UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE BOTUCATU

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

"EFEITOS DE REGULADORES VEGETAIS NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)."

MARCELO FERRAZ DE CAMPOS

Tese apresentada ao "Instituto de Biociências", Campus de Botucatu, UNESP, para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Botânica), AC: Fisiologia Vegetal.

BOTUCATU - SP

Dezembro - 2005

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE BOTUCATU

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

"EFEITOS DE REGULADORES VEGETAIS NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)."

MARCELO FERRAZ DE CAMPOS

Profª. DRª. ELIZABETH ORIKA ONO
Orientadora

Tese apresentada ao "Instituto de Biociências", Campus de Botucatu, UNESP, para a obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Botânica), AC: Fisiologia Vegetal.

BOTUCATU - SP

Dezembro - 2005

A minha esposa Rosemeire Ap. Frederico e
minha filha Lorena Frederico Campos

Dedico

A meu pai Mário Ferraz de Campos (in memorian)
e minha mãe Alba Valentim de Campos

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Profª. Drª. Elizabeth Orika Ono pela dedicação, confiança e ensinamentos indispensáveis para a realização deste trabalho.

À Profª. Drª. Sheila Zambello de Pinho do Departamento de Bioestatística pela orientação e apoio na realização e interpretação das análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. João Domingos Rodrigues, à Profª. Drª. Carmem Silvia F. Boaro, à Profª. Drª. Gisela Ferreira e à Profª. Drª. Maria Elena A. Delachiave do Departamento de Botânica pelo auxilio bibliográfico, esclarecimento de dúvidas e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Profª. Drª. Giuseppina Pace P. Lima e ao Prof. Dr. Luiz Artur Loyola Chardulo do Departamento de Química e Bioquímica, pela contribuição técnica e pela gentileza de terem possibilitado a utilização dos laboratórios para as análises químicas.

Ao Prof. Dr. Silvio José Bicudo e ao Prof. Dr. Leandro Borges Lemos do Departamento de Produção Vegetal, Setor Agricultura e Melhoramento Vegetal, pelas informações adicionais sobre a cultura da soja e auxílio nos cálculos de produtividade e correção de umidade de grãos.

Ao Prof. Dr. Hélio Grassi Filho por ter auxiliado na análise de solo e interpretação dos resultados para o cálculo de calagem e adubação.

Ao Engº. Agrônomo Marco Antônio Frederico pela doação das sementes e do inoculante utilizados na implantação do experimento.

Ao Auxiliar Acadêmico José Eduardo Costa e aos funcionários do Departamento de Botânica, em especial ao Auro Pires, Gislaine C. Delachiave Robis, Dirce da Silva Oyan e Kleber Alexandre Campos pelos auxílios prestados.

Aos Auxiliares Acadêmicos Luiz Claudio Correia, Evandro Paganini Listone e Ivalde Ybelluta do Departamento de Química e Bioquímica, pelo apoio na realização das análises laboratoriais utilizadas neste trabalho.

Aos colegas Gustavo Habermann, Leonard Tedeschi e Antonio Lopes Jr. pela ajuda na utilização e interpretação dos dados fornecidos pelos equipamentos de análise de trocas gasosas.

Aos companheiros do curso de Pós-Graduação, em especial à Andréa Maria Antunes, João Filgueiras Braga, Juliana Aparecida Povh, Leandro Teruel Felvener, Maria Olívia Gaspar Corrêa e Adriana Pacheco Barreiro pela ajuda e incentivo durante a execução deste trabalho.

À seção de Pós-Graduação, em especial aos funcionários Sérgio Primo Vicentini, Sônia B. Ribeiro Ciccone, Salete Aparecida Costa, Maria Helena Godoy e Luciene de Cássia Jerônimo Tobias pelos auxílios prestados.

Aos funcionários das bibliotecas do Instituto de Biociências e da Faculdade de Ciências Agronômicas "Prof. Paulo de Carvalho Mattos", UNESP, Botucatu, pelos serviços prestados.

À Universidade Estadual Paulista - UNESP - Botucatu, que possibilitou a efetivação dos ensinamentos fundamentais para o exercício das atividades de Pesquisador Científico.

À CAPES pelo auxílio concedido para a realização do curso de Pós-Graduação.

Agradeço à todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, colaboraram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

01 - Resumo..... 06

02 - Abstract..... 09

03 - Introdução..... 12

04 - Revisão de Literatura..... 18

05 - Desenvolvimento da parte aérea de plantas de soja em função de reguladores vegetais..... 28

06 - Capítulo II -. Influência de reguladores vegetais no desenvolvimento reprodutivo de plantas de soja..... 43

07 - Capítulo III - Efeitos de reguladores vegetais na produtividade biológica de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)..... 59

08 - Capítulo IV - Análise de Crescimento em plantas de soja tratadas com reguladores vegetais..... 80

09 - Capítulo V - Desenvolvimento de Plantas de soja em resposta aos reguladores vegetais..... 100

10 - Considerações Finais..... 116

11 - Conclusões..... 120

12 - Referências Bibliográficas..... 123

01 - RESUMO

CAMPOS, M. F. de **Efeitos de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merril)**. 2005. 126 p. Tese (doutorado) - Instituto de Biociências, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

1 - RESUMO - O presente trabalho visou estudar a influência de reguladores vegetais sobre o crescimento, desenvolvimento, reprodução e produtividade de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS-184). O experimento foi conduzido em casa de vegetação no ano agrícola 2003/4. As plantas foram cultivadas em vasos de 10 litros contendo terra da camada arável de solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito tratamentos e três repetições (testemunha; GA_3 100 mg L^{-1}; BAP 100 mg L^{-1}; IBA 100 mg L^{-1}; Stimulate® (IBA+GA_3+Cinetina) 20 mL L^{-1}; cloreto de mepiquat 100 mg L^{-1}, cloreto de mepiquat 100 mg L^{-1}+BAP 100 mg L^{-1}+IBA 100 mg L^{-1} e ethephon 600 mg L^{-1}). Os tratamentos foram aplicados em três etapas a cada 30 dias a partir do 43º dia da semeadura e foram realizadas seis avaliações a cada 13 dias sendo a primeira no 60º dia. Foram realizadas medidas de massa de matéria seca dos órgãos, área foliar, teor de clorofila, altura de plantas e vagens , contagem de órgãos (folhas, flores, vagens e grãos), além, das análises laboratoriais para determinação de proteínas, lipídios, açúcares e clorofila. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F), ajustados a um modelo matemático de análise de regressão para cada tratamento e comparação das médias pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. Os resultados analizados permitiram observar que a aplicação de GA_3 promoveu maior crescimento das plantas em altura, aumento no conteúdo de matéria seca de caule, maior altura da primeira vagem, maior número de folhas e flores e os tratamentos com ethephon, BAP e IBA promoveram aumento na matéria seca de raízes. Quanto ao teor de clorofila observa-se que este foi mantido alto durante a senescência nas plantas com a aplicação de BAP, ethephon e cloreto de mepiquat associado a IBA e BAP. Ao observar-se a análise de crescimento verifica-se que plantas tratadas com cloreto de mepiquat tiveram as taxas de crescimento absoluto, crescimento relativo e taxa assimilatória líquida reduzidos. O maior número de vagens encontrado ocorreu no tratamento com ethephon que também proporcionou maior número de ramificações e

matéria seca de raízes e caule, entretanto, apresentou menor altura de plantas e menor altura da primeira vagem. O tratamento com GA_3, apesar de aumentar o número de folhas, reduziu a área foliar. Em uma análise geral pode-se observar que os tratamentos modificaram diversos parâmetros fisiológicos alterando o desenvolvimento, a reprodução e a arquitetura das plantas.

Palavras-chave: biorreguladores, retardantes vegetais, análise de crescimento, reprodução, produtividade.

02 - ABSTRACT

CAMPOS, M. F. de **Plant growth regulators effects upon the development of soybean plant (*Glycine max* (L.) Merril)**. 2005. 126 p. Tese (doutorado) - Instituto de Biociências, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Author: MARCELO FERRAZ DE CAMPOS

Adviser: ELIZABETH ORIKA ONO

1 - ABSTRACT - This work had the aims to study the influence of plant growth regulators upon the growth, development, reproduction and productivity of soybean plants (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS-184). The experiment was carried out under greenhouse conditions in 2003/2004, where plants were cultivated) in 10 liter-pots with soil from rootable layer; this soil is classified as Latossolo Vermelho Distrófico. The used experimental design was completely randomized blocks, with three replications and seven treatments [control; GA_3 100 mg L^{-1}; BAP 100 mg L^{-1}; IBA 100 mg L^{-1}; Stimulate® (IBA+GA_3+Kinetin) 20 mL L^{-1}; mepiquat chloride 100 mg L^{-1} and mepiquat chloride 100 mg L^{-1}+BAP 100 mg L^{-1}+IBA 100 mg $L^{-1}$and ethephon 600 mg L^{-1}]. The treatment were applied three times with intervals of 30 days with the first after 43 days and six samplings have been performed with intervals of 13 days with the first after 60 days. The mass measures such as dry matter of the organs, leaf area, chlorophyll content, counting of organs, besides the laboratorial analyses for the determination of proteins, lipids, sugars and chlorophyll. The results were submitted to the variance analysis (F test), arranged to a mathematic model of regression analysis for the treatment and comparison of the averages through the 5%-probability Tukey test. During the assessment, it was possible to observe that the GA_3 applyed promoted the highest plant growth regarding the their height, the increase in the stem dried matter content, highest height for the first pod, highest number of leaves and flowers, and treatment with ethephon, BAP and IBA promoted increase in root dry matter. In regard with the chlorophyll, it is observed that it had been kept in a high level during the plant senescence with application of BAP, ethephon and mepiquat chloride. When observed the growth analysis, it is verified the reduction of the absolute and relative growths and assimilatory liquid rates for the plants treated with mepiquat chloride. The greatest

number of found pods occurred in the treatment with ethephon, which also has given the highest number of stems and stem and root dry matter; however, it has presented the smallest height of the plants and of the first pod. The treatment with GA_3, despite the increase of number of leaves, has reduced the leaf area. In a global analysis, it can be seen that the treatment has modified several physiological parameters changing the development, reproduction and even the architecture of the plant.

Keywords: plant growth regulators, vegetal retardants, growth analysis, reproduction, productivity.

03 - INTRODUÇÃO

3 - INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta de origem asiática, mais precisamente da região correspondente a China Antiga, de onde se disseminou para a Europa, seguindo para o continente americano, chegando ao Brasil no final do século XIX (Diehl, 1997). Todavia, a expansão da cultura no país só ocorreu a partir de meados do século XX com a demanda de matéria prima para a indústria de óleos e incentivos políticos aos produtos de exportação. Esta expansão só foi possível em função dos trabalhos de melhoramento genético influentes no período juvenil das plantas, realizados com a utilização de genes que proporcionam insensibilidade ao fotoperíodo, que é bastante diferenciado nas diferentes regiões do Brasil, devido à grande amplitude da latitude. Atualmente, a soja é cultivada em praticamente todo o território nacional. Dentre todos os cultivos extensivos no Brasil, a soja possui o mais alto teor de proteína; além disso, quando comparada a outras fontes, o custo da proteína da soja é o menor (Ocepar, 1994; Embrapa, 1999).

A cultura da soja vem crescendo significativamente no Brasil desde que se expandiu da região sul do país para os outros Estados. Atualmente, os produtores brasileiros dispõem de tecnologia de produção agrícola perfeitamente adaptada às condições brasileiras, fazendo com que alcancem rendimentos de 3.000 a 6.000 kg ha^{-1} (50 a 100 sacas de 60 kg por hectare) em Estados brasileiros que recebem grande quantidade de energia solar, temperatura e precipitação, principalmente, em regiões localizadas no Brasil-Central e Brasil-Norte (Câmara, 1998).

O Brasil e a Argentina são dois importantes exportadores mundiais do complexo soja. Assim, ocorre grande concorrência na disputa de mercados para a exportação do produto. Os produtores de soja da Argentina conseguem produzir com menor custo de produção que o Brasil, devido as melhores condições de cultivo, principalmente, no tocante aos solos com alta fertilidade natural, custo de transporte, menores tributos e tarifas portuárias, o que reflete diretamente em melhores condições de produção, proporcionando vantagem comparativa para esse país (Ocepar, 1994). Devido a essa concorrência, o Brasil necessita cada vez mais investir em tecnologia para a produção de soja.

No Brasil, em praticamente todas as regiões, existem áreas produtoras de soja. A partir de dados censitários de 1996, observa-se que o produtor médio de soja ocupou área de 38,02 ha e produziu 88,84 toneladas de grãos, o equivalente à produtividade de 2.273 kg ha^{-1} (Embrapa, 1999).

A produção de cereais, leguminosas e oleaginosas no Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2005) deve chegar a 127,6 milhões de toneladas com área plantada de 46,9 milhões de hectares em 2006. Esse volume é 13,22% superior à safra de 2005. Para a soja, é esperada uma produção de 59,2 milhões de toneladas, área plantada de 23 milhões de hectares e produtividade esperada de 2.695 kg ha^{-1}. Esse volume é 16,4 % maior que o produzido em 2004, mantendo a soja em primeiro lugar no ranking da produção agrícola desde 2002, alcançando 51,9 milhões de toneladas.

O óleo de soja é a fonte mais importante de óleo vegetal do mundo, mas outros produtos da soja mostram-se igualmente importantes para usos alimentícios e industriais, dentre os quais a lecitina de soja emulsificadora e os ingredientes à base da

proteína de soja: farinha de soja, concentrados de soja e isolados de soja. Hoje quase 60% dos produtos alimentícios do Brasil contém ingredientes à base de soja.

A soja possui na sua composição química, compostos fenólicos como, por exemplo, os isoflavonóides que exercem importantes propriedades biológicas, tais como atividade antioxidante (Ezaki et al., 1999) e anti-cancerígena (Denis et al., 1999).

O estudo sobre o controle hormonal e seus efeitos fisiológicos nas plantas vem se expandindo, pelos quais já foram comprovados, experimentalmente, diversas mudanças morfologicas e fisiológicas em vegetais.

As giberelinas são compostos envolvidos, principalmente, no controle do alongamento e divisão celular, principalmente, nos tecidos caulinares (Davies, 1995). O ácido giberélico ativa os meristemas apical e subapical produzindo um grande número de células as quais se alongando irão determinar o comprimento do caule (Sidahmed, 1978).

As citocininas são hormônios vegetais promotores da divisão celular, em geral por uma interação com as auxinas. A primeira citocinina a ser descoberta foi a cinetina em DNA autoclavado, sendo demonstrada como um derivado da adenina ou aminopurina (Taiz & Zeiger, 2004a). Também estão envolvidas ou têm efeitos na diferenciação celular, alongamento, crescimento e senescência foliar, dominância apical, germinação, desenvolvimento de organelas, atividades enzimáticas, desenvolvimento de frutos e hidrólise das reservas de sementes. A grande diversidade dos efeitos das citocininas dificulta o conhecimento do seu modo de ação em nível molecular e celular (Salisbury & Ross, 1992).

As auxinas constituem um grupo de hormônios capazes de promover vários aspectos do crescimento e desenvolvimento vegetal, são hormônios produzidos, principalmente, nas regiões apicais. A primeira e mais importante auxina isolada foi o

ácido indolilacético (IAA), responsável por inúmeros processos biológicos nos vegetais (Awad & Castro, 1992). Segundo Davies (1995), uma importante utilização das auxinas em aplicação exógena é como promotora do crescimento de plantas.

Retardantes vegetais, como por exemplo o cloreto de mepiquat, são utilizados para diminuir a altura de plantas, inibindo a síntese endógena de giberelinas, obtendo-se uma produção mais compacta, com maior crescimento de ramos, formação de folhas verde escuras e florescimento precoce (Figueiredo, 1998).

Estudos com hormônios vegetais podem trazer grande avanço para a pesquisa científica, pois estas moléculas sinalizadoras, são responsáveis por efeitos marcantes no desenvolvimento vegetal, sendo envolvidas em todas as funções vitais das plantas, desde a germinação das sementes e gemas, enraizamento, crescimento, florescimento, frutificação até a produção de grãos. Os hormônios além de serem produzidos pelas plantas podem ser aplicados exógenamente na forma de reguladores vegetais. O uso de reguladores vegetais vem apresentando resultados bastante significativos em plantas bem nutridas, cultivadas com uso de tecnologia, por isso o momento parece bastante oportuno para se estudar o efeito destes compostos sobre a produção de soja, que hoje é de grande importância econômica para o país.

O objetivo do trabalho foi investigar a influência de giberelina, citocinina, auxina, inibidor da síntese de giberelina, isolados ou em mistura e do etileno sobre o desenvolvimento e produtividade de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merril). Os efeitos dos reguladores vegetais sobre o desenvolvimento de plantas de soja foram avaliados sobre os seguintes aspectos:

- Produção de massa seca de raízes e parte aérea da planta, além da produtividade de grãos;
- Desenvolvimento das plantas através da análise quantitativa de crescimento;

- Produtividade vegetal pela análise funcional de crescimento;
- Produção de clorofila e
- os teores de proteínas, lipídios, açúcares redutores e totais dos grãos.

04 - REVISÃO DE LITERATURA

4 - REVISÃO DE LITERATURA

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) pertence a família das Leguminosae, sub-família Papilionoideae e tribo Phaseoleae. A tribo Phaseoleae é a mais importante da família Leguminosae compreendendo membros de considerável importância na alimentação, como: soja, feijão, feijão-vagem, feijão-azuki, feijão-fava, feijão-mungo, feijão-guandu, etc. Dentro da tribo Phaseoleae, O gênero *Glycine* é membro da sub-tribo Glicininae, juntamente com *Nogra*, *Sinodolichos* e *Pueraria* de origem Asiática; *Eminia*, *Pseudeminia* e *Pseudovigna* Africanas e *Glycine* Ásia e Austrália (Hymowitz & Singh, 1987).

É uma espécie anual, de porte ereto, crescimento determinado ou indeterminado, com estatura variável (30 a 120 cm) e ciclo de cultura de 90 a 160 dias, dependendo da cultivar e da época de semeadura e adequada para a alimentação humana (Miranda & Mascarenhas, 1987).

Segundo Müller (1981), a soja é uma das plantas cultivadas mais antigas do mundo. Sua história e origem se perdem em tempos remotos. Segundo o autor, a literatura antiga chinesa revela que a soja pode ter sido cultivada extensivamente na China e Manchúria pelo menos a 2.500 anos a.C. Por ser planta de cultivo tão antigo não se conhece sua origem exata e os processos de domesticação. Mesmo com todas as informações existentes, ainda não foi possível identificar o lugar exato de origem. Pode ser aceito que é originária da Ásia oriental, especificamente da China. De qualquer forma, sempre foi considerada uma das mais importantes leguminosas cultivadas no Oriente.

Os hormônios vegetais são compostos orgânicos que, em pequenas concentrações, modificam de alguma maneira algum processo fisiológico vegetal (Coll

et al., 2001). Estes compostos podem interferir em diversos processos, tais como germinação, enraizamento, floração, entre outros. A aplicação destes produtos pode ser feita via foliar, tratamento de sementes ou estacas ou via solo de maneira que as substâncias sejam absorvidas e possam exercer sua atividade (Castro & Melotto, 1989).

Atualmente, os grupos de hormônios e reguladores vegetais já identificados são as auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico, brassinosteróides, compostos fenólicos e poliaminas. Os jasmonatos e salicilatos estão em estudo para a inclusão como duas novas classes hormonais (Taiz & Zeiger, 2004b).

Segundo vários autores, o mecanismo de ação dos hormônios vegetais, ocorrem em decorrência de um estímulo que deve ser percebido, transmitido e por fim, haverá uma amplificação do sinal que se manifesta como resposta observada e mensurada.

As giberelinas estão presentes por toda a planta, podendo ser detectada em folhas, caules, raízes, sementes, embriões e pólen. Segundo Coll et al. (2001), as giberelinas são sintetizadas nos ápices caulinares, folhas em expansão além de frutos e sementes em desenvolvimento.

