

Resumo

Neste trabalho, estudou-se o efeito da aplicação de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS-184). O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições e oito tratamentos: testemunha; GA₃, BAP e IBA a 100 mg L⁻¹; Stimulate® (IBA + GA₃ + cinetina) a 20 mL L⁻¹; cloreto de mepiquat a 100 mg L⁻¹; cloreto de mepiquat 100 + BAP 100 + IBA 100 mg L⁻¹ e ethephon a 600 mg L⁻¹. Os tratamentos foram aplicados três vezes a cada 30 dias durante o ciclo da planta e foram realizadas seis avaliações a cada 13 dias, sendo avaliadas as seguintes características: teor de clorofila das folhas, altura da planta, número de ramificações e altura de vagens. Os tratamentos com BAP, ethephon e cloreto de mepiquat + IBA + BAP mantiveram o teor de clorofila alto até o final do ciclo da planta. A altura de plantas tratadas com ethephon foi menor que a testemunha e todos os tratamentos, a ramificação das plantas foi incrementada pelo tratamento com ethephon e a altura da primeira vagem foi mais baixa nesse tratamento e mais alta no tratamento com GA₃. O tratamento das plantas de soja com ethephon pode ser recomendado na cultura da soja, que promoveu a formação de plantas com a arquitetura ideal para a colheita mecânica.

Palavras-chave: crescimento; clorofila; altura de vagens; ramificações

Arquitectura de las plantas de soja y la aplicación de reguladores del crecimiento vegetal

Resumen

En este trabajo, se estudió el efecto de reguladores de crecimiento en el desarrollo de la soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS-184). El experimento se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Botánica del Instituto de Biociencias de Botucatu - UNESP. El diseño experimental fue completamente aleatorizado con tres repeticiones y ocho tratamientos: control, GA₃, BAP y AIB 100 mg L⁻¹; Estimulate® (IBA + cinetina + GA₃) en 20 mL L⁻¹, cloruro de mepiquat a 100 mg L⁻¹; mepiquat cloruro de BAP 100 + 100 + IBA 100 mg L⁻¹ y ethephon a 600 mg L⁻¹. Los tratamientos se aplicaron tres veces cada 30 días durante el ciclo y seis evaluaciones se realizaron cada 13 días se evaluaron las siguientes características: el contenido de clorofila de las hojas, altura de planta, número de ramas y la altura de las vainas. Tratamientos con BAP, ethephon y cloruro de mepiquat + IBA + BAP mantuvo alto contenido de clorofila hasta el final del ciclo de la planta. La altura de las plantas tratadas con ethephon fue menor que el control en todos los tratamientos y la ramificación de las plantas se incrementó en el tratamiento con ethephon y la altura de la primera vaina fue menor en este tratamiento y mayor con GA₃. El tratamiento de las plantas con ethephon puede ser recomendado en la soja, ya que promueve la formación de las plantas con el ideal de la arquitectura para la cosecha mecánica.

Palabras llave: el crecimiento; la clorofila; la altura de las vainas; las ramas

Introdução

A safra de soja 2007/2008 foi de 60,1 milhões de megagramas e estima-se que a área plantada com soja no Brasil em 2008/2009 seja de 64 milhões de

hectares. O Brasil foi o segundo maior exportador de soja no mundo em 2006 (IBGE, 2010).

A colheita da soja constitui uma importante etapa no processo produtivo, principalmente, devido

1 IAC - Instituto Agronômico de Campinas; Centro Avançado da Pesquisa Tecnológico do Agronegócio de Cana; Rodovia Antonio Duarte Nogueira - km 321; C.P. 206; 14001-970; Ribeirão Preto; SP; Engº. Agrº. Dr.; e-mail: Marcelo campos@iac.sp.gov.br.

2 UNESP - Universidade Estadual Paulista; Instituto de Biociências de Botucatu; Departamento de Botânica; Profª Adjunta/Livre-Docente; C.P. 510; 18618-000; Botucatu; SP; eoono@ibb.unesp.br. (autor para correspondência).

