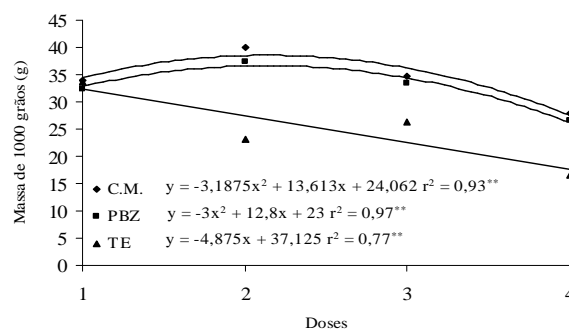


Figura 10. Efeito da interação dose dentro de fonte da análise de variância referente à massa de 1000 grãos. **significativo a 1% de probabilidade.

A massa do grão é afetada em maior intensidade por fatores genéticos do que externos, já que este parâmetro é um caráter varietal estável dependente do tamanho da casca (Yoshida, 1981) e do desenvolvimento da cariopse (Matsuhima, 1970), e portanto, dependente das translocações de carboidratos para encher a casca (Machado, 1994).

Os resultados obtidos, no presente trabalho, indicam uma possível interferência do TE em processos de formação do tamanho da casca determinado durante as duas semanas que antecedem a antese e do desenvolvimento da cariopse após o florescimento, processos estes que envolvem constante aumento do número de células e seu alongamento, nos quais atuam os reguladores vegetais aplicados (Davies, 1995; Benincasa e Leite, 2002).

A análise dos resultados de produtividade de grãos, inserida na Tabela 6, permite constatar que houve efeito significativo do TE, diferindo estatisticamente do CM. Ilumae (2002), ao estudar a influência do etil-trinexapac sob a altura da planta e rendimento de grãos em diferentes espécies de cereais, constatou que a aplicação de 0,4 L ha⁻¹ de Moddus (250 CE) controlou com sucesso o acamamento dos cereais estudados, tendo aumentado o rendimento da cevada de primavera (cv. Anni), do trigo de inverno (cv. Shirvinta) e do centeio de inverno (cv. Vambo) em 7,4, 9,5 e 6,3%, respectivamente. No presente trabalho, o efeito de redução da produtividade de grãos acarretada pela aplicação do TE pode estar associada às doses empregadas, que em relação à literatura citada foram maiores.

Tabela 12. Desdobramento da interação fonte dentro de dose da análise de variância referente à produtividade de grãos.

Fonte ⁽¹⁾	Dose ⁽²⁾			
	1	2	3	4
CM	1364 a	2060 a	1689 a	1565 a
PBZ	1277 a	1449 a	1372 a	1326 a
TE	1516 a	1409 a	1330 a	999 a

Médias seguidas de letra iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. DMS = 675,8. ⁽¹⁾Fonte - CM = cloreto de mepiquat; PBZ = paclobutrazol; TE = etil-trinexapac. ⁽²⁾Doses (mg L⁻¹): 1 = 0; 2 = 2000; 3 = 4000; 4 = 8000 (CM e TE); 1 = 0; 2 = 1000; 3 = 2000 e 4 = 4000 (PBZ).

Ao analisar o desdobramento da fonte dentro dose (Tabela 12), verificou-se que não houve efeito significativo entre os tratamentos. Quanto ao desdobramento de dose dentro de fonte (Figura 11), foi observado efeito significativo do CM, apresentando comportamento quadrático, no qual observou-se aumento da produtividade de grãos até a dose 2 (2060 kg ha⁻¹).

A produção de grãos de um dado cultivar de arroz é determinada por quatro componentes: 1)

número de panículas por metro quadrado, 2) número de espiguetas por panícula, 3) porcentagem de espiguetas férteis e 4) massa de 1000 grãos (Fornasieri Filho e Fornasieri, 1993).

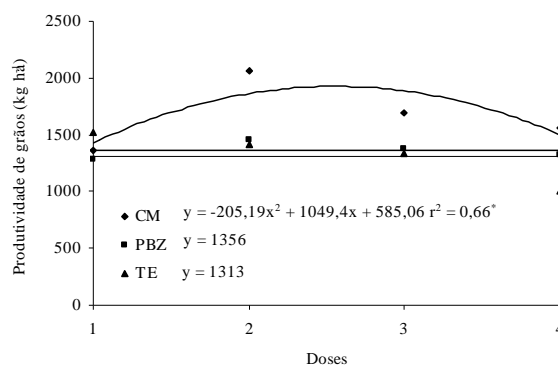


Figura 11. Efeito da interação dose dentro de fonte da análise de variância referente à produtividade de grãos. **significativo a 5% de probabilidade.