Em estudos feitos com desenvolvimento de flores e vagens de *Vicia faba* L. foi observada a ação da atividade da giberelina nos diferentes estádios de desenvolvimento dos frutos. Segundo Diethelm et al. (1988), a atividade do ácido giberélico foi menor durante o desenvolvimento de flores, seguido de rápido aumento, em paralelo ao aumento da matéria seca de vagens, sendo que este aumento alcançou o pico no máximo enchimento das sementes, voltando a diminuir a atividade em direção a maturidade de vagens e sementes.

Também foi verificado por Castro (1981) que o tratamento com GA_3 na dosagem de 100 mg L^{-1}, proporcionou aumento na massa de matéria seca total e de folhas em plantas de soja.

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. Giberelinas isoladas retardaram a senescência por 1 a 2 dias, enquanto as citocininas isoladas por 4 dias.

Plantas de soja cultivadas em meio sem nitrogênio foram pulverizadas diariamente após o florescimento com solução 0,5 a 1,0 mg L^{-1} de GA_3. A taxa de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida foram superiores nas plantas tratadas com GA_3. O aumento no crescimento ocorreu devido ao acréscimo no desenvolvimento vegetativo, menor crescimento dos frutos e interrupção da senescência radicular (Guiamet et al., 1987).

Katayama & Akita (1989) aplicando GA_3 em arroz, observaram aumento no crescimento inicial das plantas, aumento do comprimento e redução da largura das folhas resultando em diminuição da área foliar. Em arroz irrigado o maior crescimento ocorrido em resposta à aplicação exógena de GA_3, aparece nos internós e é decorrente do aumento do alongamento celular (Francis & Sorrel, 2001).

Leite (1998) ao trabalhar com giberelina em soja, verificou que a aplicação foliar de 100 mg L^{-1} de GA_3, associada ou não à aplicação de citocininas, resultou em plantas maiores. Quando aplicada entre os estádios V3/V4 proporcionou aumento significativo na altura do primeiro nó, além de maior crescimento dos ramos laterais.

Ono (2002), em trabalho realizado com plantas de alfafa, verificou que o tratamento de plantas com GA_3, proporcionou aumento na altura de plantas, maior teor de clorofilas e maior produção de matéria seca de caule e matéria seca total. Também foi observado maior crescimento de folhas promovido pelo tratamento com GA_{4+7} em

conjunto com citocinina. Por outro lado, Zerbe & Wild (1981) relatam que o GA_3 diminui o conteúdo de clorofila, significativamente, diminuindo consequentemente a taxa fotossintética das plantas.

As citocininas como as giberelinas são hormônios relacionados com a divisão e com o alongamento celular, promovendo efeitos fisiológicos sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas (Raven et al., 2001). As citocininas também atuam na indução floral, Jullien & Windaele (1992), produziram flores em sete semanas trabalhando com cultura de soja *in vitro* embebendo as sementes em benzil-aminopurina. Dewitte & Onckelen (2001) afirmam que as citocininas além de influenciarem na indução floral também tem papel importante na formação das flores, conforme já foi observado na cultura de arroz e de tabaco, através da associação entre o influxo de citocinina do meristema apical para a iniciação floral, examinado por imunolocalização e massa espectométrica.

As citocininas também possuem papel importante no desenvolvimento do aparelho fotossintético. Segundo Nyitrai (1997), as citocininas são membros do grupo de reguladores vegetais com ação no desenvolvimento dos cloroplastos, possuindo correlação na recepção da luz, além de terem influência no transporte de elétrons (principalmente, no fotossistema I), acúmulo de clorofila e atividade fotossintética. Os efeitos das citocininas na promoção da formação do aparelho fotossintético é, mais ou menos, sinérgico com a luz direta; hipóteses indicam as citocininas como aditivo, multiplicativo em elementos de transdução do sinal mediado pela luz, sendo que seu efeito parece estar diretamente ligado à ação do mRNA. Segundo o autor, têm sido desenvolvidos experimentos para estudar a ação das citocininas no desenvolvimento e organização das membranas dos tilacóides em diferentes condições de luz, mas ainda, pouco se sabe sobre a sua composição. Segundo o mesmo autor em tratamentos com

cinetina tem-se observado aumento do conteúdo de clorofila total, porém também é observada a diminuição da relação clorofila a/b.

Nos cloroplastos, as citocininas têm influenciado na organização básica dos componentes, além de manter a integridade do aparelho fotossintético. As citocininas também podem interferir na síntese de clorofila, através da promoção da atividade, redução ou síntese de enzimas como a aminolevurina ácido sintetase, NADPH protoclorofilida redutase ou clorofilase. Dois tipos de efeitos característicos são observados com relação a fotossíntese: direto (síntese ou degradação de proteínas fotossintéticas, composição do cloroplasto, transporte de elétrons e ação estomática) e indireto (mudança no crescimento, morfologia e anatomia). Pequeno aumento na concentração de citocininas pode ter efeito positivo nas características fotossintéticas; todavia, se essa concentração for muito aumentada a atividade fotossintética pode diminuir. Entretanto, a taxa de concentração ótima não é conhecida, uma vez que, a alteração nem sempre é gradual, mas pode ter efeito pronunciado (Synková et al., 1997).

A produtividade da soja é determinada pelo número e peso de grãos por área e o número de grãos é determinado pelo número de flores não abortadas. Algumas evidências, como a redução na queda de vagens e aumento no número de vagens e grãos sugerem que a citocinina endógena exerce papel importante no pegamento das vagens em soja (Peterson et al., 1990).

Para a cultura da soja, o abortamento natural de flores e vagens, está acima de 25%, Reese et al. (1995) recuperaram flores de soja condenadas ao aborto, através da aplicação de 1 mM de benzil-aminopurina sobre o rácemo terminal das cultivares 'Bragg' e 'Lee', antecedendo a antese. A aplicação também promoveu o crescimento dos tecidos do rácemo independente da fixação de vagens.

Plantas de soja cultivadas em solução nutritiva com deficiência de ferro, tratadas com benzil-aminopurina nas doses de 20 a 40 mg L^{-1}, apresentaram aumento no teor de clorofila e carotenóides, quando comparadas as plantas sem tratamento. Estas apresentaram folhas estioladas com baixa relação clorofila/carotenóide e alta relação clorofila a/b, em função da deficiência de ferro (Bai & Kastori, 1992).

As auxinas são hormônios produzidos, principalmente, nas regiões apicais, que transportadas para outros locais das plantas, participam do seu crescimento e diferenciação (Awad & Castro, 1992). Vários são os seus efeitos fisiológicos em plantas como o alongamento celular, aumento da atividade cambial, dominância apical, crescimento de frutos, entre outros (Válio, 1986; Dietrich 1986; Raven et al., 2001). Segundo Blake et al. (2002), IAA (ácido indolilacético) e IAN (ácido indolilacetonitrilo) podem ser importantes no desenvolvimento de sementes de *Fraxinus excelsior*, além de participarem do mecanismo de controle de dormência. Auxinas exógenas aplicadas em flores de pepino não partenocárpicos sob cultivo protegido, também podem promover o desenvolvimento de frutos partenocárpicos (desprovidos de sementes), formados na ausência de fecundação, ou seja, a auxina sintética substitui o suprimento endógeno de auxina do ovário fecundado para o desenvolvimento do fruto (Godoy & Cardoso, 2004).

Segundo Coll et al. (2001), as auxinas também são influenciadas por outros hormônios, que atuam sobre o transporte, síntese, conjugação ou oxidação das mesmas. Por exemplo, a aplicação de giberelinas acarreta no aumento do conteúdo de auxinas, provavelmente através do aumento da sua síntese. As citocininas também apresentam efeito estimulante sobre o conteúdo de auxinas, que parecem atrair auxinas de outros locais da planta para os locais de aplicação. O etileno atua reduzindo os níveis de

auxinas em várias plantas, imagina-se que seja devido a ativação da enzima IAA-oxidase, todavia não há provas suficientes neste sentido.

Os retardantes vegetais são substâncias sintéticas capazes de retardar o crescimento, a divisão e o alongamento celular das regiões meristemáticas da parte aérea (Award & Castro, 1992). Muitos desses compostos apresentam atividade antigiberelínica como o cloreto de mepiquat, cloreto de chlormequat, ancimidol, uniconazole, entre outros. Dessa forma, a redução da síntese de giberelinas causa a diminuição no alongamento celular e redução do crescimento (George & Sherrington, 1984; Wang et al. citados por Siqueira, 1993).

Segundo Rademacher (2000), os retardadores do crescimento vegetal, representam o mais importante grupo de reguladores vegetais utilizados comercialmente, tendo sido bastante introduzido na agricultura. São na sua maioria inibidores da síntese de giberelinas. Os retardantes vegetais podem ser classificados em dois grupos: substâncias que liberam etileno, igualmente semelhantes ao ethephon e inibidores da biossíntese de giberelinas. Os inibidores da biossíntese de GA são divididos em quatro grupos: compostos tipo amônia quaternária, compreendendo o cloreto de chlormequat, cloreto de mepiquat e AMO-1618; compostos heterocíclicos contendo nitrogênio (triazóis), como o ancymidol, flurprimidol, paclobutrazol, uniconazole e inabenfide; estrutura imitando o ácido 2 - oxoglutárico compreendendo, prohexadione-Ca e daminozide.

Figueiredo (1998), ao trabalhar com aplicação de cloreto de chlormequat (500 mg L^{-1}) e etileno (ethephon 100 e 200 mg L^{-1}) em citral (*Cymbopogon citratus*), não observou redução na produção de biomassa quando comparada a testemunha, ou seja, não foi acarretada redução na massa fresca.

Lamas, citado por Oliveira (2003), ao utilizar cloreto de mepiquat e cloreto de chlormequat em plantas de algodão, obteve plantas 25% menores que o controle, tanto com cloreto de mepiquat quanto com chlormequat. Videiras tratadas com retardantes vegetais, entre eles o cloreto de mepiquat e o cloreto de chlormequat, reduziram o crescimento dos ramos, além de promover a formação de gemas reprodutivas, consequentemente, aumentando a produção de frutos.

Por outro lado, Oliveira (2003) ao trabalhar com produção de mudas de maracujá (*Passiflora alata*) não obteve resultado significativo quando comparados à testemunha ao aplicar cloreto de mepiquat nas dosagens de 25, 50, 75 e 100 mg L^{-1}, nas avaliações de comprimento de raiz, massa seca de raiz, massa seca de caule e massa seca total em plantas jovens.

Tavares & Lucchesi citado por Oliveira (2003), utilizando cloreto de mepiquat nas dosagens de 25, 50 e 100 mg L^{-1} e cloreto de chlormequat a 250, 500 e 1000 mg L^{-1} em experimento com batata, obtiveram redução do crescimento da parte aérea e aumento da produção de tubérculos.

O efeito do etileno, foi verificado em *Jasminum* spp. por Bhattacharjee & Divakar (1989) ao estudar a aplicação de ethephon nas dosagens de 100, 500 e 1000 mg L^{-1} em diferentes espécies da cultura. Observou-se redução de crescimento, aumento da ramificação, aumento do diâmetro do caule e atraso no florescimento, porém, com maior número de flores.

A análise quantitativa de crescimento de plantas é um método que pode ser utilizado para a pesquisa dos fenômenos biológicos sobre o desenvolvimento vegetal. O pesquisador, usualmente, tem a necessidade de fazer observações no campo e em laboratório. As características e os métodos de investigação são apropriados para estudos de problemas na agricultura e horticultura. Ao criar uma situação especial

facilita-se a investigação; assim, as observações são facilitadas e aceleradas (Evans, 1972).

A utilização da análise de crescimento é apropriada quando são considerados os conceitos básicos da análise e os critérios essenciais para a obtenção dos dados (Benincasa, 2003). Portes & Castro (1991) desenvolveram um programa computacional, ANACRES, que permite o cálculo de índices com base no ajuste de dados de massa seca e área foliar no decorrer do tempo, segundo a curva de crescimento do vegetal.

Apesar da complexidade que envolve o crescimento das espécies vegetais, a análise de crescimento ainda é o meio mais acessível e é um método bastante preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal (Benincasa, 1988). A análise de crescimento também pode ser utilizada para obtenção de parâmetros fisiológicos indicativos de métodos seguros para o aumento da produtividade.

A aplicação e compreensão da análise de crescimento podem facilitar o entendimento do comportamento das plantas e a avaliação dos efeitos de variações ambientais sobre as mesmas. As determinações da taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL), razão de área foliar (RAF) e índice de área foliar (IAF), podem auxiliar na compreensão do comportamento fisiológico da planta submetida à pesquisa (Benincasa, 2003).

05 - CAPÍTULO I
DESENVOLVIMENTO DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE SOJA EM FUNÇÃO DE REGULADORES VEGETAIS.

DESENVOLVIMENTO DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE SOJA EM FUNÇÃO DE REGULADORES VEGETAIS

Marcelo Ferraz de Campos[1]

Elizabeth Orika Ono[2]

RESUMO - Tratamentos com reguladores vegetais foram estudados em plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS-184) para avaliar o teor de clorofila das folhas, a altura da planta, o número de ramificações e altura de vagens. 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; GA_3 100 mg L^{-1}; BAP 100 mg L^{-1}; IBA 100 mg L^{-1}; Stimulate® (IBA+GA_3+Cinetina) 20 mL L^{-1}; cloreto de mepiquat 100 mg L^{-1}; cloreto de mepiquat 100 mg L^{-1}+BAP 100 mg L^{-1}+IBA 100 mg L^{-1} e ethephon 600 mg L^{-1}. Os tratamentos foram aplicados três vezes, espaçados em 30 dias durante o ciclo da planta a partir do 43º dia e foram realizadas seis avaliações espaçados em 13 dias. Os tratamentos com BAP, ethephon e cloreto de mepiquat + IBA + BAP mantiveram o teor de clorofila nas folhas alto até o final do ciclo da planta. A altura de plantas foi menor que a testemunha em todos os tratamentos a partir de 90 dias após a semeadura, com exceção do tratamento com GA_3, que manteve a altura de plantas superior durante todo ciclo da cultura. As ramificações das plantas foram incrementadas pelo tratamento com ethephon, que apresentou, a altura da primeira vagem inferior à testemunha. No tratamento com GA_3, a altura da primeira vagem foi superior.

Palavras-chave: crescimento, clorofila, altura de vagens, ramificações.

Autores:

[1] UNESP - Universidade Estadual Paulista, Departamento de Botânica, Engº. Agrº. MSc./Doutorando, Instituto de Biociências, 18.618-000, Botucatu, SP, e-mail: mfecamp@ig.com.br.

[2] UNESP - Universidade Estadual Paulista, Departamento de Botânica, Profª Adjunta/Livre-Docente, Instituto de Biociências, 18.618-000, Botucatu, SP, e-mail: eoono@ibb.unesp.br.

SOYBEAN PLANT ARCHITETURE IN FUNCTION OF VEGETAL REGULATORS

ABSTRACT – Treatments with plant growth regulators were studied in soybean plants (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS-184) to assess the leaf chlorophyll content, the ramification number and the height of the pods. The experiment has been carried out at the greenhouse of the Botanic Department, Bioscience Institute, University of the Sao Paulo State – UNESP, campus of Rubiao Junior, Botucatu, Brazil. The used experimental design delineation was completely randomized block with three replications and eight treatments (control; GA_3 100 mg L^{-1}; BAP 100 mg L^{-1}; IBA 100 mg L^{-1}; Stimulate® (IBA+GA_3+Cinetin) 20 mL L^{-1}; mepiquat chloride 100 mg L^{-1}; mepiquat chloride 100 mg L^{-1}+BAP 100 mg L^{-1}+IBA 100 mg L^{-1} and ethephon 600 mg L^{-1}. The treatments were applied three times every 30 days during the plant cycle after 43 days and six evaluations have been made every 13 days. The treatments with BAP, ethephon and mepiquat chloride + IBA + BAP maintained the high chlorophyll content until the end of the plant cycle. The height of the plants was lower than the control in all treatments after the 90th day of sowing, excepting the treatment with GA_3, which maintained the height of the plants during the cycle of cultivation. The plant stems were increased by the ethephon treatment; however, the height of the first pod was the lowest in this treatment and the highest in the treatment with GA_3.

Keywords: growth, chlorophyll, height of the pod, ramifications.

INTRODUÇÃO

A área plantada com soja no Brasil está estimada em 23 milhões de hectares, totalizando uma produção de 59,2 milhões de toneladas em 2006 correspondendo a 46,4% da produção total de grãos no país. A soja ocupa o primeiro lugar no ranking da produção agrícola brasileira desde 2002 (IBGE, 2005).

A colheita da soja constitui uma importante etapa no processo produtivo, principalmente, devido 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, 1999b). Dentre os fatores fisiológicos a altura das plantas, as ramificações e a altura da primeira vagem podem interferir no processo de perda pela colheita mecanizada.

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 crescimento e o desenvolvimento vegetal devido ao fato de produzirem efeitos amplificados (Raven et. al., 2001). Essas substâncias naturais podem ser aplicadas diretamente nas plantas, em partes como: folhas, frutos e nas sementes, provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita (Vieira & Castro, 2003).

A aplicação de giberelina promove o alongamento do caule de diversas espécies, aumentando tanto o alongamento quanto a divisão celular. As giberelinas e as auxinas exercem seus efeitos modificando as propriedades da parede celular. No caso da auxina, o afrouxamento é mediado pela acidificação da parede celular, diferentemente do

mecanismo de ação das giberelinas, que através da enzima xiloglucano endotransglicosidase pode facilitar a entrada das expansinas na parede celular promovendo o seu afrouxamento, todavia, seus efeitos no crescimento podem depender da acidificação induzida pela auxina (Taiz & Zeiger, 2004).

Segundo o mesmo autor, as aplicações exógenas de citocininas, modificam a dominância apical e promovem 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 e expansão de folhas. Nos cloroplastos, elas influenciam na organização básica dos componentes, mantêm a integridade do aparelho fotossintético e podem interferir na síntese de clorofila (Synková et al., 1997).

O etileno é um inibidor da divisão celular, da expansão celular e do 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).

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de reguladores vegetais sobre o teor de clorofila, altura das plantas de soja, ramificação dessas plantas, altura da primeira vagem e a correlação destes dados com possíveis 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), no ano agrícola 2003/4. As plantas foram cultivadas em vasos de 10 litros

contendo, terra coletada da camada arável de um solo coletado no município de Botucatu, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, segundo Embrapa (1999a).

A terra foi corrigida com 1 g dm^{-3} de calcário dolomítico, conforme as recomendações da análise química do solo, umedecida uma semana antes da adubação, para reação do mesmo. 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.

A cultivar de soja escolhida para a semeadura foi a semi-precoce BRS-184, decorrente do cruzamento FT Guaíra x IAC-13-C, indicada para os estados de São Paulo e Paraná. Apresenta bom crescimento e ramificação, boa resistência à doenças e é indicada para solos de média a alta fertilidade. As sementes foram inoculadas com turfa esterilizada com raios gama com $1x10^4$ células viáveis g^{-1} e tratadas com os seguintes fungicidas: N-triclorometiltio-4 cicloexano-1,2-decarboximida (Captan) 500 g kg^{-1} de princípio ativo e metil-1-(butilcarbamoil)-2-benzimidazol-carbamato (Benomil) 500 g kg^{-1} de princípio ativo, nas doses 3g kg^{-1} e 0,4 g kg^{-1} de sementes, respectivamente. Após a germinação foram feitos desbastes, para a condução de duas plantas por vaso em ambiente protegido.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições e oito tratamentos com reguladores vegetais; giberelina, citocinina e auxina isoladas ou em mistura, cloreto de mepiquat, também isolado e em mistura com auxina e citocinina e ethephon. Os tratamentos utilizados foram: T_1 - testemunha; T_2 - GA_3 100 mg L^{-1}; T_3 - BAP (benzilaminopurina) 100 mg L^{-1}; T_4 - IBA (ácido indolilbutírico) 100 mg L^{-1}; T_5 - Stimulate® (IBA + GA_3 + cinetina) 20 mL L^{-1}; T_6 - Cloreto de mepiquat (Cl mep.) 100 mg L^{-1}; T_7 - Cl mep. 100 mg L^{-1} + BAP 100 mg L^{-1} + IBA 100 mg L^{-1} e T_8 - ethephon 600 mg L^{-1}.