3 UNESP - Universidade Estadual Paulista; Instituto de Biociências de Botucatu; Departamento de Botânica; Prof. Titular; C.P. 510; 18618-000; Botucatu; SP; mingo@ibb.unesp.br.

aos riscos que está sujeita a lavoura. Durante o processo de colheita é natural que ocorram perdas, porém, é necessário que estas sejam reduzidas a um mínimo. Fatores físicos e fisiológicos podem ser a causa de perdas de grãos na colheita mecanizada (EMBRAPA, 1999a) e, dentre estes, a altura das plantas, as ramificações e a altura das vagens podem interferir no processo de perda pela colheita mecanizada.

Se a lavoura não for bem conduzida podem ocorrer perdas por acamamento das plantas, causado pelo descontrolado crescimento das plantas, ou então, a má escolha dos cultivares pode determinar o aparecimento de plantas de pequeno porte, com baixa inserção das primeiras vagens e, dessa forma, dificultar a colheita.

Nesse caso, o manejo da cultura torna-se muito importante e uma das formas para se contornar esse problema seria a utilização do tratamento das plantas com diferentes reguladores vegetais, que são substâncias sintéticas que, aplicadas exogenamente, possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais (CASTRO et al., 2005).

Com a utilização de reguladores vegetais as plantas ficam mais compactas e, por conseguinte, mais eficientes do ponto de vista fisiológico. Por isso, uma das estratégias agrônomicas para a manipulação da arquitetura das plantas que pode contribuir para o aumento da produtividade é a utilização de reguladores vegetais (LAMAS, 2001).

Os hormônios vegetais estão envolvidos em cada aspecto do crescimento e do desenvolvimento das plantas. Essas pequenas moléculas que funcionam como sinais químicos altamente específicos entre as células são capazes de regular o desenvolvimento vegetal devido ao fato de produzirem efeitos amplificados (RAVEN et al., 2001). Essas substâncias naturais podem ser aplicadas diretamente nas plantas (folhas, frutos, sementes), provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita (VIEIRA e CASTRO, 2003).

As aplicações de auxina e giberelina promovem o crescimento longitudinal do caule de diversas espécies, atuando tanto no alongamento como na divisão celular e, dessa forma, promovendo o crescimento das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Segundo o mesmo autor, as aplicações exógenas de citocininas promovem a quebra da dominância apical e o crescimento das gemas laterais; em aplicação direta nas gemas axilares de diversas espécies, elas estimulam a divisão celular e o crescimento dessas gemas. As citocininas também promovem o desenvolvimento de cloroplastos, a expansão foliar e podem interferir na síntese de clorofila.

O etileno é um inibidor da divisão celular, expansão celular e transporte de auxina, apresentando efeito expressivo na redução do crescimento do caule em comprimento, entretanto, promove sua expansão radial e orientação horizontal (COLL et al., 2001).

Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes reguladores vegetais sobre o teor de clorofila, crescimento, ramificação, altura das vagens em plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e a correlação destes dados com as perdas na colheita mecânica.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu (SP). As plantas foram cultivadas em vasos de 10 litros contendo terra coletada da camada arável do solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 1999b).

A terra foi corrigida com 1 g dm⁻³ de calcário dolomítico, conforme as recomendações da análise química do solo. Após a correção da acidez, a terra foi adubada com 20 mg dm⁻³ de N; 200 mg dm⁻³ de P, 100 mg dm⁻³ de K e 10% do volume total do vaso com esterco de curral.

O cultivar de soja escolhido para a semeadura foi a BRS-184, decorrente do cruzamento 'FT Guaíra' x 'IAC-13-C', indicada para os estados de São Paulo e Paraná que apresenta bom crescimento e ramificação, boa resistência a doenças e é indicada para solos de média a alta fertilidade. As sementes foram tratadas com o fungicida Captan [(N-triclorometiltio-4-ciclohexano-1,2-decarboximida) 500 g kg⁻¹ e Benomyl (metil-1-(butilcarbamoil)-2-benzimidazol-carbamato) 500 g kg⁻¹ nas doses de 3 g kg⁻¹ e 0,4 g kg⁻¹ de sementes, respectivamente e inoculadas com