Em função dos resultados dos componentes da produção, a menor produtividade de grãos foi obtida pelo tratamento com TE em razão da interferência deste, causando diminuição do número de panículas m⁻², do número de espiguetas total por panícula e massa de 1000 grãos.

Conclusão

Dos reguladores vegetais utilizados houve destaque para aplicação do etil-trinexapac que reduziu a altura da planta, tendo causado diminuição do número de panículas m⁻², do número de espiguetas total por panícula, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos.

Não foi identificada uma dose “ideal” que reduzisse a altura da planta e proporcionasse aumento na produtividade de grãos. De maneira geral, as respostas foram obtidas pela aplicação do etil-trinexapac nas doses 2 e 4, para a maioria dos parâmetros analisados.

Este experimento tratou de um assunto pouco estudado, no qual os reguladores vegetais podem constituir uma ferramenta importante que possibilite melhorar o manejo da cultura em condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas, sendo de suma importância para o aumento da produtividade e qualidade de grãos de arroz de terras altas irrigado por aspersão.

Referências

ARF, O. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e a irrigação por aspersão. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 36, n. 6, p. 871-879, 2001.

- ARF, O. *et al.* Influência da época de semeadura no comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão em Selvíria – MS. *Pesq. Agropecu. Bras.* Brasília, v. 35, n. 10, p. 1967-1976, 2000.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. *Experimentação Agrícola*. Jaboticabal: Funep, 1995.
- BENINCASA, M.M.P.; LEITE, I.C. *Fisiologia vegetal*. Jaboticabal: FUNEP, 2002.
- CRUSCIOL, C.A.C. *Espaçamento e densidade de semeadura do arroz, cv. IAC 201, sob condições de sequeiro e irrigado por aspersão*. 1995. Dissertação (Mestrado em Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1995.
- CUNHA, A.R. *et al.* Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. *Anais...* Botucatu: Unesp, 1999. p. 487-490.
- DAVIES. P.J. *Plant hormones physiology biochemistry and molecular biology*. 2. ed. The Netherlands: Klumer Academic Publishes, 1995.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPQ, 1999.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. *Manual da cultura do arroz*. Jaboticabal: Funep, 1993.
- ILUMAE, E. The influence of growth regulator Moddus 250 EC on different cereal species. *J. Agri. Sci.*, Estonia, v. 13, n. 2, p. 73-78, 2002.
- MACHADO, J.R. *Desenvolvimento da planta e produtividade de grãos de populações de arroz (Oryza sativa L.) irrigado por inundação em função de épocas de cultivo*. 1994. Tese (Livre Docência)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.
- MATSUSHIMA, S. *Crop science in rice: theory of yield determination and its application*. Tokyo: Fujii, 1970.
- NAQVI, S.S.M. Plant growth hormones: growth promoters and inhibitors. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). *Handbook of plant and crop physiology*. New York: Marcel Dekker, 1994. cap. 5, p. 527-556.
- PAN, R.C. *et al.* Influence of paclobutrazol on mineral element content of rice seedlings. *J. Plant Nutr.*, Guangzhou-China, v. 14, n. 1, p. 1-6, 1991.
- RAJALA, A., PELTONEN-SAINIO, P. Timing applications of growth regulators to alter spring cereal development at high latitudes. *Agricult. Food Sci.*, Finland, v. 11, n. 3, p. 233-244, 2002.
- RAIJ, B. Van *et al.* *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. (Boletim Técnico, 100).
- SANT'ANA, E.P. Cultivo de arroz irrigado por aspersão. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 14, n. 161, p. 71-75, 1989.
- STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigado por aspersão: Efeitos do espaçamento entrelinhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do arroz. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 29, n. 11, p. 1701-1713, 1994.
- STREET, J.E. *et al.* Plant height and yield responses of rice to paclobutrazol. *Agron. J.*, Madison, v. 78, n. 2, p. 288-291, 1986.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- YOKOYAMA, L.P. O arroz no Brasil de 1985/86 a 1999/00: aspectos conjunturais. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ, 1., REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 96-99.
- YOSHIDA, S. *Fundamentals of rice crop science*. Los Baños: IRRI, 1981.

Received on October 13, 2004.

Accepted on September 15, 2006.