Como fonte dos reguladores vegetais utilizou-se: para giberelina o produto comercial Pro-gibb® da Abbott, contendo ácido giberélico (GA3) a 10%; Stimulate®, produto comercial da Stoller contendo a mistura de IBA (ácido indolilbutírico) a 0,05 g L^{-1}, GA_3 (ácido giberélico) a 0,05 g L^{-1} e cinetina a 0,09 g L^{-1}; PIX®, produto comercial da Basf contendo cloreto de mepiquat a 5% e Ethrel®, produto comercial da Rhodia contendo ethephon (ácido 2 - cloroetil fosfônico) a 240 g L^{-1}.

Os tratamentos foram aplicados, via pulverização foliar, com pulverizador de jato contínuo (Brudden 1,5 L) equipado com bico cônico, ao longo do ciclo da cultura, aos 43, 74 e 105 dias após a semeadura. Na calda foi adicionado adjuvante não iônico em todos os tratamentos. Para avaliações das plantas foram realizadas em 6 coletas, espaçadas em 13 dias aos 60, 73, 86, 99,112 e 125 dias após a semeadura.

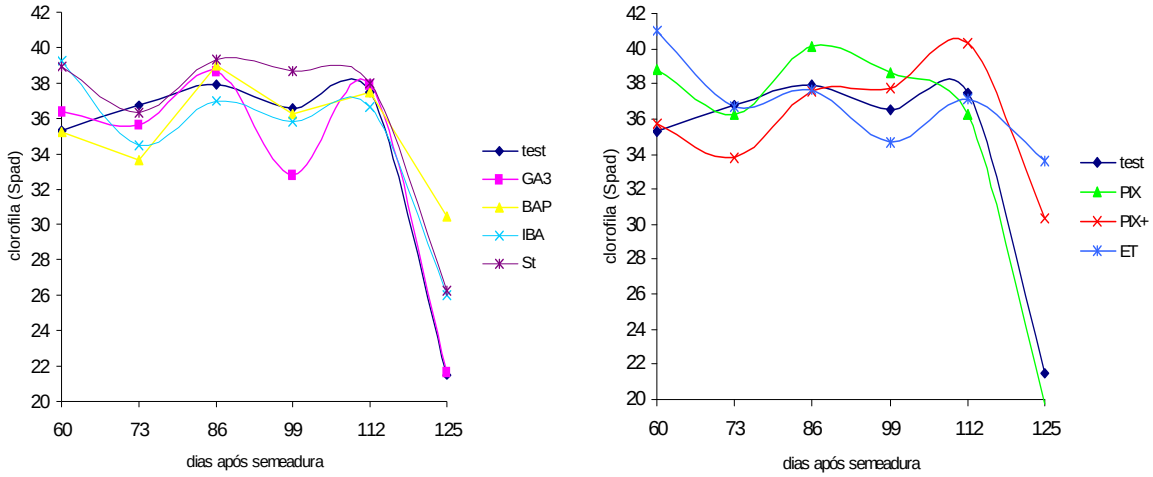
As características avaliadas foram: clorofila (unidade spad), altura de plantas (cm), número de ramificações por planta e altura da vagem mais próxima do solo (altura da 1ª vagem - cm). Para mensurar a clorofila foi utilizado clorofilômetro SPAD-2 da Minolta.

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de clorofila nas folhas foi apresentado na unidade spad fornecida pelo equipamento. Pode ser observado que os tratamentos com BAP e ethephon, mantiveram alta quantidade de clorofila nas folhas aos 125 dias após a semeadura, período que nos demais tratamentos as plantas encontravam-se na fase de senescência (Figura 1, A e B). Segundo Taiz & Zeiger (2004), as citocininas promovem o desenvolvimento de

cloroplastos e inibem a degradação da clorofila. Tratamentos com cinetina + IBA + GA_3, IBA isolado e cloreto de mepiquat + IBA +BAP, também mantiveram 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, nestes tratamentos, também os teores de clorofila mantiveram-se maiores que a testemunha, durante o ciclo da cultura. Entre 99 e 112 dias após a semeadura o tratamento com GA_3 apresentou aumento no teor de clorofila, ou seja, houve resposta à aplicação de GA_3 realizada aos 105 dias após a semeadura, todavia a resposta não foi mantida na senescência (Figura 1).

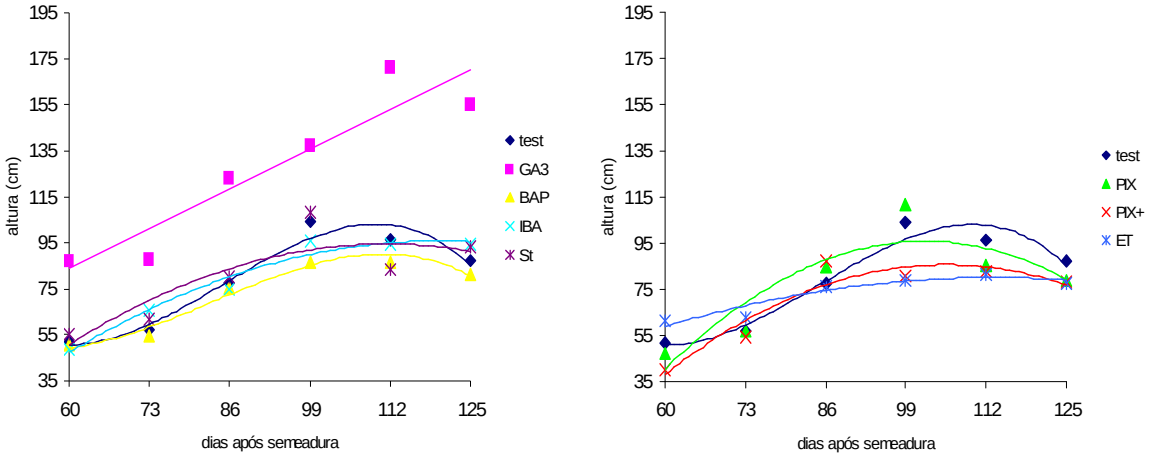


A **B**

Figura 1. Teor de clorofila nas folhas (Spad) de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1} e Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1}; (B) Testemunha, PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1} e ET (ethephon) a 600 mg L^{-1}.

A Figura 2 A e B apresenta o efeito dos reguladores vegetais na altura das plantas durante o ciclo da cultura. O tratamento com GA_3 promoveu maior crescimento em altura das plantas durante todo o ciclo, exigindo o tutoramento das mesmas para evitar o acamamento. Castro et al. (1990) verificaram aumento na altura 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 GA_3, via foliar,

apresentaram aumento na altura das plantas. Os demais tratamentos, a partir de 86 dias da semeadura, apresentaram altura das plantas inferior ou semelhante à testemunha, principalmente, nas plantas tratadas com ethephon. A aplicação de ethephon em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) aos 7, 14 e aos 28 dias após a emergência das plantas, reduziu a altura de plantas, mas não apresentou efeito benéfico na produção (Ngatia et al., 2003). Straub (1989), ao trabalhar com a aplicação de ethephon em híbridos de milho doce, reduziu a altura de dois cultivares com a aplicação de 900 mg L^{-1} entre 31 e 52 dias após a emergência das plantas.



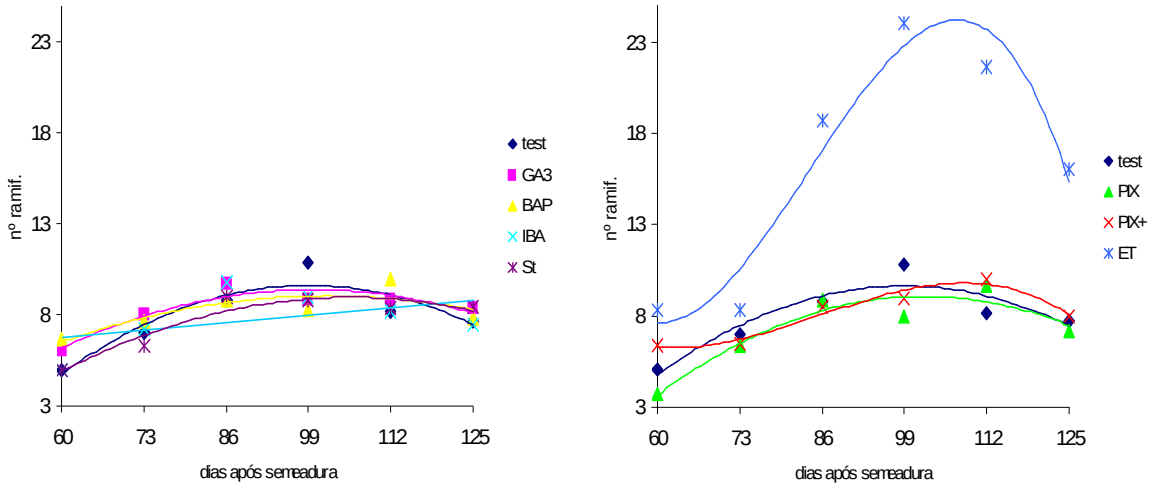
A **B**

Figura 2. Altura (cm) de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1} e Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1}; (B) Testemunha, PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1} e ET (ethephon) a 600 mg L^{-1}.

Tabela 1. Modelo da função ajustada e R^2 dos tratamentos referentes à altura de plantas de soja em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R^2
Testemunha	$\hat{y}$= 469,440 - 17,023x + 0,219x^2 - 0,000859x^3	0,816
GA_3	$\hat{y}$= 17,782 + 1,212x	0,748
BAP	$\hat{y}$= 258,700 - 9,080x + 0,123x^2 - 0,000491x^3	0,882
IBA	$\hat{y}$= - 108,799 + 3,505x - 0,0151x^2	0,900
GA_3 + IBA + cinetina	$\hat{y}$= - 111,532 + 3,700x - 0,0166x^2	0,701
Cloreto de mepiquat	$\hat{y}$= - 230,215 + 6,389x - 0,0313x^2	0,506
Cloreto de mepiquat + BAP +IBA	$\hat{y}$= - 150,493 + 4,363x - 0,0203x^2	0,887
Ethephon	$\hat{y}$= - 15,743 + 1,694x - 0,00748x^2	0,761

O número de ramificações laterais das plantas, como pode ser observado na Figura 3, A e B, teve aumento significativo no tratamento com ethephon durante todo o ciclo da planta. O ethephon aplicado na dose de 2.160 mg L^{-1} também proporcionou maior número de gemas desenvolvidas, maior comprimento e diâmetro dos ramos de videira, mesmo em condições climáticas desfavoráveis (Fracaro & Pereira, 2004). Segundo Coll et al. (2001), o etileno influencia na gema apical impedindo a divisão celular em 20% nos ápices dos ramos, devido a redução do transporte e síntese de auxinas; concentrações iguais ou superiores a 0,1 mg L^{-1}, também inibem a divisão celular, o que explica seu papel inibidor de crescimento e, provavelmente, isso foi responsável pelo aumento nas ramificações laterais. Os demais tratamentos não apresentaram efeito significativo com relação ao número de ramificações por planta.



A **B**

Figura 3. Número de ramificações por planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1} e Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1}; (B) Testemunha, PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1} e ET (ethephon) a 600 mg L^{-1}.

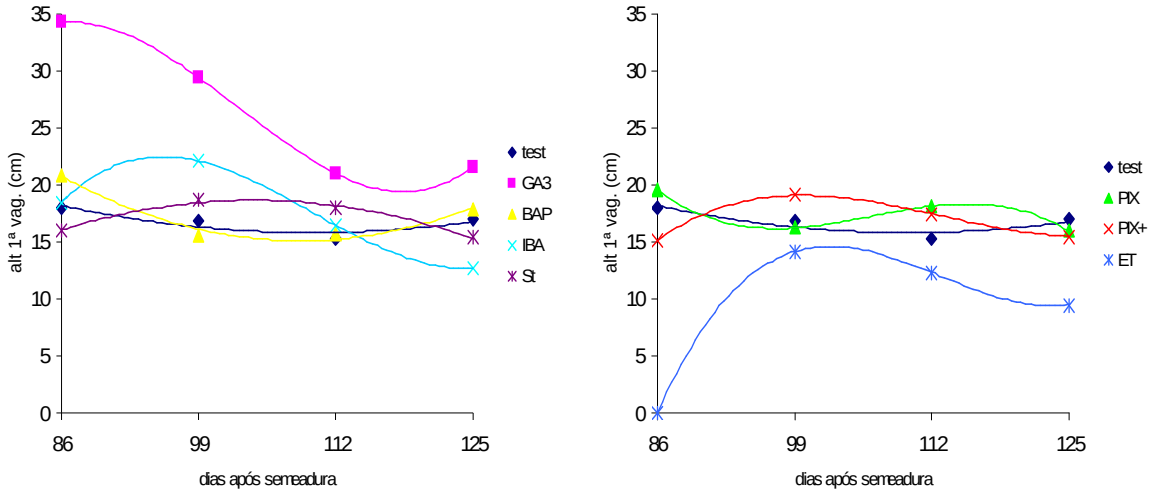
Tabela 2. Modelo da função ajustada e R^2 dos tratamentos referentes ao número de ramificações por plantas de soja em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R^2
Testemunha	$\hat{y}= - 21,898 - 0,638x + 0,00322x^2$	0,671
GA_3	$\hat{y}= -7,176 + 0,319x - 0,00157x^2$	0,529
BAP	$\hat{y}= - 7,506 + 0,331x - 0,00164x^2$	0,431
IBA	$\hat{y}= 2,813 + 0,0579x$	0,308
GA_3 + IBA + cinetina	$\hat{y}= - 12,351 + 0,413x - 0,00195x^2$	0,624
Cloreto de mepiquat	$\hat{y}= - 22,993 + 0,629x - 0,00308x^2$	0,679
Cloreto de mepiquat + BAP +IBA	$\hat{y}= 45,325 - 1,539x + 0,0193x^2 - 0,0000752\ x^3$	0,749
Ethephon	$\hat{y}= 161,069 - 6,255x + 0,0809x^2 - 0,000322\ x^3$	0,973

A altura da 1ª vagem acompanhou o crescimento das plantas, sendo que as plantas tratadas com GA_3, aquelas que mais cresceram, também apresentaram a altura da primeira vagem superior em todo o período reprodutivo. Leite (1998) ao analisar a altura da primeira vagem em plantas de soja tratadas com reguladores vegetais, não encontrou diferenças significativas entre os tratamentos, no entanto, a aplicação de GA_3 mostrou tendência em aumentar a altura da primeira vagem.

O ethephon inibiu o crescimento das plantas e apresentou a altura da primeira vagem inferior à testemunha e aos demais tratamentos, fato que talvez possa ser prejudicial na colheita, ocasionando perdas em campo onde esta é realizada mecanicamente. As vagens no tratamento com ethephon também foram emitidas, posteriormente, à testemunha e aos outros tratamentos, ou seja, aos 86 dias após a semeadura, as plantas ainda não apresentavam nenhuma vagem.

O tratamento com IBA apresentou maior variação na altura da primeira vagem durante o período reprodutivo, sendo maior que a testemunha, entre 86 e 112 dias após a semeadura e menor após 112 dias (Figura 4 A).



A **B**

Figura 4. Altura da 1ª vagem (cm) de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1} e Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1}; (B) Testemunha, PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1} e ET (ethephon) a 600 mg L^{-1}.

Tabela 3. Modelo da função ajustada e R^2 dos tratamentos referentes à altura da 1ª vagem em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R^2
Testemunha	$\hat{y}= 66{,}628 - 0{,}9256x + 0{,}0042\ x^2$	0,838
GA_3	$\hat{y}= - 941{,}74 + 29{,}71x - 0{,}2962x^2 + 0{,}001x^3$	0,987
BAP	$\hat{y}= 144{,}47 - 2{,}3816x - 0{,}011x^2$	0,968
IBA	$\hat{y}= - 1035{,}8 + 29{,}806x - 0{,}2761x^2 + 0{,}0008x^3$	0,997
GA_3 + IBA + cinetina	$\hat{y}= - 65{,}879 + 1{,}6221x - 0{,}0078x^2$	0,985
Cloreto de mepiquat	$\hat{y}= 848{,}27 - 23{,}81x + 0{,}2257x^2 - 0{,}0007x^3$	0,965
Cloreto de mepiquat + BAP +IBA	$\hat{y}= - 517{,}43 + 14{,}608x - 0{,}1311x^2 + 0{,}0004x^3$	0,899
Ethephon	$\hat{y}= - 1583{,}5 + 43{,}163x - 0{,}3858x^2 + 0{,}0011x^3$	0,966

CONCLUSÕES

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

- Tratamentos com BAP, ethephon e cloreto de mepiquat + IBA + BAP mantêm o teor de clorofila até os 125 dias após a semeadura, período em que as plantas já estão em processo de senescência;

- Tratamento com GA_3 via foliar, promove o crescimento em altura das plantas de soja;

- Ethephon a 600 mg L^{-1} promove aumento nas ramificações laterais em plantas de soja e

- A altura da primeira vagem é influenciada pelos reguladores vegetais e pode ser proporcional ao crescimento das plantas, sendo maior em tratamentos com promotores do crescimento e menores em tratamentos com inibidores de crescimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, P. R. C.; APPEZZATO, B.; LARA C., W. A. R.; PELISSARI, A.; PEREIRA, M.; MEDINA M., J. A.; BOLONHEZI, A. C.; SILVEIRA, J. A. G. Ação de reguladores vegetais no desenvolvimento, aspectos nutricionais, anatômicos e na produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* cv. Carioca). *An. Esalq*, Piracicaba, v. 47 (parte 1), p. 11 -28, 1990.

COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. Etileno y poliaminas,. In: COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. *Fisiología Vegetal* Madrid: Ediciones Pirámide, 2001. p. 357 - 67.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 1999a.

EMBRAPA SOJA. *Recomendações técnicas para a cultura da soja do Paraná.* Ed. 1999/2000. Londrina: Embrapa soja, 1999b. 236 p.

FRACARO, A. A.; PEREIRA, F. M. Efeito do ethephon sobre a brotação e vigor dos ramos da videira 'Niagara Rosada' (*Vitis labrusca* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 26, n. 3, 2004.

IBGE. Levantamento Estatístico Sistemático de Indicadores da Produção Agrícola. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuária/lspa/prognostico122005pdf. 2005.

LEITE, V. M. *Crescimento e desenvolvimento da soja em função da aplicação de giberelina e citocinina*. Botucatu, 1998. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu.

NGATIA, T. M.; SHIBAIRO, S.I.; EMONGOR, V. E.; KIMENJU, J. W. Effects of ethephon on the growth, yield and yield components of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. agric. Sci. Technol.*, V.5, n. 1, p.22 - 38, 2003.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Regulando o crescimento e o desenvolvimento: Os hormônios vegetais. In: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. 6. Ed. Guanabara Kogan S.A. 2001. p. 649 - 74.

STRAUB, R. W. Ethephon growth regulator as a potential tool for managing excessive height in sweet corn hybrids. *New York's food and life Sciences Bulletin*, n.129, p. 1 - 4, 1989.

SYNKOVÁ, H.; WILHELMOVÁ, N.; SESTÁK, Z.; POSPÍSILOVÁ, J. Photosynthesis in Transgenic plants with Elevated Cytokinin Contents. In: PESSARAKLI, M. *Handbook of plant and crop physiology*. New York: Marcel Dekker, 1997. P. 541 - 49.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Citocininas: reguladores da divisão celular. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. P. 517 - 40.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L). In: VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. *Feijão Irrigado Tecnologia & Produtividade*. 2003. p. 73 - 100.

06 - CAPÍTULO II
INFLUÊNCIA DE REGULADORES VEGETAIS NO DESENVOLVIMENTO REPRODUTIVO DE PLANTAS DE SOJA.