turfa esterilizada com raios gama.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições e oito tratamentos. Os seguintes tratamentos com reguladores vegetais foram utilizados: T₁ – testemunha (água); T₂ – GA₃ 100 mg L⁻¹; T₃ – BAP (benzilaminopurina) 100 mg L⁻¹; T₄ – IBA (ácido indolilbutírico) 100 mg L⁻¹; T₅ – Stimulate® (IBA + GA₃ + cinetina) 20 mL L⁻¹; T₆ – Cloreto de mepiquat (Cl mep.) 100 mg L⁻¹; T₇ – Cl mep. 100 mg L⁻¹ + BAP 100 mg L⁻¹ + IBA 100 mg L⁻¹ e T₈ – ethephon 600 mg L⁻¹.

Como fonte dos reguladores vegetais utilizou-se: para giberelina o produto comercial ProGibb®, contendo GA₃ (ácido giberélico) a 10%; Stimulate®, produto comercial contendo a mistura de IBA a 0,05 g L⁻¹, GA₃ (ácido giberélico) a 0,05 g L⁻¹ e cinetina a 0,09 g L⁻¹; PIX®, produto comercial contendo cloreto de mepiquat a 5% e Ethrel®, produto comercial contendo ethephon (ácido 2-cloroetil-fosfônico) a 240 g L⁻¹.

Os tratamentos foram aplicados por pulverização foliar aos 43, 74 e 105 dias após o plantio. As avaliações das plantas foram realizadas em 6 coletas, a cada 13 dias, aos 60, 73, 86, 99, 112 e 125 dias após o plantio (DAP).

As características avaliadas foram: teor de clorofila (spad), altura de plantas (cm), número de ramificações por planta e altura da vagem

mais próxima do solo (altura da 1ª vagem – cm). Para mensurar o teor de clorofila foi utilizado clorofilômetro SPAD-2 da Minolta.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e ajustados ao modelo matemático de análise de regressão para cada tratamento.

Resultados e discussão

O tratamento das plantas de soja com GA₃ promoveu maior crescimento das plantas durante todo o ciclo (Figura 1 e Tabela 1), exigindo o tutoramento das mesmas para evitar o acamamento. Castro et al. (1990) verificaram aumento no crescimento de plantas de feijão ‘Carioca’ tratadas com giberelina a 50 mg L⁻¹ aos 14 e 21 dias após a aplicação. Leite (1998) também observou que plantas de soja tratadas com GA₃, via foliar, apresentaram aumento na altura das plantas. Os demais tratamentos, a partir de 86 dias do plantio, apresentaram altura das plantas semelhante ou inferior à testemunha, como é o caso das plantas tratadas com ethephon e cloreto de mepiquat. A aplicação de ethephon em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) aos 7, 14 e 28 dias após a emergência das plantas, reduziu o crescimento das plantas, não promovendo aumento na sua produção (NGATIA et al., 2003). Segundo Campos et al. (2007), o tratamento das plantas de soja com cloreto de mepiquat e ethephon, inibiu o crescimento das plantas e prolongou o ciclo