INFLUÊNCIA DE REGULADORES VEGETAIS NO DESENVOLVIMENTO REPRODUTIVO DE PLANTAS DE SOJA

Marcelo Ferraz de Campos[1]

Elizabeth Orika Ono[2]

RESUMO - O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP, em vasos de 10 litros com terra corrigida e adubada, conforme a análise do solo, sendo estudada a influência de reguladores vegetais sobre o desenvolvimento das plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições e sete tratamentos (testemunha; GA_3 100 mg L^{-1}; BAP 100 mg L^{-1}; IBA 100 mg L^{-1}; Stimulate® (IBA+GA_3+Cinetina) 20 mL L^{-1}; cloreto de mepiquat 100 mg L^{-1} e cloreto de mepiquat 100 mg L^{-1}+BAP 100 mg L^{-1}+IBA 100 mg L^{-1}). Os tratamentos foram aplicados três vezes a cada 30 dias em pulverização foliar a partir do 43º dia. Foram realizadas seis coletas a cada 13 dias, onde folhas, flores e vagens foram contadas, a área foliar determinada e a massa de matéria seca das vagens avaliada. O tratamento com GA_3 promoveu aumento no número de folhas e flores, a partir dos 86 dias da semeadura e o tratamento com cloreto de mepiquat resultou em plantas com número de folhas e área foliar superior à testemunha no período entre 73 e 112 dias após o plantio. Plantas tratadas com o produto comercial Stimulate®, apresentaram tendência de aumento da área foliar, mesmo após a produção de vagens. Todos os tratamentos apresentaram maior número de flores que a testemunha durante o período, todavia esses dados não se correlacionaram com o número de vagens e nem com a sua matéria seca.

Palavras-chave: *Glycine max*, flores, vagens, área foliar, biorreguladores.

Autores:

[1] UNESP - Universidade Estadual Paulista, Departamento de Botânica, Engº. Agrº. MSc./Doutorando, Instituto de Biociências, 18.618-000, Botucatu, SP, e-mail: mfecamp@ig.com.br.

[2] UNESP - Universidade Estadual Paulista, Departamento de Botânica, Profª Adjunta/Livre-Docente, Instituto de Biociências, 18.618-000, Botucatu, SP, e-mail: eoono@ibb.unesp.br.

VEGETAL REGULATOR INFLUENCE IN THE REPRODUCTIVE DEVELOPMENT OF SOYBEAN PLANT

ABSTRACT – The experiment was carried out greenhouse at the Botany Department, Bioscience Institute, Sao Paulo State University – UNESP, Botucatu, Sao Paulo State, Brazil. Ten containers of 10-liter each were filled with soil fertilized and balanced according to the soil analysis, for the study regarding the vegetal regulator influence in the reproductive development of soybean plant (*Glycine max* (L.) Merrill). The experiment were conducted using the completely randomized block design with three replications and seven treatments (control; GA_3 100 mg L^{-1}; BAP 100 mg L^{-1}; IBA 100 mg L^{-1}; Stimulate® (IBA+GA_3+Cinetin) 20 mL L^{-1}; mepiquat chloride 100 mg L^{-1} and mepiquat chloride 100 mg L^{-1}+BAP 100 mg L^{-1}+IBA 100 mg L^{-1}). The treatments were applied three times every 30 days through leaf pulverization after 43 days. It was performed six collects every 13 days; leaves, flowers, and pods were counted; there was determined the leaf area and the leaf dry matter was also assessed. The GA_3 treatment promoted the increase of the leaf and flower numbers from the 86th day after planting; the mepiquat chloride treatment has presented the number of leaves and the leaf area superior to the check in a period of 73 and 112 days after planting. The plants treated with the Stimulate® commercial product have presented a tendency of leaf area increase, even after the production of pods. All treatments have presented higher number of flowers than the check during the period. However, these data were not correlated to the number of pods nor with their dry matter.

Kewwords: *Glycine max*, flowers, pods, leaf area, bio-regulators.

INTRODUÇÃO

Vários hormônios vegetais podem exercer influência no florescimento e na produção de frutos nos vegetais. Segundo Raven et al. (2001), a giberelina pode provocar a formação do escapo floral e afetar o desenvolvimento dos frutos, sendo essa formação provocada por um aumento tanto no número de células quanto no alongamento celular.

Os frutos em desenvolvimento constituem a fonte mais rica em substâncias de crescimento nos vegetais. Citocininas livres são identificadas e em alguns casos a concentração endógena pode ser correlacionada com a intensidade de divisão celular. No que diz respeito à giberelinas existe boa correlação entre a intensidade de crescimento das sementes e a atividade das giberelinas, como por exemplo em *Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum*, *Citrus sinensis*, etc. A principal fonte de auxina nos frutos são as sementes, todavia, o desenvolvimento da atividade auxínica nos frutos não é totalmente dependente da presença de sementes, já que nos frutos partenocárpicos a atividade auxínica é similar à encontrada nos frutos com sementes (Coll et al., 2001).

Diethelm et al. (1988) verificaram que o conteúdo de auxinas na inflorescência de *Vicia faba* L. é incrementado 10 a 15 dias antes do acúmulo de matéria seca nas vagens novas, período coincidente com a abscisão das flores. Quanto à atividade da giberelina, esta foi iniciada nos estádios de desenvolvimento dos frutos, sendo baixa durante o desenvolvimento das flores, aumentando rapidamente e, em paralelo, ao aumento de matéria seca de vagens.

A aplicação de reguladores vegetais tem provocado alterações notáveis no florescimento e na frutificação de muitas plantas. Este fato poderá ter excelentes

perspectivas práticas, onde, por exemplo, a alteração na época de florescimento pode modificar o valor comercial do produto (Castro, 1997).

Godoy & Cardoso (2004) induziram a partenocarpia em pepino através da aplicação de NAA sobre as flores por ocasião da antese, promovendo o pegamento e o desenvolvimento de frutos, substituindo o suprimento endógeno de auxina do ovário fertilizado para o desenvolvimento dos frutos.

Em feijão caupi tratado com reguladores vegetais, Lima (2000) observou que plantas tratadas com GA_3 tenderam a aumentar o número de folhas, enquanto que plantas tratadas com cloreto de mepiquat, apresentaram valores decrescentes de número de folhas.

A aplicação de Stimulate® (IBA + GA_3 + cinetina), em tratamento de sementes de feijoeiro na dose de 2,4 mL 0,5 kg^{-1} de sementes, proporcionou aumento significativo de 24,8% na produção de vagens em comparação com a testemunha. O produto nesta concentração aumentou o número de drenos (vagens), aspecto positivo na produtividade (Vieira & Castro 2003).

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência dos reguladores vegetais sobre o desenvolvimento das folhas, número de flores e vagens e a correlação destes dados com a produção de matéria seca de vagens.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu (SP), no ano agrícola 2003/4. As plantas foram cultivadas em vasos de 10 litros

contendo, terra coletada da camada arável de solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (Embrapa, 1999).

A terra foi corrigida com 1 g dm^{-3} de calcário dolomítico, conforme as recomendações da análise química do solo, umedecida uma semana antes da adubação, para reação do mesmo. Após a correção da acidez a terra foi adubada com 20 mg dm^{3} de N; 200 mg dm^{-3} de P e 100 mg dm^{-3} de K^{+} e 10% do volume total do vaso com esterco de curral.

A cultivar de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) escolhida para a semeadura foi a BRS-184, semi-precoce, decorrente do cruzamento 'FT Guaíra' x 'IAC-13-C', indicada para o estado de São Paulo e Paraná que apresenta bom crescimento e ramificação, boa resistência à doenças e é indicada para solos de média a alta fertilidade. As sementes foram tratadas com fungicida (N-triclorometiltio-4 cicloexano-1,2-decarboximida (Captan) 500 g kg^{-1} e metil-1-(butilcarbamoil)-2-benzimidazol-carbamato (Benomil) 500 g kg^{-1} nas doses 3g kg^{-1} e 0,4 g kg^{-1} de sementes, respectivamente) e inoculadas com turfa esterilizada com raios gama com $1x10^{4}$ células viáveis g^{-1}. Após a germinação foram feitos desbastes, para a condução de duas plantas por vaso em ambiente protegido.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três repetições e sete tratamentos com reguladores vegetais, giberelina, citocinina e auxina isoladas ou em mistura e cloreto de mepiquat também isolado e em mistura com auxina e citocinina. Os respectivos tratamentos foram: T_1 - testemunha; T_2 - GA_3 a 100 mg L^{-1}; T_3 - BAP (benzilaminopurina) a 100 mg L^{-1}; T_4 - IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; T_5 - Stimulate® (IBA + GA_3 + cinetina) a 20 mL L^{-1}; T_6 - Cloreto de mepiquat (Cl mep.) a 100 mg L^{-1} e T_7 - Cl mep. a 100 mg L^{-1} + BAP a 100 mg L^{-1} + IBA a 100 mg L^{-1}.

Como fonte de giberelina foi utilizado o Pro-gibb® da Abbott, contendo GA_3 (ácido giberélico) a 10%; Stimulate®, produto comercial da Stoller contendo a mistura de IBA (ácido indolilbutírico) a 0,05 g L^{-1}, GA_3 (ácido giberélico) a 0,05 g L^{-1} e cinetina a 0,09 g L^{-1} e PIX®, produto comercial da Basf contendo cloreto de mepiquat a 5%.

Os tratamentos foram aplicados via pulverização foliar, com pulverizador de jato contínuo (Brudden 1,5 L) equipado com bico cônico, ao longo do ciclo da cultura aos 43, 74 e 105 dias após a semeadura. As coletas de material foram realizadas em 6 épocas distintas, a cada 13 dias, 60, 73, 86, 99,112 e 125 dias após a semeadura.

A cada coleta das plantas foram quantificados o número de folhas, flores e vagens. As folhas foram submetidas à determinação da área foliar (cm^2) através do Area meter modelo LI-3100 da Li-cor. As vagens foram pesadas e secas a 60º C em estufa de circulação forçada de ar e sua massa seca (gramas) determinada em balança semi-analítica Sartorius.

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises permitem verificar a influência dos reguladores vegetais na diferenciação e no crescimento de folhas , flores e frutos de plantas de soja.

Na Figura 1 A e B observa-se acréscimo no número de folhas a partir de 86 dias do plantio no tratamento com GA_3. Castro et al. (1990) observaram em feijão 'Carioca' aos 14 e 21 dias após a aplicação de giberelina a 50 mg L^{-1}, aumento no número de folhas. Os tratamentos com IBA, Stimulate® (IBA + GA_3 + cinetina) e cloreto de

mepiquat + IBA + BAP a partir dos 86 dias da semeadura tiveram o número de folhas reduzido. O tratamento com cloreto de mepiquat teve o número de folhas superior à testemunha nos períodos entre 73 e 112 dias após o plantio. A aplicação de BAP isoladamente não influenciou significativamente na quantidade de folhas em plantas de soja. Em cultura de tecidos a aplicação de BAP proporcionou maior número de folhas em gloxínia (Araújo et al., 2004). Apesar do número de folhas, ser uma característica pouco influenciada pelo ambiente, este trabalho mostra que a aplicação de reguladores vegetais pode alterar, aumentando ou diminuindo, esta característica.

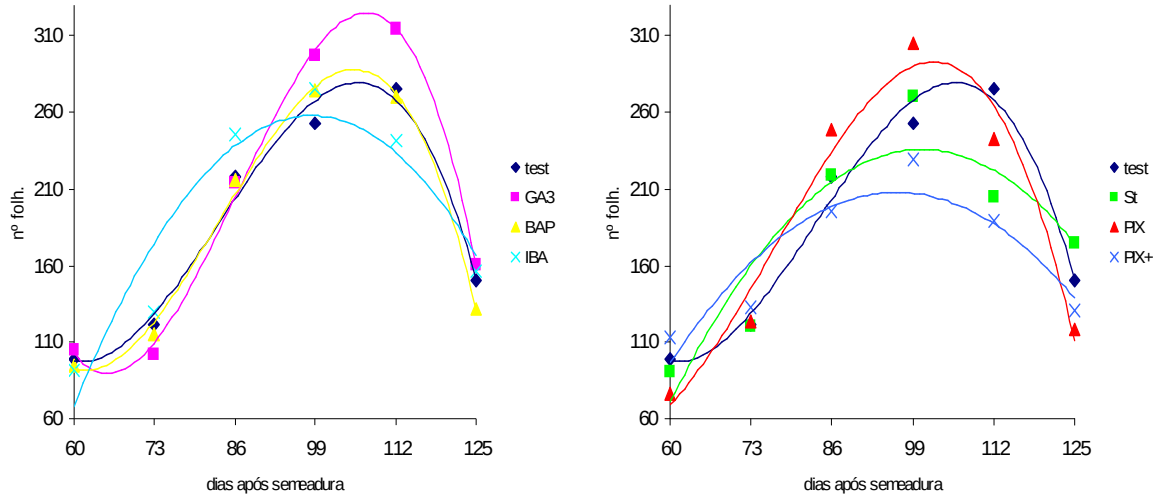


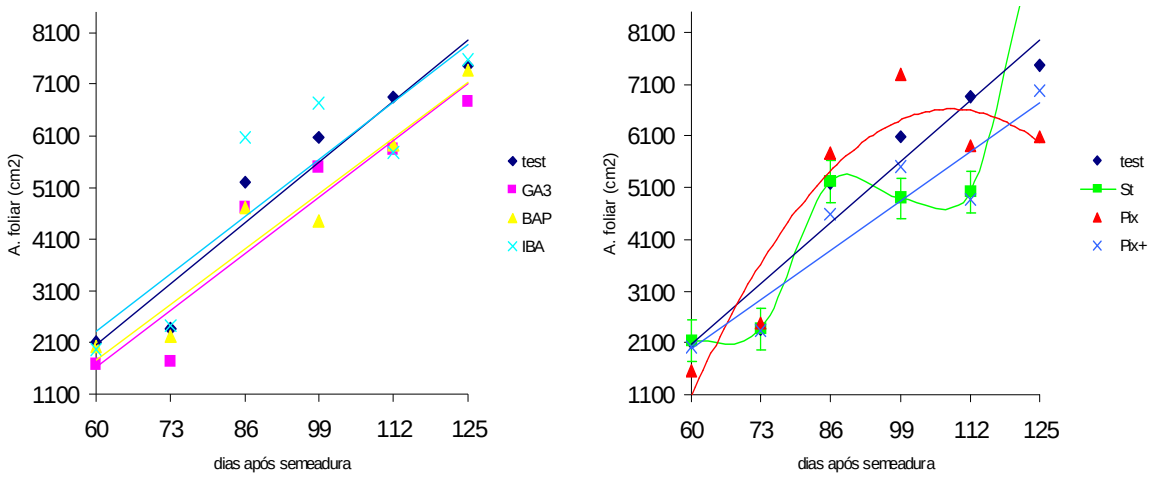
Figura 1. Número de folhas por planta de soja, em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}.

Tabela 1. Modelo da função ajustada e R^2 dos tratamentos referentes ao número de folhas por planta em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R^2
Testemunha	$\hat{y}= 2044{,}635 - 78{,}905x + 1{,}018x^2 - 0{,}00406x^3$	0,817
GA_3	$\hat{y}= 3639{,}662 - 136{,}177x + 1{,}675x^2 - 0{,}00647x^3$	0,863
BAP	$\hat{y}= 2410{,}412 - 93{,}304x + 1{,}198x^2 - 0{,}00478x^3$	0,922
IBA	$\hat{y}= - 986{,}735 + 25{,}310x - 0{,}129x^2$	0,698
GA_3 + IBA + cinetina	$\hat{y}= - 625{,}451 + 16{,}981x - 0{,}0809x^2$	0,666
Cloreto de mepiquat	$\hat{y}= 1240{,}863 - 56{,}031x + 0{,}823x^2 - 0{,}00358\ x^3$	0,896
Cloreto de mepiquat + BAP +IBA	$\hat{y}= - 575{,}128 - 16{,}257x - 0{,}0844x^2$	0,554

A área foliar apresentou aumento linear em função do aumento do ciclo da cultura (Figura 2 A e B). Os tratamentos com GA_3, BAP e cloreto de mepiquat + BAP +

IBA apresentaram área foliar inferior à testemunha durante todo ciclo da planta e o tratamento com IBA comportou-se semelhante à testemunha. Já o produto comercial Stimulate® mostrou aumento expressivo da área foliar aos 86 e 112 dias após a semeadura, logo após a aplicação dos tratamentos, executadas aos 74 e 105 dias após a semeadura. A área foliar foi superior a testemunha com a aplicação de cloreto de mepiquat entre o intervalo de 73 e 112 dias após a implantação da cultura. Castro (1981) observou alta variação na área foliar em plantas de soja tratadas com IAA e GA_3 a 100 mg L^{-1} antes da floração; nesses tratamentos o autor verificou, área foliar superior à testemunha. A testemunha e os tratamentos com GA_3, BAP, IBA e cloreto de mepiquat + BAP + IBA apresentaram aumento na área foliar até o final do ciclo da cultura, já o tratamento com aplicação isolada de cloreto de mepiquat resultou em queda na área foliar após 99 dias da semeadura.



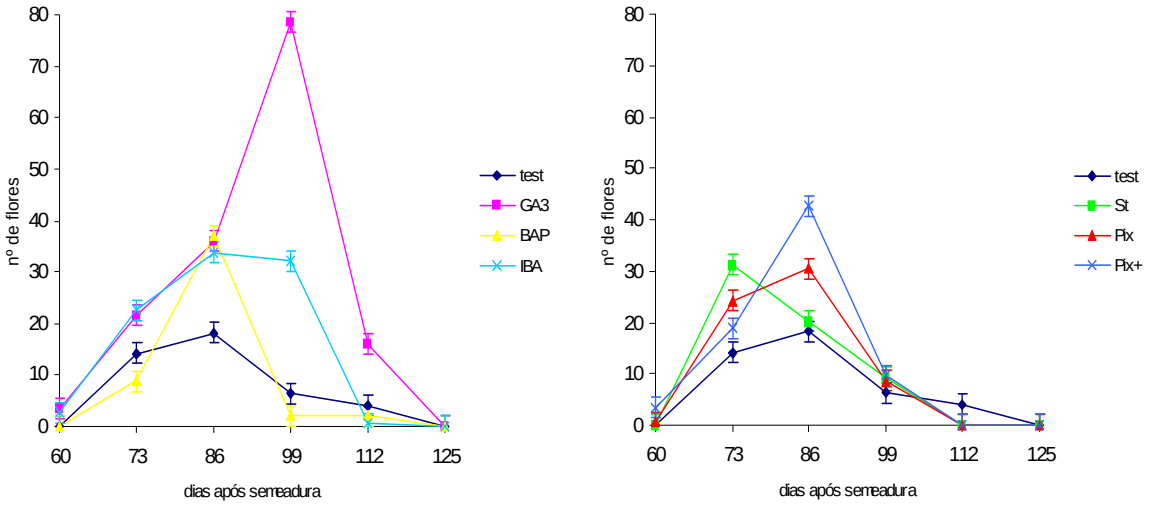
A **B**

Figura 2. Área foliar por planta de soja (cm^2), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}.

Tabela 2. Modelo da função ajustada e R^2 dos tratamentos referentes à área foliar em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R^2
Testemunha	$\hat{y}$= - 3367,530 + 90,572x	0,739
GA_3	$\hat{y}$= - 3437,835 + 84,460x	0,841
BAP	$\hat{y}$= - 3196,685 + 82,736x	0,763
IBA	$\hat{y}$= - 2807,469 + 85,399x	0,731
Cloreto de mepiquat	$\hat{y}$= - 21143,155 + 511,644x - 2,358x^2	0,779
Cloreto de mepiquat + BAP +IBA	$\hat{y}$= - 2385,386 + 73,122x	0,652

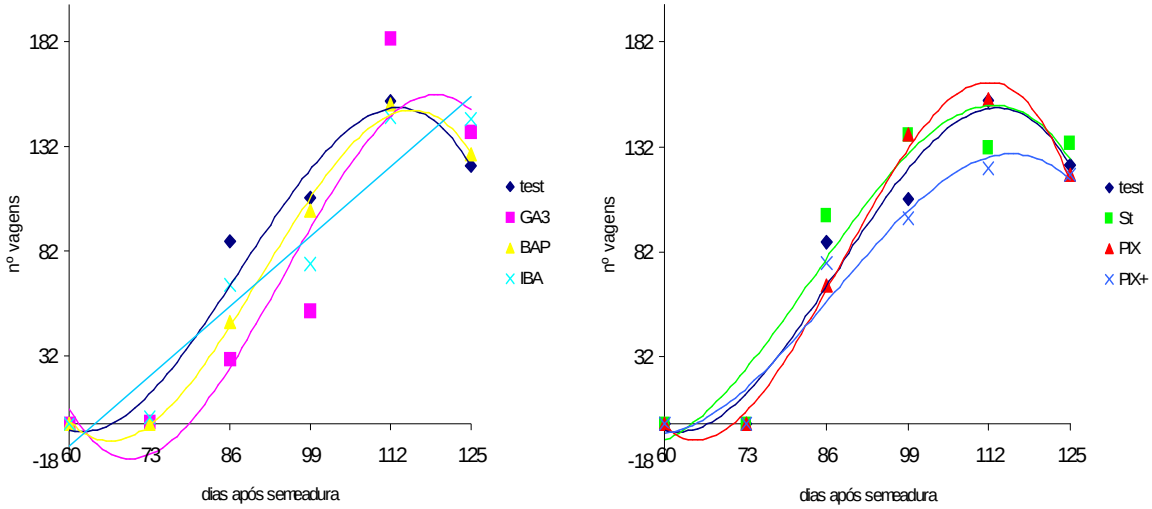
A Figura 3 A e B apresenta o número de flores por planta de soja em função dos reguladores vegetais. O florescimento apresentou pico na coleta realizada aos 86 dias após a semeadura nos tratamentos com BAP, IBA, cloreto de mepiquat, cloreto de mepiquat + BAP + IBA e na testemunha, entretanto, todos os tratamentos apresentaram número de flores superior ao tratamento controle. O tratamento com GA_3 apresentou o maior número de flores, mas teve seu pico aos 99 dias após a semeadura. A aplicação do produto comercial Stimulate®, por sua vez, adiantou o pico de florescimento para 73 dias após a semeadura, o aumento da concentração de auxina e citocinina pode ter induzido o florescimento. As citocininas além de influenciarem na indução floral também tem papel importante na formação das flores (Dewitte & Onckelen, 2001). Segundo Francis & Sorrell (2001), as citocininas podem ser parte do estímulo floral e segundo Taiz & Zeiger (2004), o transporte polar de auxina regula o desenvolvimento das gemas florais.



A **B**

Figura 3. Número de flores por planta de soja, em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}.

O número de vagens por planta, apesar da grande variação ocorrida no número de flores, não foi influenciada pelos reguladores vegetais aplicados (Figura 4 A e B). Castro (1981) também não encontrou diferença significativa entre o número de vagens de soja em condição de campo, tratadas com IAA, GA_3 e cloreto de clormequat, com relação à testemunha. A última coleta realizada aos 125 dias após a semeadura mostrou pouca alteração entre os tratamentos, sendo as aplicações de IBA e GA_3 levemente superiores à testemunha. Segundo Taiz & Zeiger (2004), a auxina está envolvida no desenvolvimento dos frutos sendo produzida no endosperma e no embrião de sementes em desenvolvimento e o estímulo inicial para o crescimento do fruto pode ser resultado da polinização, pois após a fertilização, o crescimento do fruto depende da auxina produzida nas sementes em desenvolvimento. Durante o ciclo da cultura, os tratamentos aplicados, tiveram o número de vagens inferiores à testemunha ou apresentaram pouca diferença significativa.



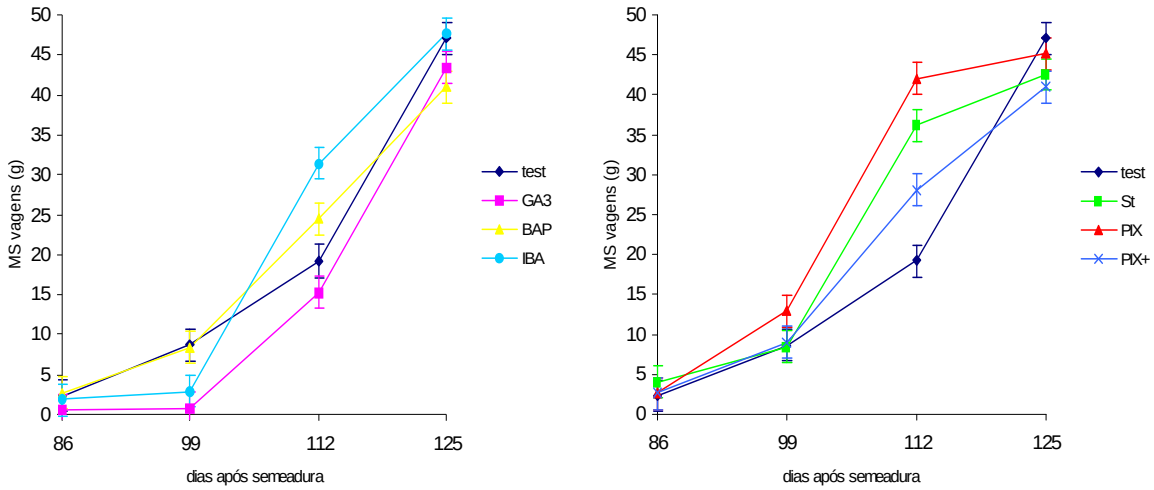
A **B**

Figura 4. Número de vagens por planta de soja, em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}.

Tabela 3. Modelo da função ajustada e R^2 dos tratamentos referentes ao número de vagens por plantas em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R^2
Testemunha	$\hat{y}= 1219{,}533 - 48{,}272x + 0{,}602x^2 - 0{,}00229x^3$	0,883
GA_3	$\hat{y}= 2017{,}635 - 72{,}352x + 0{,}821x^2 - 0{,}00289x^3$	0,861
BAP	$\hat{y}= 1665{,}434 - 62{,}250x + 0{,}737x^2 - 0{,}00270x^3$	0,914
IBA	$\hat{y}= - 166{,}163 + 2{,}580x$	0,906
GA_3 + IBA + cinetina	$\hat{y}= 727{,}875 - 32{,}012x + 0{,}432x^2 - 0{,}00171\ x^3$	0,879
Cloreto de mepiquat	$\hat{y}= 1872{,}298 - 71{,}773x + 0{,}873x^2 - 0{,}00329\ x^3$	0,809
Cloreto de mepiquat + BAP +IBA	$\hat{y}= 700{,}304 - 29{,}023x + 0{,}374x^2 - 0{,}00143x^3$	0,554

Durante o ciclo de desenvolvimento das vagens (Figura 5 A e B), ocorreu aumento na matéria seca das mesmas, principalmente, aos 112 dias da semeadura, nos tratamentos com BAP, IBA, Stimulate®, cloreto de mepiquat e cloreto de mepiquat + IBA + BAP. Em plantas de milho a aplicação de Stimulate® em tratamento de sementes na dose 1,5 L $100kg^{-1}$ de sementes, proporcionou aumento significativo no rendimento de grãos (Dourado Neto et al., 2004).



A **B**

Figura 5. Massa de matéria seca de vagens de soja (g), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}.

O tratamento com GA_3, apesar do grande número de flores emitidas e do número de vagens levemente superior a testemunha, apresentou matéria seca de vagens inferior à mesma durante o ciclo de desenvolvimento de vagens. Castro et al. (1990) observaram redução na massa de vagens de feijão 'Carioca' tratadas com GA_3 e NAA na dose 50 mg L^{-1}.

CONCLUSÕES

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

- Os tratamentos das plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com GA_3 e cloreto de mepiquat promovem o aumento no número de folhas, durante o ciclo da cultura;

- A área foliar pode ser incrementada com a aplicação conjunta de IBA + GA_3 + cinetina ou com a aplicação de cloreto de mepiquat e

- Tratamentos com reguladores vegetais, principalmente, com GA_3 tendem a aumentar o número de flores por planta, todavia esse resultado não resultou em maior número nem em matéria seca de vagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. G. de; FIORINI, C. V. A.; PASQUAL, M.; SILVA, A. B. da; VILLA, F. Multiplicação *in vitro* de Gloxínia (*Sinningia speciosa* LOOD. HIERN.). Revista Ceres, v. 51, n. 293, p. 117 - 27, 2004.

CASTRO, P. R. C. Análise de crescimento e produção da soja (*Glicine max* cv.Davis) sob efeito de fitorreguladores. *Ciênc. Cult.*, São Paulo, v. 33, p. 1346 - 9, 1981.

CASTRO, P. R. C. Reguladores vegetais: Modos de ação e aplicações na agricultura tropical. *Informações Agronômicas*, n. 78, p. 5 - 7, 1997.

CASTRO, P. R. C.; APPEZZATO, B.; LARA C., W. A. R.; PELISSARI, A.; PEREIRA, M.; MEDINA M., J. A.; BOLONHEZI, A. C.; SILVEIRA, J. A. G. Ação de reguladores vegetais no desenvolvimento, aspectos nutricionais, anatômicos e na produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* cv. Carioca). *An. Esalq*, Piracicaba, v. 47 (parte 1), p. 11 -28, 1990.

COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. Crescimiento y desarrollo: Características general del crescimiento In: COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.;

GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. *Fisiología Vegetal* Madrid: Ediciones Pirámide, 2001. p. 295 - 305.

DEWITTE, W.; ONCKELEN, H. V. Probing the distribution of plant hormones by immunocytochemistry. *Plant Growth Regulation*, Netherlands, v. 33, p. 67 - 74, 2001.

DIETHELM, R.; KELLER, E. R.; BANGERTH, F. Auxins, ABA and gibberellin-like activity in abscising and non-abscising flowers and pods of *Vicia faba* L. *Plant Growth Regulation*, v. 7, p. 75 - 90, 1988.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; VIEIRA JÚNIOR, P. A.; MANFRON, P. A.; MARTIN, T. N.; BONNECARRÉRE, R. A. G.; CRESPO, P. E. N. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. *Rev. Fac. Zootec. Vet. Agro.*, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 93 - 102, 2004.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 1999.

FRANCIS, D.; SORRELL, D. A. The interface between the cell cycle and plant growth regulators: a mini review. *Plant growth regulation*, Netherlands, v. 33, p. 1 - 12, 2001.

GODOY, A. R., CARDOSO, A. I. I. Pegamento de frutos em pepino caipira não partenocárpio sob cultivo protegido com aplicação de ácido naftaleno acético. *Bragantia*, Campinas, v. 63, n.1, p. 1 - 6, 2004.

LIMA, L. M. L. de. *Ação de fitorreguladores no desenvolvimento de plantas de feijão caupi* (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). 2000. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Regulando o crescimento e o desenvolvimento: Os hormônios vegetais. In: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. 6. Ed. Guanabara Kogan S.A. 2001. p. 649 - 74.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Auxina: o hormônio de crescimento. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 449 - 84.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L). In: VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. *Feijão Irrigado Tecnologia & Produtividade*. 2003. p. 73 - 100.

07 - CAPÍTULO III
EFEITOS DE REGULADORES VEGETAIS NA PRODUTIVIDADE BIOLÓGICA DE PLANTAS DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill).

EFEITOS DE REGULADORES VEGETAIS NA PRODUTIVIDADE BIOLÓGICA DE PLANTAS DE SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill)

Marcelo Ferraz de Campos[1]

Elizabeth Orika Ono[2]

RESUMO - O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar a produção de massa seca dos órgãos da planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em função da aplicação de reguladores vegetais, durante o ciclo da cultura. Foram cultivadas plantas de soja cv. BRS-184 em casa de vegetação, em vasos de 10 L com terra corrigida e adubada conforme a análise do solo e exigência da planta. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições e sete tratamentos (testemunha; GA_3 100 mg L^{-1}; BAP 100 mg L^{-1}; IBA 100 mg L^{-1}; Stimulate® (IBA+GA_3+Cinetina) 20 mL L^{-1}; cloreto de mepiquat 100 mg L^{-1} e cloreto de mepiquat 100 mg L^{-1}+BAP 100 mg L^{-1}+IBA, 100 mg L^{-1}). Os tratamentos foram aplicados via pulverização foliar, três vezes a cada 30 dias, durante o ciclo da cultura, a partir do 43º dia e foram realizadas seis coletas a intervalos de 13 dias, onde os órgãos da planta foram separados, secos em estufa a 60ºC, pesados e avaliados. Os resultados indicaram que a massa seca de raízes tratadas com citocinina e auxina isoladas ou em mistura, foram superiores à testemunha durante a maior parte do ciclo da cultura. O cloreto de mepiquat reduziu a produção de massa seca de raízes. O tratamento com GA_3 promoveu maior produção de massa seca de caule; tratamentos com citocinina isolada ou em mistura com GA_3 + IBA ou com cloreto de mepiquat + IBA, diminuíram a massa seca de caule e de folhas. A distribuição de matéria seca de vagens em porcentagem, foi superior no tratamento com cloreto de mepiquat a partir dos 99 dias após a semeadura.

Palavras-chave: matéria seca, crescimento, produção, biorreguladores.

Autores:

[1] UNESP - Universidade Estadual Paulista, Departamento de Botânica, Engº. Agrº. MSc./Doutorando, Instituto de Biociências, 18.618-000, Botucatu, SP, e-mail: mfecamp@ig.com.br.

[2] UNESP - Universidade Estadual Paulista, Departamento de Botânica, Profª Adjunta/Livre-Docente, Instituto de Biociências, 18.618-000, Botucatu, SP, e-mail: eoono@ibb.unesp.br.

PLANT GROWTH REGULATOR EFFECT IN SOYBEAN PLANT PRODUCTIVITY (*Glycine max* (L.) Merrill)

ABSTRACT - The experiment was carried outwith the aim to assess the dry matter production of the organs of the soybean plant (*Glycine max* (L.) Merrill) in function of the plant growth regulator application during the culture cycle. It was cultivated at green house soybean plant cv. BRS-184 in 10-liter containers filled with soil fertilized and balanced according to the soil analysis and the plant needs. The experiment were conducted using the completely randomized block design with three replications and seven treatments (check; GA_3 100 mg L^{-1}; BAP 100 mg L^{-1}; IBA 100 mg L^{-1}; Stimulate® (IBA+GA_3+Cinetin) 20 mL L^{-1}; mepiquat chloride 100 mg L^{-1} and mepiquat chloride 100 mg L^{-1}+BAP 100 mg L^{-1}+IBA, 100 mg L^{-1}). The treatments were applied through leaf-pulverization three times every 30 days during the culture cycle; six collects were performed every 13 days, where the organs of the plants were separated, then they were dried in stove at 60ºC, and subsequently weighted and evaluated. The results have indicated that the root dry matter treated with cytokinin and auxin alone or in mixtures were superior to the check during the most part of the culture cycle. The mepiquat chloride reduced the root dry matter production. The treatment with GA_3 has promoted a larger stem dry matter production; treatment with cytokinin isolated or with GA_3 + IBA or with mepiquat chloride + IBA decreased the stem and leaf dry matters. The percentage of pod dry matter was superior in the mepiquat chloride treatment from the 99th day after the sowing.

Key-words: dry matter, growth, production, bio-regulators.

INTRODUÇÃO

O crescimento das plantas é um processo bastante complexo. As plantas absorvem uma série de substâncias, que tem que transformar e converter em sua matéria constituinte. Através dos processos de divisão e alongamento celular, ocorre incremento irreversível na massa do protoplasma, aumento de tamanho dos órgãos e do vegetal, que podem ser mensurados através da massa seca (Coll et al., 2001).

Os vegetais produzem moléculas sinalizadoras, os hormônios vegetais, responsáveis por efeitos no desenvolvimento. Até pouco tempo, acreditava-se que o desenvolvimento fosse regulado apenas pelas auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico. Entretanto, atualmente, há fortes evidências indicando que os brassinosteróides produzem efeitos morfológicos e fisiológicos no desenvolvimento vegetal (Taiz & Zeiger, 2004).

Embora, freqüentemente, discuta-se a ação dos hormônios como se agissem de modo independente, as inter-relações do crescimento e do desenvolvimento vegetal resultam da combinação de muitos sinais. Além disso, um hormônio pode influenciar na biossíntese de outro de modo que os efeitos produzidos por um podem ser, de fato, mediado por outros (Castro et al., 2001).

As auxinas desempenham papel importante no alongamento celular, podendo promover o crescimento do caule, regulam a dominância apical através de sinais químicos, que levam informações a longas distâncias, podendo através do fluxo basípeto, inibir o crescimento de gemas laterais ou axilares. As citocininas participam da divisão celular, sendo essenciais na cultura de tecidos e biotecnologia. O tratamento das gemas laterais com citocininas, freqüentemente, leva ao seu crescimento, mesmo na presença de auxina, modificando, portanto, a dominância apical (Raven et al., 2001).

Dentre os efeitos fisiológicos proporcionados pelas giberelinas, estão entre outros, a indução marcante do alongamento de entrenós em diversas espécies de plantas e alongamento de caules e folhas mediante o estímulo tanto da divisão celular como do alongamento celular. Seu papel no crescimento é claramente demonstrado com sua aplicação em plantas mutantes anãs (Taiz & Zeiger, 2004).

Segundo Rademacher (2000) os retardadores do crescimento vegetal, representam o mais importante grupo de reguladores vegetais utilizados comercialmente, tendo sido bastante introduzido na agricultura. São na sua maioria inibidores da síntese de giberelinas como, por exemplo, o cloreto de mepiquat que impede a formação de ent-copalil difosfato (CDP) e ent-caureno, substâncias precursoras das giberelinas.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência dos reguladores vegetais sobre o acúmulo de matéria seca dos órgãos das plantas de soja e a translocação de fotoassimilados, entre esses órgãos, no ciclo da planta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu (SP), no ano agrícola 2003/4. As plantas foram cultivadas em vasos de 10 litros contendo terra da camada arável do solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, segundo Embrapa (1999).

A terra foi corrigida com 1 g dm^{-3} de calcário dolomítico, conforme as recomendações da análise química do solo, umedecida uma semana antes da adubação, para reação do mesmo, evitando a perda da adubação fosfatada, por reação deste com

H^+. 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.

A cultivar de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) escolhida para a semeadura foi a BRS-184, semi-precoce, decorrente do cruzamento 'FT Guaíra' x 'IAC-13-C', indicada para o estado de São Paulo e Paraná que apresenta bom crescimento e ramificação, boa resistência à doenças sendo indicada para solos de média a alta fertilidade. As sementes foram tratadas com fungicida (N-triclorometiltio-4 cicloexano-1,2-decarboximida (Captan) 500 g kg^{-1} e metil-1-(butilcarbamoil)-2-benzimidazol-carbamato (Benomil) 500 g kg^{-1}, nas doses 3g kg^{-1} e 0,4 g kg^{-1} de sementes, respectivamente) e inoculadas com turfa esterilizada com raios gama com $1x10^4$ células viáveis g^{-1}. Após a germinação foram feitos desbastes, para a condução de duas plantas por vaso em ambiente protegido.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições e sete tratamentos com reguladores vegetais (giberelina, citocinina e auxina isoladas ou em mistura e cloreto de mepiquat também isolado e em mistura com auxina e citocinina). Os respectivos tratamentos foram: T_1 - testemunha; T_2 - GA_3 a 100 mg L^{-1}; T_3 - BAP (benzilaminopurina) a 100 mg L^{-1}; T_4 - IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; T_5 - Stimulate® (IBA + GA_3 + cinetina) a 20 mL L^{-1}; T_6 - Cloreto de mepiquat (Cl mep.) a 100 mg L^{-1} e T_7 - Cl mep. a 100 mg L^{-1} + BAP a 100 mg L^{-1} + IBA a 100 mg L^{-1}.

Como fonte de giberelina foi utilizado o Pro-gibb®, produto comercial da Abbott contendo GA_3 (ácido giberélico) a 10%; Stimulate®, produto comercial da Stoller contendo a mistura de IBA (ácido indolilbutírico) a 0,05 g L^{-1}, GA_3 (ácido giberélico) a 0,05 g L^{-1} e cinetina a 0,09 g L^{-1} e PIX®, produto comercial da Basf contendo cloreto de mepiquat a 5%.

Os tratamentos foram aplicados via pulverização foliar, com pulverizador de jato contínuo (Brudden 1,5 L) equipado com bico cônico, ao longo do ciclo da cultura aos 43, 74 e 105 dias após a semeadura. As avaliações foram realizadas em 6 coletas a intervalos de 13 dias, 60, 73, 86, 99,112 e 125 dias após a semeadura. As plantas após terem sido coletadas, tiveram seus órgãos separados em raiz, caule, folhas e vagens, pesados e secos em estufa de circulação forçada de ar a 60º C, para posterior determinação da massa de matéria seca.