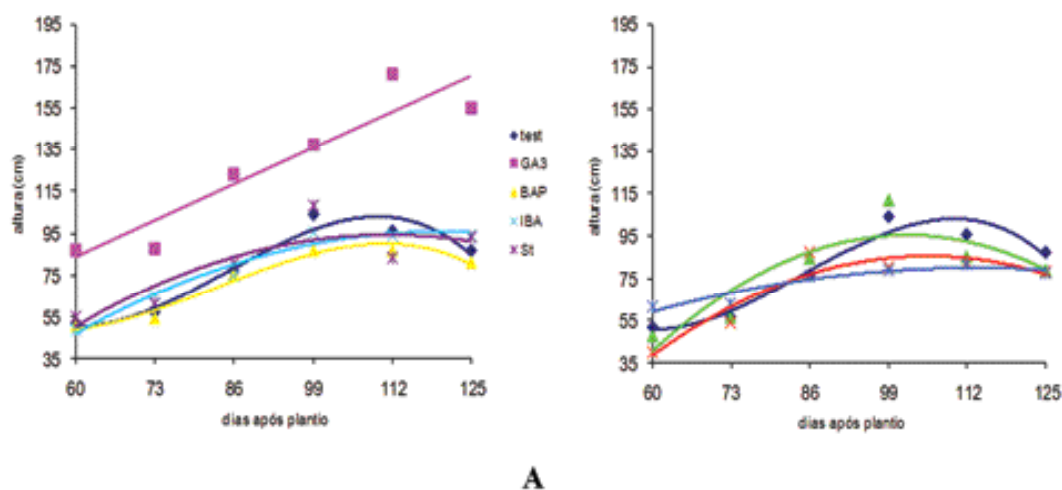


Figura 1. Altura (cm) de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS-184), em função Testemunha, PIX® (cloreto de mepiquat), PIX®+ (cloreto de mepiquat+BAP+ IBA) e ET (ethephon).

Tabela 1. Modelo da função ajustada e R² dos tratamentos referentes à altura de plantas de soja em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R ²
Testemunha	$y = 469,440 - 17,023x + 0,219x^2 - 0,000859x^3$	0,816
GA ₃	$y = 17,782 + 1,212x$	0,748
BAP	$y = 258,700 - 9,080x + 0,123x^2 - 0,000491x^3$	0,882
IBA	$y = -108,799 + 3,505x - 0,0151x^2$	0,900
GA ₃ +IBA+cinetina	$y = -111,532 + 3,700x - 0,0166x^2$	0,701
Cloreto de mepiquat	$y = -230,215 + 6,389x - 0,0313x^2$	0,506
Cloreto de mepiquat+BAP+IBA	$y = -150,493 + 4,363x - 0,0203x^2$	0,887
Ethephon	$y = -15,743 + 1,694x - 0,00748x^2$	0,761

da planta.

O número de ramificações laterais das plantas teve aumento significativo no tratamento com ethephon durante todo o ciclo da planta (Figura 2 e Tabela 2). Tancredi et al. (2004) ao removerem o meristema apical de plantas de soja a 25 cm de altura obtiveram aumento na ramificação das plantas e na produtividade de grãos. Na realidade o estresse provocado pela poda promoveu aumento na síntese de etileno e também a quebra da dominância apical, disponibilizando maior teor de citocinina para o desenvolvimento das gemas laterais, que foi responsável pelas respostas fisiológicas. Bhattacharjee e Divakar (1989) ao verificarem o efeito do etileno

em *Jasminum* spp. nas dosagens de 100, 500 e 1000 mg L⁻¹ observaram redução de crescimento, aumento da ramificação, aumento do diâmetro do caule e atraso no florescimento, porém, com maior número de flores.

A altura da 1ª vagem próxima ao solo acompanhou o crescimento das plantas, sendo aquelas tratadas com GA₃ as que mais se distanciaram da superfície do solo e as que apresentaram a altura da primeira vagem superior em todo o período reprodutivo, atingindo aos 86 dias após o plantio 35 cm da superfície do solo (Figura 3 e Tabela 3). Leite (1998), ao trabalhar com giberelina em soja, verificou que a aplicação foliar de 100 mg L⁻¹ de GA₃, associada ou não à aplicação de citocininas, resultou em plantas

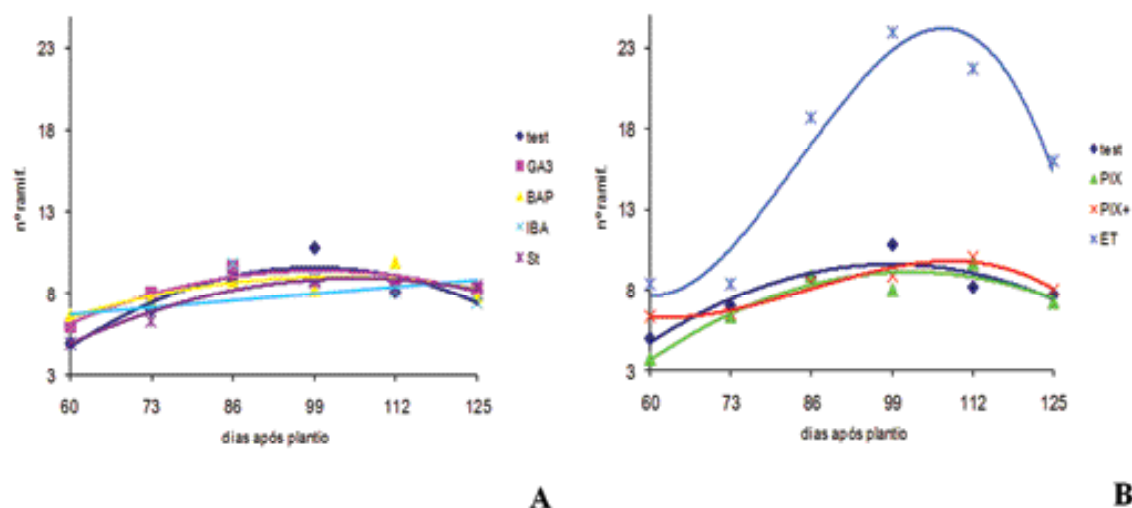


Figura 2. Número de ramificações por planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS-184), em função dos tratamentos com diferentes reguladores vegetais: (A) Testemunha, GA₃, BAP (benzilaminopurina), IBA (ácido indolilbutírico) e Stimulate® (GA₃+IBA+cinetina); (B) Testemunha, PIX® (cloreto de mepiquat), PIX®+ (cloreto de mepiquat+BAP+IBA) e ET (ethephon).

Tabela 2. Modelo da função ajustada e R² dos tratamentos referentes ao número de ramificações por plantas de soja em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R ²
Testemunha	$y = -21,898 - 0,638x + 0,00322x^2$	0,671
GA ₃	$y = -7,176 + 0,319x - 0,00157x^2$	0,529
BAP	$y = -7,506 + 0,331x - 0,00164x^2$	0,431
IBA	$y = 2,813 + 0,0579x$	0,308
GA ₃ +IBA+cinetina	$y = -12,351 + 0,413x - 0,00195x^2$	0,624
Cloreto de mepiquat	$y = -22,993 + 0,629x - 0,00308x^2$	0,679
Cloreto de mepiquat+BAP+IBA	$y = 45,325 - 1,539x + 0,0193x^2 - 0,0000752 x^3$	0,749
Ethephon	$y = 161,069 - 6,255x + 0,0809x^2 - 0,000322 x^3$	0,973

maiores. Quando aplicada entre os estádios V3/V4 proporcionou aumento significativo na altura do primeiro nó, além de maior crescimento dos ramos laterais.

O ethephon inibiu o crescimento das plantas e, conseqüentemente, reduziu a altura da primeira vagem em comparação à testemunha e aos demais tratamentos, fato que pode ser prejudicial à colheita, ocasionando perdas em campo onde esta é realizada mecanicamente (Figura 3). Pode-se observar também, que aos 86 dias após o plantio, as plantas tratadas com ethephon ainda não apresentavam nenhuma vagem, enquanto que nos demais tratamentos já se observava

a sua presença. Tal fato sugere que o tratamento com ethephon atrasou o ciclo fenológico da soja.

O tratamento com cloreto de mepiquat, um inibidor da síntese de GA, portanto, um retardador do crescimento vegetal, não reduziu a altura da 1ª vagem, apresentando comportamento semelhante aos demais tratamentos, com exceção do tratamento com ethephon. Para Marcos Filho (1986), a variedade escolhida para cultivo numa determinada localidade deve apresentar altura de inserção do primeiro legume de pelo menos 10 a 12 cm. Entretanto, segundo o autor, para a maioria das condições das lavouras de soja, a altura mais satisfatória está em torno de 15 cm,