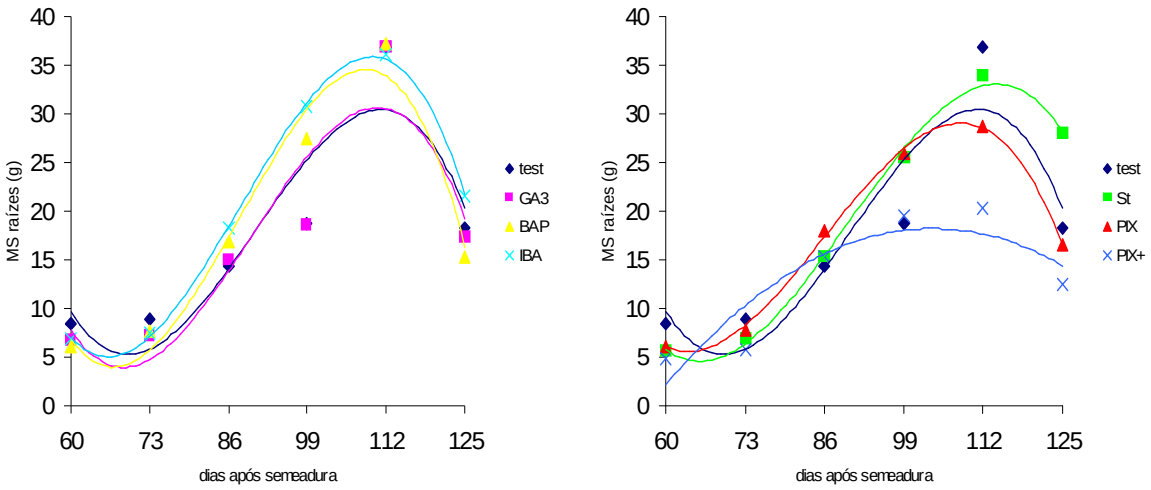
Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e ajustados em modelo matemático de análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 A e B apresenta as curvas de tendência da massa seca de raízes, durante o ciclo da cultura em função dos tratamentos. É possível verificar que os tratamentos com BAP, IBA e Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) foram responsáveis pelo maior desenvolvimento do sistema radicular a partir do 73º dia após a semeadura, quando comparados à testemunha. Estes reguladores têm apresentado bom efeito no crescimento de raízes e segundo Castro & Alvarenga (2001), aplicando IBA na dose de 0,984 mM, observaram incremento da biomassa em raízes e rizomas de confrei (*Symphytum officinale* L.) e Vieira & Castro (2003) promoveram aumento da massa seca de raízes de feijoeiro no 16º dia após a semeadura, com a aplicação de Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) na concentração 5,0 mL 0,5 kg^{-1} em tratamento de sementes. O tratamento com GA_3 não influenciou na produção de massa seca de raízes.

As giberelinas não apresentam efeito no crescimento de raízes, inibem o enraizamento de estacas e em alguns casos a nodulação (Coll et al., 2001). Por outro

lado, o cloreto de mepiquat, a partir dos 86 dias após a semeadura, proporcionou redução no desenvolvimento de raízes. Com a aplicação de cloreto de mepiquat associado ao IBA e BAP, verificou-se a redução da matéria seca de raízes quando comparado à testemunha (Figura 1 B).



A **B**

Figura 1. Massa de matéria seca de raízes de soja (g), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}.

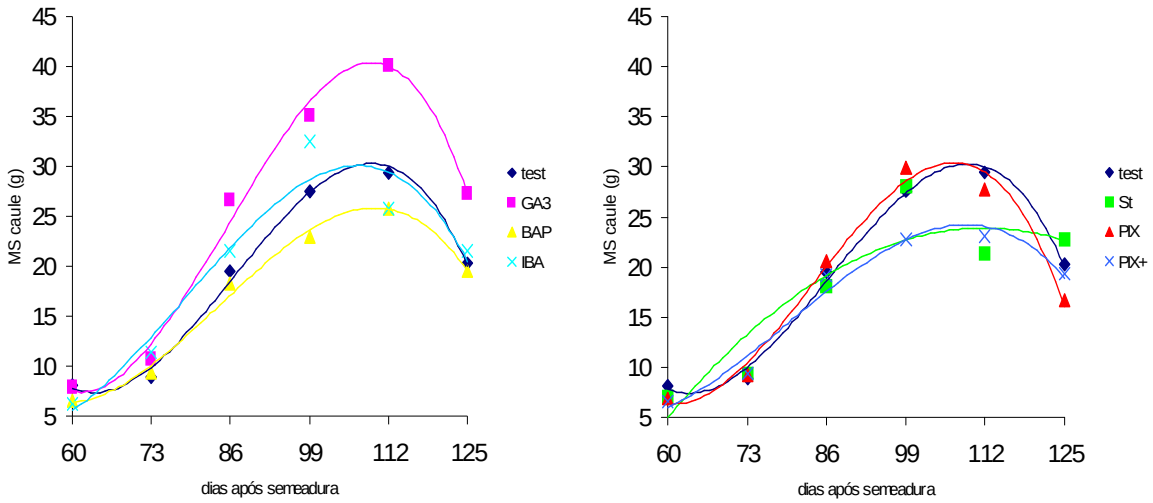
Tabela 1. Modelo da função ajustada e R^2 dos tratamentos referentes à massa seca de raiz por plantas de soja em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R^2
Testemunha	$\hat{y}$= 445,751 - 16,028x + 0,188x^2 - 0,000693x^3	0,611
GA_3	$\hat{y}$= 451,123 - 16,423x + 0,194x^2 - 0,000721x^3	0,774
BAP	$\hat{y}$= 500,621 - 18,663x + 0,225x^2 - 0,000855x^3	0,911
IBA	$\hat{y}$= 436,326 - 16,316x + 0,198x^2 - 0,000749x^3	0,837
GA_3 + IBA + cinetina	$\hat{y}$= 299,217 - 11,112x + 0,133x^2 - 0,000494 x^3	0,913
Cloreto de mepiquat	$\hat{y}$= 286,157 - 10,965x + 0,137x^2 - 0,000531 x^3	0,846
Cloreto de mepiquat + BAP +IBA	$\hat{y}$= - 71,998 + 1,740x - 0,00838x^2	0,498

A produção de massa seca de caule de soja também foi influenciada pelos reguladores vegetais, principalmente, nas plantas tratadas com GA_3 onde ocorreu grande produção de massa seca, devido, principalmente, à sua influência no alongamento celular (Figura 2 A). Segundo Leite (1998), a aplicação de GA_3 via foliar em soja, associada ou não à citocinina, promove aumento na massa de matéria seca da parte

aérea das plantas, principalmente, quando as aplicações são executadas em estádio de desenvolvimento.

Os tratamentos com BAP, a mistura de GA_3 + IBA + cinetina e o tratamento com cloreto de mepiquat associado a IBA e BAP, inibiram o crescimento do caule a partir do 86º dia após a semeadura; dessa forma, esses tratamentos promoveram menor acúmulo de massa seca. Luo et al. (2005) afirmam que as citocininas podem reduzir o desenvolvimento do caule, durante o crescimento das plantas jovens de *Arabdopsis thaliana* (L.) Heynh. no escuro, inclusive o desenvolvimento do epicótilo e das folhas. A aplicação de IBA, assim como de cloreto de mepiquat isolado, não apresentaram efeito no desenvolvimento do caule quando comparados à testemunha (Figura 2 A e B).



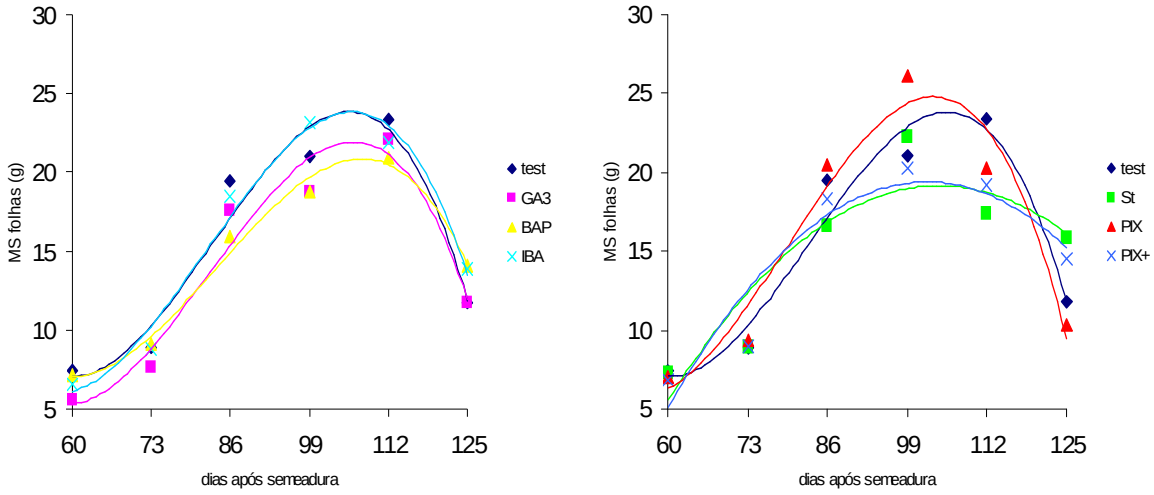
A **B**

Figura 2. Massa de matéria seca de caule de soja (g), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}.

Tabela 2. Modelo da função ajustada e R^2 dos tratamentos referentes à massa seca de caule por plantas de soja em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R^2
Testemunha	$\hat{y}= 265,645 - 10,080x + 0,125x^2 - 0,000484x^3$	0,913
GA_3	$\hat{y}= 309,699 - 12,116x + 0,154x^2 - 0,000602x^3$	0,967
BAP	$\hat{y}= 142,070 - 5,639x + 0,0738x^2 - 0,000293x^3$	0,905
IBA	$\hat{y}= 100,076 - 4,588x + 0,0674x^2 - 0,000286x^3$	0,879
GA_3 + IBA + cinetina	$\hat{y}= - 63,914 + 1,568x - 0,00700x^2$	0,810
Cloreto de mepiquat	$\hat{y}= 246,098 - 9,720x + 0,125x^2 - 0,000498x^3$	0,847
Cloreto de mepiquat + BAP +IBA	$\hat{y}= 74,096 - 3,254x + 0,0471x^2 - 0,000197x^3$	0,888

A massa seca de folhas, conforme pode ser observado na Figura 3 A e B, não foi superior à testemunha na maioria dos tratamentos estudados; apenas o tratamento com cloreto de mepiquat apresentou pequeno acréscimo no acúmulo até os 112 dias após a semeadura. Os demais tratamentos tiveram a produção de massa seca foliar inferior a testemunha, sendo que, o tratamento com IBA não apresentou alteração. O tratamento com cloreto de mepiquat apresentou o maior acúmulo de matéria seca de folhas, já os tratamentos com GA_3 + IBA + cinetina e o tratamento com cloreto de mepiquat + IBA + BAP apresentaram o menor acúmulo entre os tratamentos. Na cultura do milho foi verificado que o tratamento com giberelina 100 mg L^{-1} reduziu a matéria seca de folhas, o número destas e tendeu a diminuir a razão de área foliar das plantas (Castro & Vieira, 2003). Por outro lado, Oliveira (2003) promoveu aumento na massa de matéria seca de folhas em plantas jovens de maracujá com a aplicação de GA_{4+7} + fenilmetil-aminopurina a 100 mg L^{-1}.



A **B**

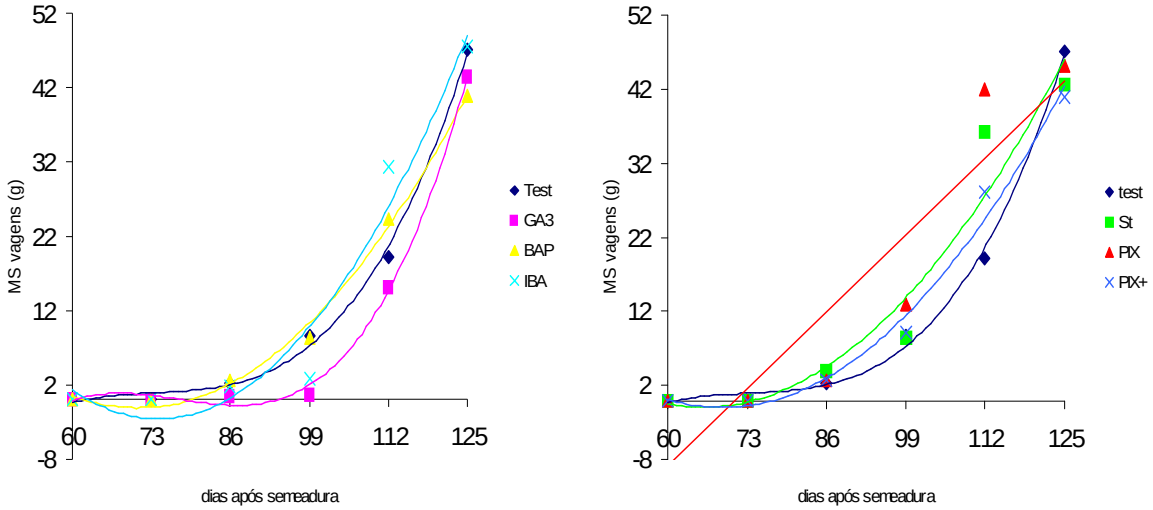
Figura 3. Massa de matéria seca de folhas de soja (g), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}.

Tabela 3. Modelo da função ajustada e R^2 dos tratamentos referentes à massa seca de folhas por plantas de soja em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R^2
Testemunha	$\hat{y}$= 175,844 - 6,912x + 0,0900x^2 - 0,000362x^3	0,835
GA_3	$\hat{y}$= 147,552 - 5,923x + 0,0781x^2 - 0,000315x^3	0,915
BAP	$\hat{y}$= 124,957 - 4,845x + 0,0631x^2 - 0,000251x^3	0,884
IBA	$\hat{y}$= 140,539 - 5,713x + 0,0766x^2 - 0,000312x^3	0,884
GA_3 + IBA + cinetina	$\hat{y}$= - 56,280 + 1,448x - 0,00695x^2	0,750
Cloreto de mepiquat	$\hat{y}$= 142,609 - 5,997x + 0,0830x^2 - 0,000348 x^3	0,823
Cloreto de mepiquat + BAP +IBA	$\hat{y}$= - 64,261 + 1,638x - 0,00801x^2	0,746

Para a produção de massa seca de vagens durante o ciclo da cultura, as linhas de tendência dos tratamentos apresentaram alteração com relação a testemunha, sendo superiores à mesma na maioria dos tratamentos até os 112 dias após a semeadura, com exceção do tratamento com GA_3, que teve menor produção de massa seca de vagens. Conforme é apresentado na Figura 4 A e B, pode-se relatar que provavelmente houve menor translocação de solutos no tratamento com GA_3 e maior nos demais tratamentos, devido ao maior acúmulo de matéria seca. O tratamento com cloreto de mepiquat foi o que apresentou maior acúmulo de matéria seca de vagens durante o ciclo da planta, todavia, não apresenta resultado significativo aos 125 dias após a semeadura. Castro et al. (2001) conseguiram incrementar a massa seca de frutos de tomateiro com

tratamentos em pulverização foliar com GA_3, GA_3 + cinetina, IBA + cinetina e, principalmente, com GA_3 + IBA + cinetina, quando estes foram comparados à testemunha. Em arroz irrigado GA_3 + IBA + cinetina reduziu a porcentagem de chochamento de grãos, promoveu aumento do peso de 1000 grãos e, consequentemente, melhorou o rendimento da cultura (Dario et al., 2003).



A **B**

Figura 4. Massa de matéria seca de vagens de soja (g), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}.

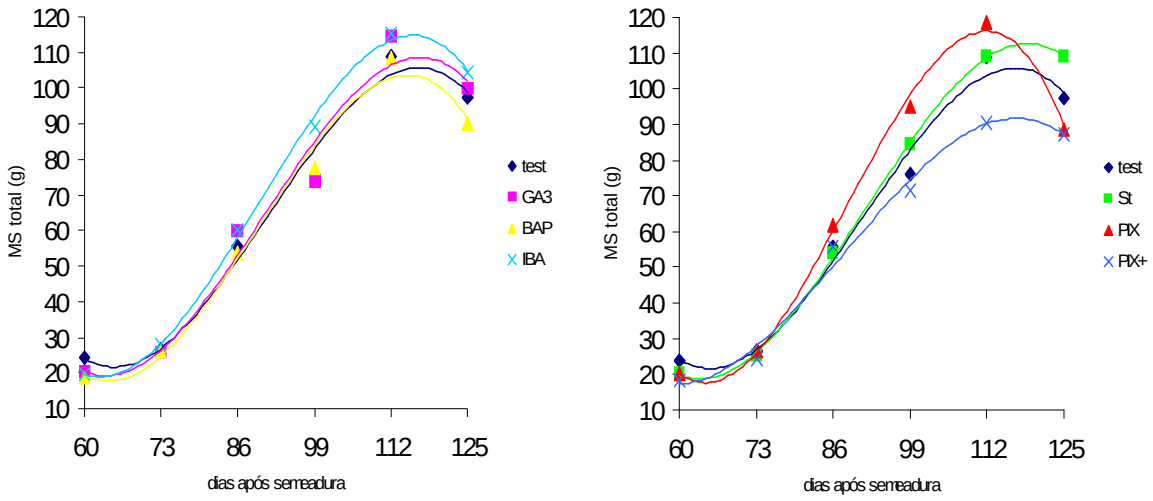
Tabela 4. Modelo da função ajustada e R^2 dos tratamentos referentes à massa seca de vagens por plantas de soja em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R^2
Testemunha	$\hat{y}$= -127,638 + 5,177x - 0,0700x^2 + 0,000318x^3	0,962
GA_3	$\hat{y}$= - 203,813 + 8,151x - 0,107x^2 + 0,000460x^3	0,985
BAP	$\hat{y}$= 70,660 - 2,028x + 0,0143x^2	0,945
IBA	$\hat{y}$= 106,055 - 2,935x + 0,0198x^2	0,916
GA_3 + IBA + cinetina	$\hat{y}$= 56,887 - 1,760x + 0,0134x^2	0,904
Cloreto de mepiquat	$\hat{y}$= - 56,553 + 0,797x	0,654
Cloreto de mepiquat + BAP +IBA	$\hat{y}$= 64,431 - 1,899x + 0,0138x^2	0,953

A Figura 5 A e B apresenta os resultados da matéria seca total em função dos tratamentos, pela qual observa-se que a maioria dos tratamentos apresentaram maior acúmulo que a testemunha, principalmente, a partir dos 73 dias da semeadura. A exceção foram os tratamentos com BAP e, principalmente, com cloreto de mepiquat

associado a IBA e BAP que acumularam menor conteúdo de massa seca que a testemunha.

Os tratamentos com cloreto de mepiquat, GA_3 + IBA + cinetina, IBA e GA_3 foram superiores à testemunha, sendo o tratamento com cloreto de mepiquat, o que apresentou maior acúmulo de matéria seca total e o tratamento com GA_3, aquele que apresentou o menor acúmulo. Lima (2000) ao estudar a aplicação de reguladores vegetais em feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) observou aumento no acúmulo de matéria seca total, a partir de 80 dias da emergência das plantas, quando estas foram tratadas com cloreto de mepiquat a 250 mg L^{-1} e com GA_3 a 50 mg L^{-1}.



A **B**

Figura 5. Massa de matéria seca total de plantas de soja (g), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}.

Tabela 5. Modelo da função ajustada e R^2 dos tratamentos referentes à massa seca total de plantas de soja em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R^2
Testemunha	$\hat{y}= 759{,}410 - 27{,}836x + 0{,}0012x^2 - 0{,}00121x^3$	0,986
GA_3	$\hat{y}= 784{,}372 - 26{,}305x + 0{,}3191x^2 - 0{,}00123x^3$	0,966
BA	$\hat{y}= 784{,}531 - 29{,}382x + 0{,}3571x^2 - 0{,}00132x^3$	0,988
IBA	$\hat{y}= 740{,}243 - 28{,}063x + 0{,}3449x^2 - 0{,}00132x^3$	0,998
GA_3 + IBA + cinetina	$\hat{y}= 664{,}760 - 24{,}791x + 0{,}2998x^2 - 0{,}00110x^3$	0,999
Cloreto de mepiquat	$\hat{y}= 1051{,}301 - 39{,}735x + 0{,}4862x^2 - 0{,}00180x^3$	0,997
Cloreto de mepiquat + BAP +IBA	$\hat{y}= 414{,}820 - 16{,}144x + 0{,}2052x^2 - 0{,}00081x^3$	0,989

Comparando-se a distribuição de massa de matéria seca entre os quatro órgãos estudados dentro de cada tratamento, observa-se na Figura 6 A aos 86 dias e Figura 6 B aos 99 dias após a semeadura, o maior acúmulo de massa seca encontrava-se no caule. Aos 86 dias após a semeadura (Figura 6 A), as folhas ainda apresentavam alto acúmulo de massa seca, que tendeu a diminuir em todos os tratamentos aos 99 dias (Figura 6 B), devido à translocação de fotoassimilados, principalmente, para as vagens que já se encontravam em desenvolvimento. Observa-se também, que os tratamentos com BAP e IBA promoveram maior acúmulo na massa seca de raízes, principalmente, aos 99 dias da semeadura (Figura 6 B) e o GA_3, foi responsável pelo maior acúmulo de massa seca de caule. Ono (2002) ao comparar a distribuição da porcentagem de massa de matéria seca, dentro dos órgãos de plantas de alfafa em função dos reguladores vegetais, verificou que o maior acúmulo de massa seca no caule foi promovido pelo tratamento com GA_3, devido ao efeito promotor das giberelinas sobre o alongamento celular.

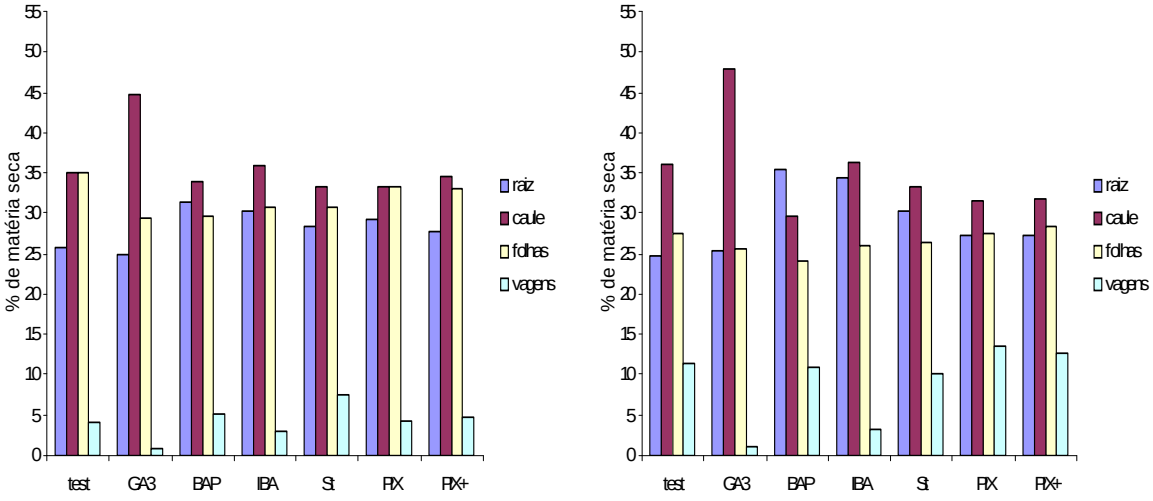


Figura 6. Distribuição da massa de matéria seca de raiz, caule, folhas e vagens em plantas de soja, submetidas a tratamentos com reguladores vegetais: (A) Aos 86 dias após a semeadura; (B) Aos 99 dias após a semeadura.

Aos 112 dias após a semeadura (Figura 7 A) e aos 125 dias após a semeadura (Figura 7B), é possível observar a translocação de fotoassimilados das folhas, do caule e por fim, das raízes para as vagens que aos 125 dias (Figura 7B), já apresentavam-se desenvolvidas. Nessa fase elas já possuem quase 50% do acúmulo de fotoassimilados. O acúmulo de fotoassimilados nas raízes foi mantido por mais tempo, no tratamento com o produto Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina), todavia, foi o cloreto de mepiquat quem apresentou maior acúmulo de massa de matéria seca de vagens.

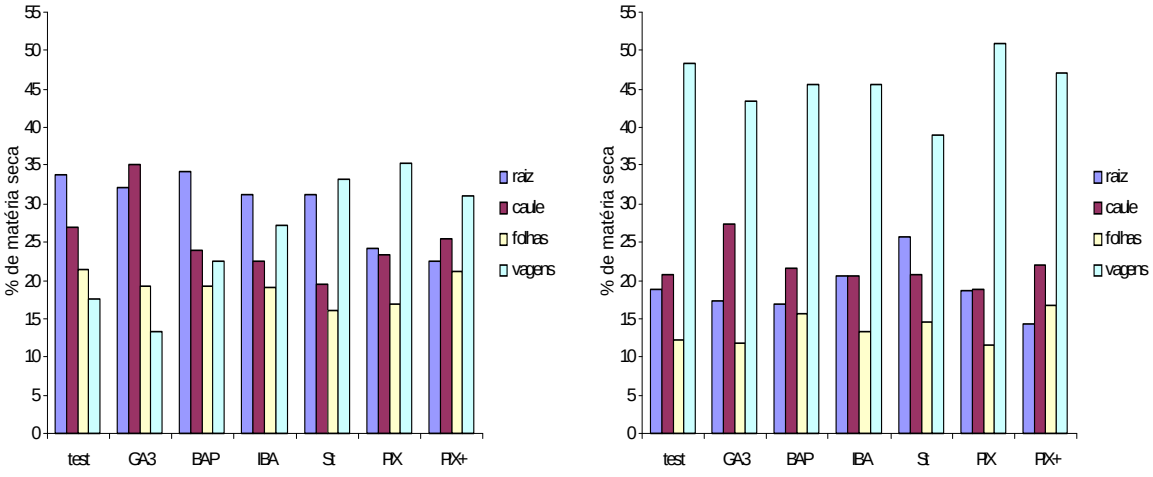
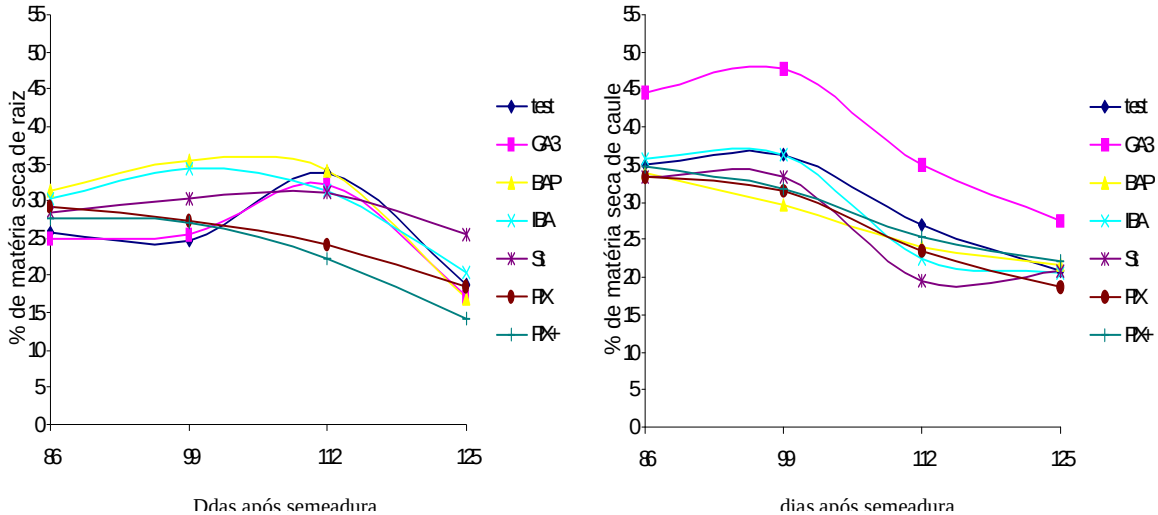


Figura 7. Distribuição da massa de matéria seca de raiz, caule, folhas e vagens em plantas de soja, submetidas a tratamentos com reguladores vegetais: (A) Aos 112 dias após a semeadura; (B) Aos 125 dias após a semeadura.

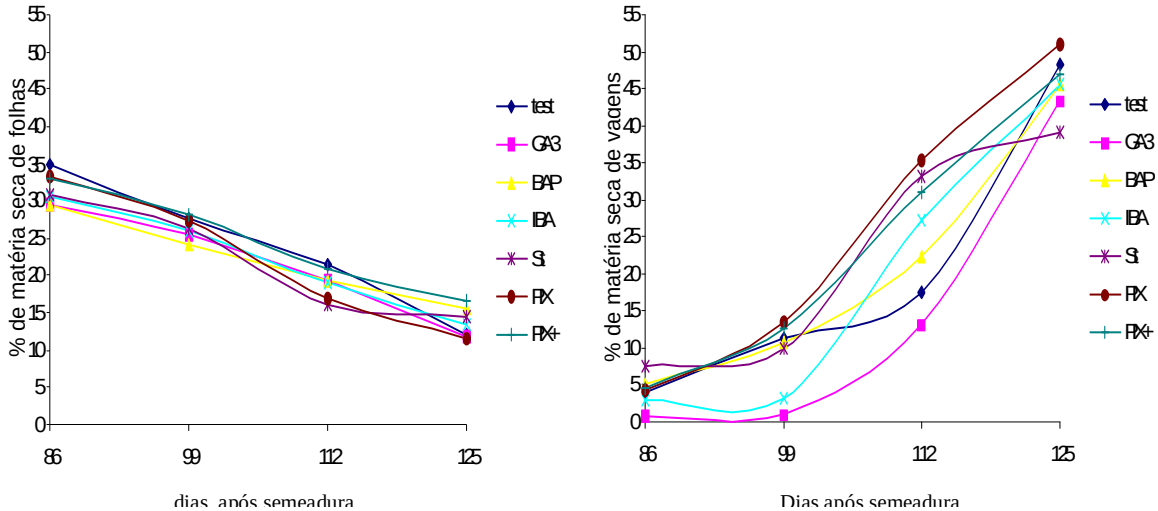
As Figuras 8 A e B e 9 A e B mostram o comportamento da distribuição de massa de matéria seca dentro de cada órgão no decorrer do estudo. Assim, verifica-se tendência de queda no acúmulo de massa seca de raízes ao longo das avaliações, provavelmente, devido à translocação de fotoassimilados para as vagens e redução da atividade fotossintética devido a senescência. A exceção ocorreu com a testemunha e o tratamento com GA_3, que apresentaram aumento aos 112 dias após a semeadura; esses resultados, refletiram na produção de vagens, que nessa mesma época apresentam queda nos referidos tratamentos.



A **B**

Figura 8. Distribuição da massa de matéria seca de órgãos em plantas de soja, submetidas a tratamentos com reguladores vegetais nas várias coletas: (A) % de matéria seca de raiz; (B) % de matéria seca de caule.

As linhas de tendência referentes à produção de massa seca de caule e de folhas, também apresentam queda no decorrer do estudo em função da translocação de fotoassimilados e da senescência, que pode ser observado, pelo acúmulo de massa seca de vagens, que apresenta aumento gradativo no decorrer das avaliações. Segundo Taiz & Zeiger (2004), a senescência foliar é iniciada na soja pela maturação das sementes, fenômeno conhecido como *senescência monocárpica*. Nas Figuras 8 A e B e 9 A e B, também observa-se que o tratamento com GA_3 promoveu maior acúmulo de massa seca de caule, conforme já havia sido constatado na Figura 6 A e B e o tratamento com cloreto de mepiquat foi responsável pelo maior acúmulo de massa seca de vagens.



A **B**

Figura 9. Distribuição da massa de matéria seca de órgãos em plantas de soja, submetidas a tratamentos com reguladores vegetais nas várias coletas: (A) % de matéria seca de folhas; (B) % de matéria seca de vagens.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- A aplicação de BAP e de IBA, isoladas ou associadas ao GA_3, promovem aumento na massa de matéria seca de raízes de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS - 184);

- Ocorreu grande produção de matéria seca de caule de soja com a aplicação de GA_3;

- Os tratamentos com citocinina, isolada ou em mistura com GA_3 + IBA, ou associada ao IBA + cloreto de mepiquat, diminuíram a massa seca de caule e de folhas e

- O tratamento com cloreto de mepiquat foi responsável por um maior acúmulo de massa seca de vagens, após 99 dias da semeadura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, A. H. F.; ALVARENGA, A. A. de. Influência do ácido indol-3-butírico no crescimento de plantas de confrei (Symphytum officinale L.). *Ciênc. Agotec.*, Lavras, v. 25, n. 1, p.96 - 101, 2001.

CASTRO, P. R. C.; CATO, S. C.; VIEIRA, E. L. Biorreguladores e bioestimulantes em feijoeiro. In: CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. *Aplicação de reguladores vegetais na agricultura tropical*. Guaiba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. p. 55 - 62.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Biorreguladores e bioestimulantes na cultura do milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: *Estratégias de manejo para alta produtividade*. Piracicaba, 2003. p. 99 - 115.

COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. Crescimiento y desarrollo: Características general del crescimiento, auxinas, giberelinas, citocininas, etileno y poliaminas, ácido abscísico y otros inibidores. In: COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. *Fisiología Vegetal* Madrid: Ediciones Pirámide, 2001. p. 295 - 376.

DARIO, G. J. A.; J. N. D.; COELHO, M. F.; JUSTINO, W. C.; BERNARDO, C. T. Eficiência de regulador vegetal na cultura do arroz irrigado, semeado em solo drenado. In: CONGESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3, 2003, Camboriú. *Anais*. p. 250 - 2.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 1999.

LEITE, V. M. *Crescimento e desenvolvimento da soja em função da aplicação de giberelina e citocinina*. Botucatu, 1998. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu.

LIMA, L. M. L. de. *Ação de fitorreguladores no desenvolvimento de plantas de feijão caupi* (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). 2000. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu.

LUO, J.; CHEN, J. C.; ZHAO, Y. J. Brassinosteroid-induced de-etiolation of *Arabidopsis thaliana* sedlings resembles the long-term effects of citokinins. *Australian Journal of Plant Physiology*, v.25, n. 6, 719 - 28, 2005.

OLIVEIRA, A. de *Uso de reguladores vegetais na formação de mudas de* (*Passiflora alata* Dryander). 2003. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Centro de Ciências Agrárias, UNIOSTE, Marechal Cândido Rondon.

ONO, E. O. *Reguladores vegetais sobre o desenvolvimento de plantas de alfafa* (*Medicago sativa* L.). 2002. 143 f. Tese (Livre docência em Fisiologia Vegetal) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu.

RADEMACHER, W. Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways. Annu. Ver. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., v. 51, p. 501 - 31, 2000.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Regulando o crescimento e o desenvolvimento: Os hormônios vegetais. In: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. 6. Ed. Guanabara Kogan S.A. 2001. p. 649 - 74.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Auxina: O hormônio do crescimento, Citocininas: reguladores da divisão celular e Giberelinas: reguladores da altura dos vegetais. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. P. 449 - 540.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L). In: VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. *Feijão Irrigado Tecnologia & Produtividade*. 2003. p. 73 - 100.

08 - CAPÍTULO IV
ANÁLISE DE CRESCIMENTO EM PLANTAS DE SOJA TRATADAS COM REGULADORES VEGETAIS.

ANÁLISE DE CRESCIMENTO EM PLANTAS DE SOJA TRATADAS COM REGULADORES VEGETAIS

Marcelo Ferraz de Campos[1]

Elizabeth Orika Ono[2]

RESUMO - Em experimento instalado em casa de vegetação do Departamento de Botânica, do Instituto de Biociências, da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Campus de Botucatu, ano 2003/04, foram cultivadas plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS-184) em vasos de 10 litros, com terra da camada arável corrigida e adubada conforme a análise do solo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições e sete tratamentos (testemunha; GA_3 100 mg L^{-1}; BAP 100 mg L^{-1}; IBA 100 mg L^{-1}; Stimulate® (IBA+GA_3+Cinetina) 20 mL L^{-1}; cloreto de mepiquat 100 mg L^{-1} e cloreto de mepiquat 100 mg L^{-1}+BAP 100 mg L^{-1}+IBA 100 mg L^{-1}). Os tratamentos foram aplicados três vezes a intervalos de 30 dias e foram realizadas seis coletas a intervalos de 13 dias. Os parâmetros fisiológicos foram avaliados através das características da análise de crescimento. Os resultados indicaram que a massa seca total foi maior com a aplicação de IBA, a mistura de IBA+GA_3+cinetina e cloreto de mepiquat isolado; todavia, a aplicação de cloreto de mepiquat associado a IBA e BAP reduziu a produção de massa seca total. A área foliar foi inferior à testemunha na maioria dos tratamentos; o teor de clorofila, a TCA e TCR foram pouco influenciadas pelos tratamentos, todavia, o tratamento com citocinina isolada ou associada a outros reguladores manteve por mais tempo o teor de clorofila. A TCA, TCR e a TAL foram reduzidas a partir dos 99 dias do plantio com aplicação de cloreto de mepiquat.

Palavras-chave: *Glycine max*, retardantes de crescimento, desenvolvimento.

Autores:

[1] UNESP - Universidade Estadual Paulista, Departamento de Botânica, Engº. Agrº. MSc./Doutorando, Instituto de Biociências, 18.618-000, Botucatu, SP, e-mail: mfecamp@ig.com.br.

[2] UNESP - Universidade Estadual Paulista, Departamento de Botânica, Profª Adjunta/Livre-Docente, Instituto de Biociências, 18.618-000, Botucatu, SP, e-mail: eoono@ibb.unesp.br.

GROWTH ANALYSIS IN SOYBEAN PLANTS TREATED WITH VEGETAL REGULATORS

ABSTRACT – In experiment carried outat the greenhouse of the Botanic Department, Bioscience Institute, University of the Sao Paulo State – UNESP, campus of Ruibiao Junior, Botucatu, Brazil, in 2003/2004, soybean plants were cultivated (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS-184) in 10 liter-pots with soil from rootable, corrected and fertilized layer according to the soil analysis. The used experimental design was completely randomized block, with three replications and seven treatments (control; GA_3 100 mg L^{-1}; BAP 100 mg L^{-1}; IBA 100 mg L^{-1}; Stimulate® (IBA+GA_3+Cinetina) 20 mL L^{-1}; mepiquat chloride 100 mg L^{-1} and mepiquat chloride 100 mg L^{-1}+BAP 100 mg L^{-1}+IBA 100 mg L^{-1}). The treatments were applied three times with intervals of 30 days and six samplings have been performed with intervals of 13 days. The physiological parameters were assessed through the characteristics of growth analysis. The results have pointed that the total dry matter was the greatest with the application of IBA, the IBA+GA_3+cinetine mixture, and mepiquat chloride associated to IBA and BAP reduced the total dry matter production. The leaf area was inferior to the control in the majority of the treatments; the chlorophyll content and the growth rate were slightly influenced by the treatments, although, the treatment with isolated or associated cytotoxin to other regulators has held the chlorophyll content. The TCA, TCR and TAL were reduced right after the 99th day of sowing with the application of mepiquat chloride.

Keywords:: *Glycine max,* growth inhibitors, development.

INTRODUÇÃO

A análise de crescimento baseia-se, fundamentalmente, no fato de que cerca de 90%, em média, da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento, resulta da atividade fotossintética. Permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total. Apesar da complexidade que envolve o crescimento das espécies vegetais, a análise de crescimento é um meio bastante preciso para avaliar o crescimento e mensurar a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal (Benincasa, 2003). Também é possível a utilização da análise de crescimento para a obtenção de parâmetros fisiológicos indicativos de métodos seguros para o aumento da produtividade (Castro, 1974).

Os vegetais produzem moléculas sinalizadoras, os hormônios vegetais, responsáveis por efeitos no desenvolvimento. Até pouco tempo, acreditava-se que o desenvolvimento era regulado apenas pelas auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico. Entretanto, atualmente, há fortes evidências indicando que os brassinosteróides produzem efeitos morfológicos e fisiológicos no desenvolvimento vegetal (Taiz & Zeiger, 2004).