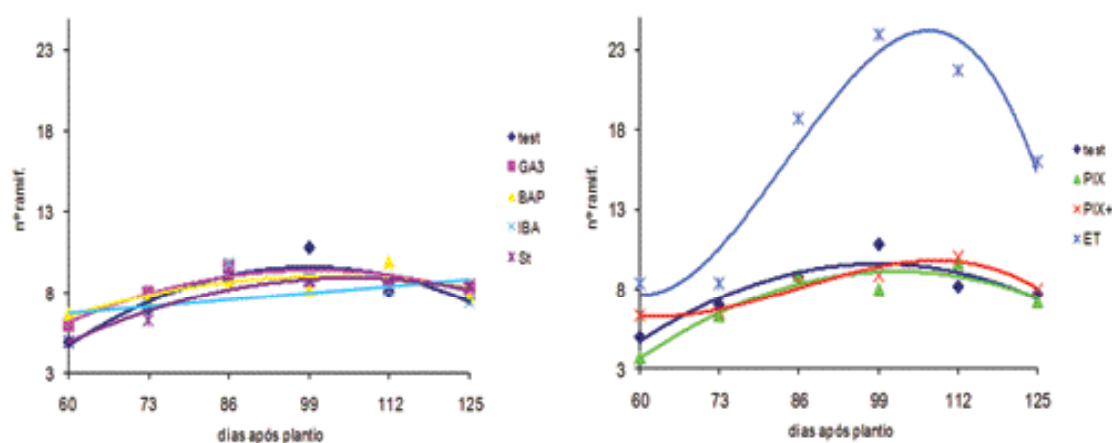


Figura 3. Altura da 1ª vagem (cm) de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em função dos tratamentos com diferentes reguladores vegetais: (A) Testemunha, GA₃, BAP (benzilaminopurina), IBA (ácido indolilbutírico) e Stimulate® (GA₃+IBA+cinetina); (B) Testemunha, PIX® (cloreto de mepiquat), PIX®+ (cloreto de mepiquat+BAP+IBA) e ET (ethephon).

Tabela 3. Modelo da função ajustada e R² dos tratamentos referentes à altura da 1ª vagem em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R ²
Testemunha	$y = 66,628 - 0,9256x + 0,0042x^2$	0,838
GA ₃	$y = -941,74 + 29,71x - 0,2962x^2 + 0,001x^3$	0,987
BAP	$y = 144,47 - 2,3816x - 0,011x^2$	0,968
IBA	$y = -1035,8 + 29,806x - 0,2761x^2 + 0,0008x^3$	0,997
GA ₃ +IBA+cinetina	$y = -65,879 + 1,6221x - 0,0078x^2$	0,985
Cloreto de mepiquat	$y = 848,27 - 23,81x + 0,2257x^2 - 0,0007x^3$	0,965
Cloreto de mepiquat+BAP+IBA	$y = -517,43 + 14,608x - 0,1311x^2 + 0,0004x^3$	0,899
Ethephon	$y = -1583,5 + 43,163x - 0,3858x^2 + 0,0011x^3$	0,966

embora colhedoras mais modernas possam efetuar boa colheita com plantas apresentando inserção de legume a 10 cm. Os fatores ambientais ou de práticas culturais que afetam a altura da planta podem influenciar também na altura da inserção da primeira vagem (SEDIYAMA et al., 1972).

A altura de planta é característica fundamental na determinação da cultivar a ser introduzida em uma região, podendo variar consideravelmente de acordo com a época de semeadura, espaçamento de plantas entre e dentro das fileiras, suprimento de umidade, temperatura, fertilidade do solo e outras condições gerais do meio ambiente (CARTTER e HARTWIG, 1962). Consideram-se alturas de planta compreendidas entre 60 e 120 cm como adequadas à

mecanização da colheita.

O ethephon, mesmo reduzindo a altura da planta e a inserção da 1ª vagem, atingiu a altura de aproximadamente 75 cm e inserção da 1ª vagem a 15 cm da superfície do solo e, também, promoveu maior ramificação das plantas, podendo promover uma maior produtividade. Assim, seria um tratamento que poderia ser utilizado para evitar o acamamento das plantas de soja.

Quanto ao teor de clorofila nas folhas pode-se observar que todos os tratamentos apresentaram o mesmo comportamento durante o período avaliado (Figura 4). No entanto, aos 125 dias após o plantio verificou-se que os tratamentos com BAP e ethephon ainda apresentavam alto teor

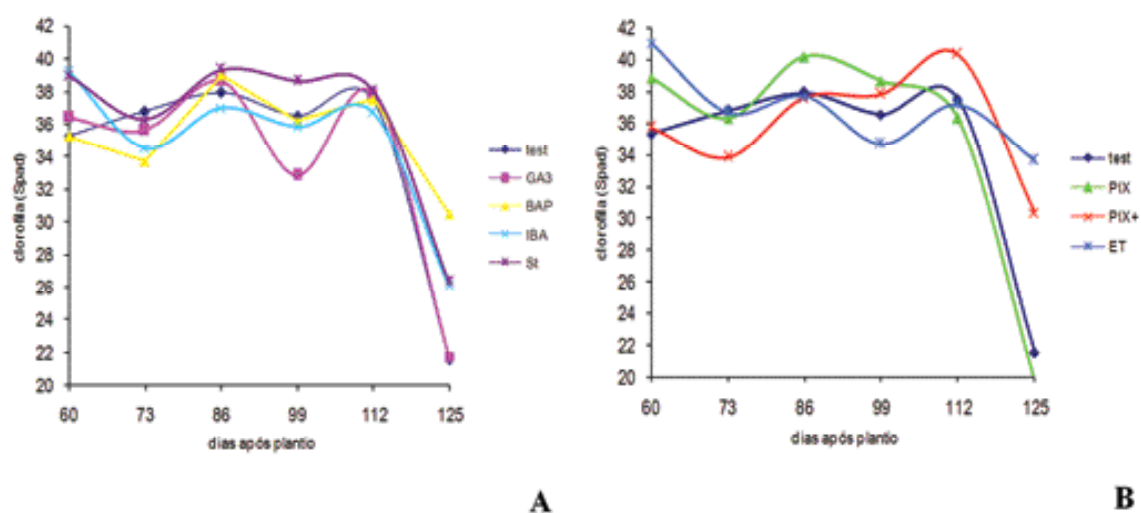


Figura 4. Teor de clorofila nas folhas (Spad) de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em função dos tratamentos com diferentes reguladores vegetais: (A) Testemunha, GA₃, BAP (benzaminopurina), IBA (ácido indolilbutírico) e Stimulate® (GA₃+IBA+cinetina); (B) Testemunha, PIX® (cloreto de mepiquat), PIX®+ (cloreto de mepiquat+BAP+IBA) e ET (ethephon).

de clorofila nas folhas, ou seja, atrasaram a fase de senescência. Segundo Taiz e Zeiger (2009), as citocininas promovem o desenvolvimento de cloroplastos e inibem a degradação da clorofila e, assim, prolongando o período fotossintético da planta que irá contribuir com a produção de sementes de soja (GULLUOGLU et al., 2006). Segundo Nooden (1986), plantas de soja tratadas com GA_3 ou GA_{4+7} nos segmentos da haste principal e nas folhas com vagens, tiveram a longevidade foliar aumentada por mais de 15 dias e o amarelecimento de vagens foi atrasado por 2 a 4 dias, quando estas foram aplicadas em combinação com citocininas.

Já o ethephon pode ter atrasado o ciclo fenológico da cultura e o tratamento com cloreto de mepiquat + IBA + BAP, também manteve o teor de clorofila alto no final do ciclo da cultura, o que reforça o fato das citocininas inibirem a degradação de clorofila nas plantas. A não degradação da clorofila nos tecidos mantém estes fotossinteticamente ativos, assim, disponibilizando maior quantidade de matéria orgânica para o enchimento de grãos, propiciando a formação de grãos mais pesados e, conseqüentemente, aumentando a produtividade da cultura.

Conclusões

Pelos resultados obtidos e nas condições deste experimento, pode-se concluir que:

A aplicação de ethephon a 600 mg L^{-1} promoveu aumento nas ramificações laterais em plantas de soja, inibiu o crescimento das plantas e atrasou a degradação da clorofila, mas não reduziu a altura da inserção da 1ª vagem, podendo ser recomendado para prevenir o acamamento das plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS-184;

O tratamento com BAP e cloreto de mepiquat + IBA + BAP mantêm o teor de clorofila elevado até aos 125 dias após o plantio e

O tratamento com GA_3 promoveu maior crescimento em altura das plantas de soja.

Referências

Apresentadas no final da versão em inglês