As auxinas ativam enzimas que agem sobre constituintes das ligações entre as microfibrilas de celulose da parede celular, causando a ruptura e aumento da plasticidade, facilitando a entrada de água nas células e aumentando suas dimensões. Já as giberelinas promovem a síntese de enzimas como a α-amilase, que promove a diminuição do potencial osmótico celular através da formação de glicose a partir do amido, proteases, que resulta na síntese de triptofano e formação de IAA que aumenta a plasticidade da parede celular, além de hidrolases e lipases (Castro et al., 2001).

As citocininas são sintetizadas nas raízes, de onde translocam-se via apoplasto pelo xilema, até a parte aérea, onde promovem divisões celulares meristemáticas e mantém as atividades metabólicas nos tecidos vegetais, retardando a senescência (Vieira & Castro, 2003). Segundo Coll et al. (2001), as citocininas exercem extensa quantidade de ações, sendo difícil falar sobre um efeito específico. Em geral, a aplicação de citocinina exógena, inibe o alongamento da raiz principal das plantas, entretanto, na mesma concentração que inibem o crescimento da raiz principal, podem estimular a formação de raízes laterais.

A mistura de dois ou mais reguladores vegetais ou de reguladores vegetais com outras substâncias, é designada bioestimulante. Esse produto pode, em função da sua composição, concentração e proporção das substâncias, interferir no desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão, a diferenciação e o alongamento celular (Castro & Vieira, 2003).

Segundo Rademacher (2000), os retardadores do crescimento vegetal representam o mais importante grupo de reguladores vegetais utilizados comercialmente, tendo sido bastante introduzidos na agricultura comercial. São na sua maioria inibidores da síntese de giberelinas como, por exemplo, o cloreto de mepiquat que impede a formação de ent-copalil difosfato (CDP) e ent-caureno, substâncias precursoras das giberelinas.

O presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito de reguladores vegetais no desenvolvimento de plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS-184), através das características da análise de crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu (SP), no ano agrícola 2003/4. A cultivar de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) escolhida foi a BRS - 184, semi-precoce, decorrente do cruzamento 'FT Guaíra' x 'IAC - 13 - C', indicada para o estado de São Paulo e Paraná que apresenta bom crescimento e ramificação e boa resistência à doença, sendo indicada para solos de média a alta fertilidade.

A terra coletada da camada arável do solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico segundo Embrapa (1999), foi adubada com 20 mg dm^{-3} de N; 200 mg dm^{-3} de P e 100 mg dm^{-3} de K^+ e 10% do volume da terra de esterco de curral, após ter sido corrigido com calcário dolomítico (1 g dm^{-3}), conforme as recomendações da análise química de solo. As sementes foram tratadas com fungicida (N-triclorometiltio-4 cicloexano-1,2-decarboximida (Captan) 500 g kg^{-1} e metil-1-(butilcarbamoil)-2-benzimidazol-carbamato (Benomil) 500 g kg^{-1} nas doses 3g kg^{-1} e 0,4 g kg^{-1} de sementes, respectivamente) e inoculadas com turfa esterilizada com raios gama com $1x10^4$ células viáveis g^{-1}. Após a germinação foram feitos desbastes, para a condução de duas plantas por vaso.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições e sete tratamentos com reguladores vegetais (giberelina, citocinina e auxina isoladas ou em mistura e cloreto de mepiquat também isolado e em mistura com auxina e citocinina). Os tratamentos utilizados foram: T_1 - testemunha; T_2 - GA_3 a 100 mg L^{-1}; T_3 - BAP (benzilaminopurina) a 100 mg L^{-1}; T_4 - IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg

L^{-1}; T_5 - Stimulate® (IBA + GA_3 + cinetina) a 20 mL L^{-1}; T_6 - Cloreto de mepiquat (Cl mep.) a 100 mg L^{-1} e T_7 - Cl mep. a 100 mg L^{-1} + BAP a 100 mg L^{-1} + IBA a 100 mg L^{-1}).

Como fonte dos reguladores vegetais usou-se o Pro-gibb®, produto comercial da Abbott contendo GA_3 (ácido giberélico) a 10%; Stimulate®, produto comercial da Stoller contendo a mistura de IBA (ácido indolilbutírico) a 0,05 g L^{-1}, GA_3 (ácido giberélico) a 0,05 g L^{-1}e cinetina a 0,09 g L^{-1} e PIX®, produto comercial da Basf contendo cloreto de mepiquat a 5%.

Os tratamentos foram aplicados via pulverização foliar, com pulverizador manual (Brudden 1,5 L) equipado com bico cônico, ao longo do ciclo da cultura, aos 43, 74 e 105 dias após a semeadura. As avaliações foram realizadas em 6 épocas a intervalos de 13 dias, 60, 73, 86, 99,112 e 125 dias após a semeadura.

As características avaliadas foram: área foliar (dm^2), teor de clorofila (Spad) e massa de matéria seca (g) após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60º C. Os equipamentos utilizados para mensurar a área foliar e o teor de clorofila foram: Area Meter, modelo LI-3100 da Li-cor Ltda. e Clorofilômetro SPAD-2 da Minolta, respectivamente.

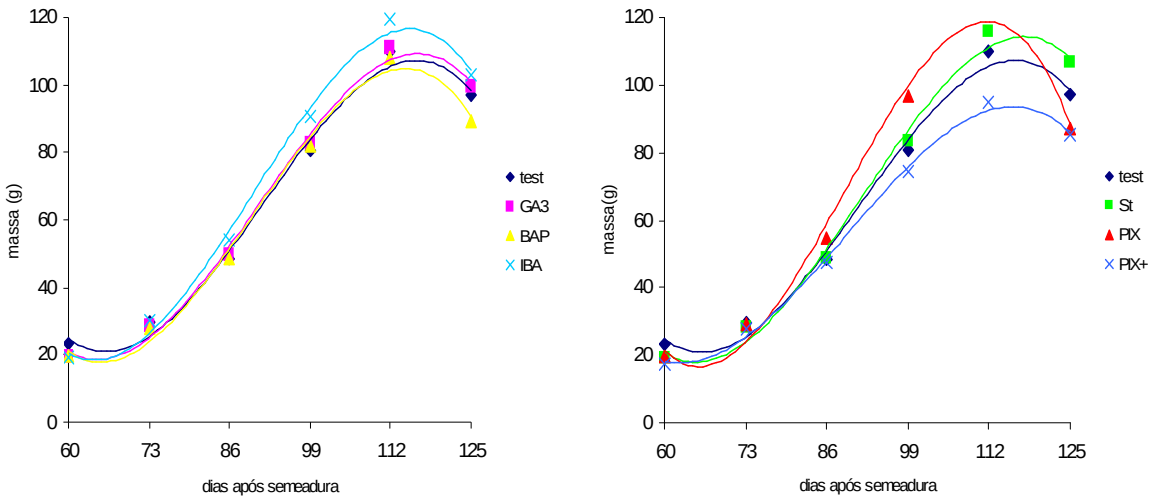
Os dados obtidos foram submetidos à análise de crescimento funcional através do programa computacinal ANACRES, desenvolvido por Portes & Castro (1991) e os resultados foram ajustados pela equação exponencial cúbica. A referida análise é utilizada para avaliar a produtividade vegetal primária ou biológica, que descreve as alterações fisiológicas e morfológicas da planta a cada intervalo de tempo.

Os dados biométricos de massa seca, área foliar e teor de clorofila foram submetidos à análise de variância (teste F) e ajustados em modelo matemático de análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 A e B mostra que a massa de matéria seca total de plantas de soja foi superior ao tratamento controle nas plantas tratadas com IBA, GA_3 e, também, nas tratadas com IBA associado a GA_3 e cinetina (Stimulate®), devido ao maior crescimento das plantas. Isto ocorreu devido ao IBA ter promovido maior crescimento de raízes e o GA_3, maior crescimento do caule. Castro (1981), ao estudar o efeito dos reguladores vegetais sobre o crescimento e produção de soja, verificou que a aplicação de ácido giberélico (100 mg L^{-1}), promoveu aumento da massa seca em relação ao controle.

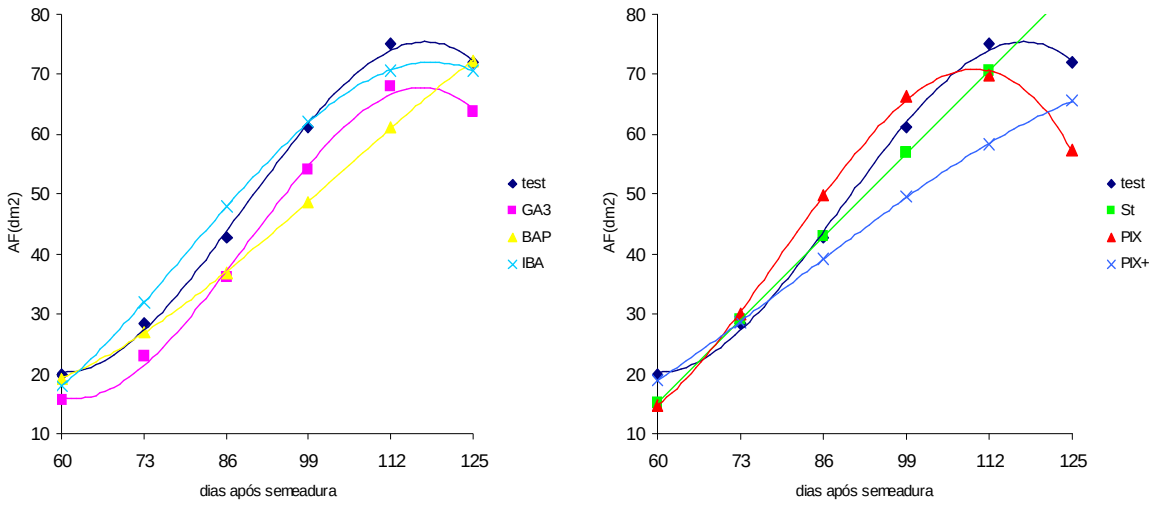
O inibidor da síntese de GA (cloreto de mepiquat), quando aplicado isoladamente, também apresentou matéria seca total superior à testemunha, devido ao maior acúmulo de fotoassimilados promovido pelo aumento da fotossíntese; todavia, quando o cloreto de mepiquat foi associado à auxina e citocinina a matéria seca total das plantas foi reduzida. Lima (2000) observou tendência de crescimento da matéria seca total em plantas de feijão caupi tratadas com 250 mg L^{-1}, aos 80 e 88 dias após a emergência da cultura.



A **B**

Figura 1. Massa de matéria seca de plantas de soja (g), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}. Valores ajustados pela equação exponencial cúbica.

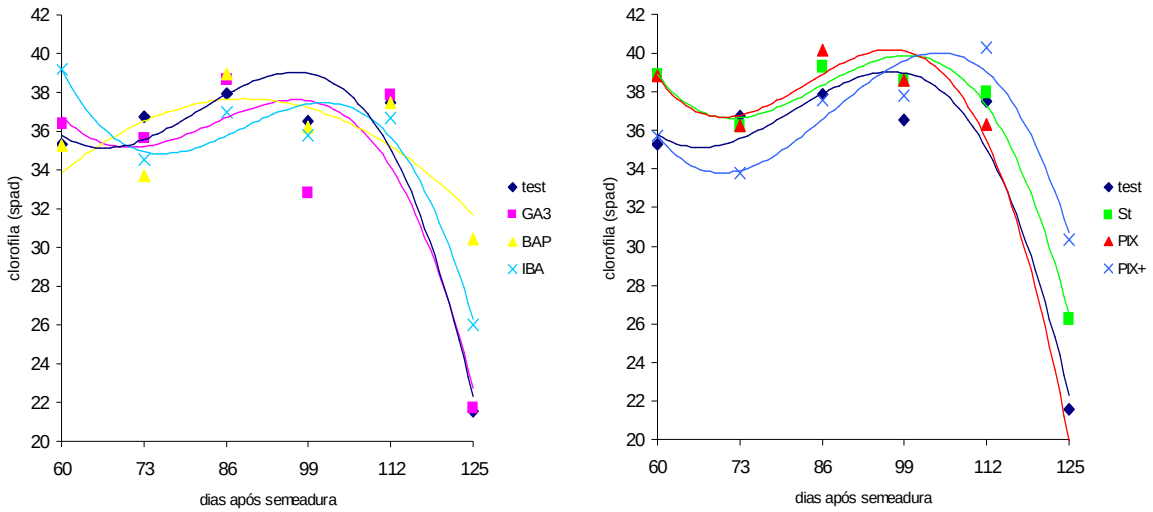
A área foliar, como pode ser observado na Figura 2 A e B, foi pouco influenciada pelos tratamentos quando comparada à testemunha que foi superior, principalmente, quando as plantas foram tratadas com BAP isolada e com cloreto de mepiquat associado ao IBA e BAP. Os tratamentos com IBA e cloreto de mepiquat promoveram aumento na área foliar dos 73 aos 99 dias após a semeadura. O tratamento com cloreto de mepiquat pode ter acelerado o desenvolvimento das plantas, alcançando a área foliar máxima antes do controle. No geral, os reguladores vegetais não influenciaram no aumento da área foliar, entretanto, em alguns períodos foram observadas influências dos tratamentos. Castro (1981) obteve aumento na área foliar de plantas de soja nos tratamentos com IAA e GA_3, entretanto, mesmo com alteração da área foliar, nenhum dos reguladores vegetais utilizados afetaram a produtividade de grãos de soja cv. Davis.



A **B**

Figura 2. Área foliar de plantas de soja - AF (dm^2), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}. Valores ajustados pela equação exponencial cúbica.

A quantidade de clorofila nas folhas está apresentada na unidade (spad) fornecida pelo equipamento utilizado. Pode ser observado que o tratamento com BAP aos 125 dias após a semeadura, manteve alta a quantidade de clorofila nas folhas, quando as plantas dos demais tratamentos já se apresentavam senescentes (Figura 3 A e B). E este resultado que é concordante com Nyitrai (1997) que vem observando em diversos experimentos aumento do conteúdo de clorofila total em plantas tratadas com cinetina. Na Figura 3 A e B, também pode ser observado com menor incidência, a mesma resposta nas plantas tratadas com auxina tanto isolada como associada à giberelina e à citocinina e também naquelas tratadas com cloreto de mepiquat associado à citocinina e à auxina. Estes tratamentos apresentaram maior teor de clorofila que a testemunha devido ao fato das giberelinas e citocininas inibirem a degradação da clorofila e o cloreto de mepiquat inibir a síntese de etileno. Os resultados vem a reforçar ainda mais o fato de que as citocininas tendem a aumentar e manter o teor de clorofila nos vegetais (Figura 3 A).



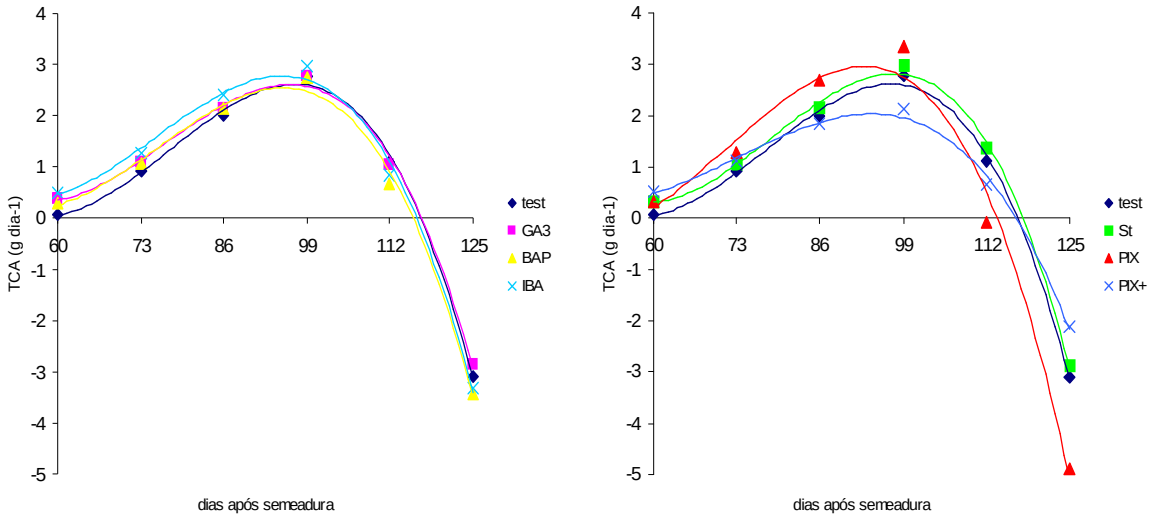
A **B**

Figura 3. Teor de clorofila em folhas de plantas de soja (spad), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}.

Tabela 1. Modelo da função ajustada e R^2 dos tratamentos referentes à figuras 3 teor de clorofila em folhas de plantas de soja em função dos tratamentos com reguladores vegetais.

Tratamento	Modelo (Função ajustada)	R^2
Testemunha	$\hat{y}$= 184,422 - 5,762x + 0,0725x^2 - 0,000294x^3	0,773
GA_3 (Giberelina GA)	$\hat{y}$= 187,919 - 5,709x + 0,0698x^2 - 0,000278x^3	0,737
BA (Citocinina CK)	$\hat{y}$= 1,569 + 0,813x - 0,00458x^2	0,346
IBA (Auxina AX)	$\hat{y}$= 245,149 - 7,395x + 0,0853x^2 - 0,000321x^3	0,764
GA_3 + BA + IBA	$\hat{y}$= 214,788 - 6,539x + 0,0785x^2 - 0,000306x^3	0,750
Cloreto de mepiquat (Inibidor de síntese de GA)	$\hat{y}$= 242,869 - 7,728x + 0,0948x^2 - 0,000378 x^3	0,943
Cloreto de mepiquat + BA +IBA	$\hat{y}$= 218,690 - 6,791x + 0,0809x^2 - 0,000309x^3	0,821
Ethephon (Etileno ET)	$\hat{y}$= 44,645 - 0,0847x	0,452

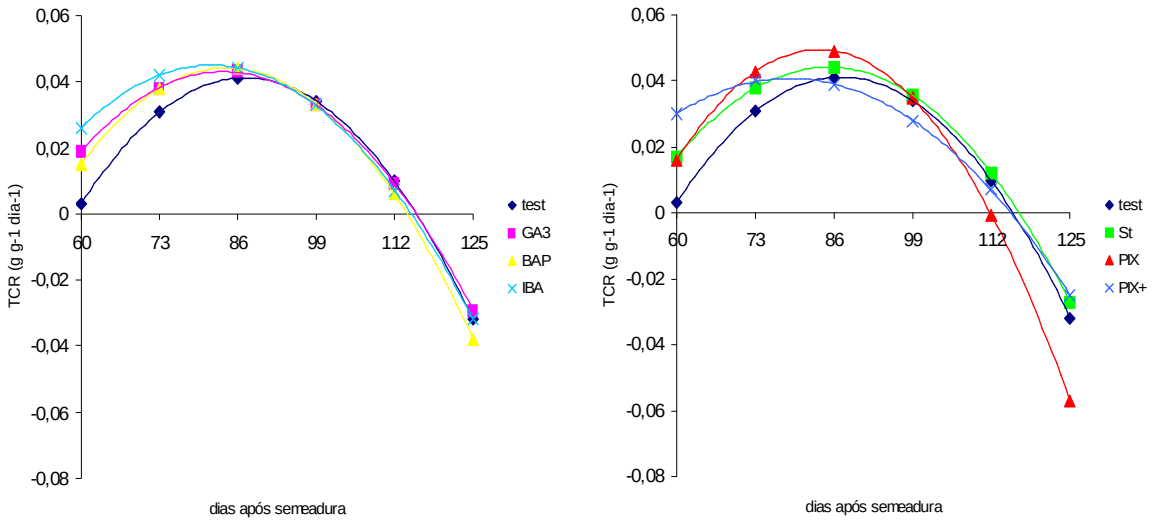
Nas Figuras 4 A e B e 5 A e B observa-se através das medidas executadas a cada 13 dias que a taxa de crescimento absoluto (TCA), que representa a velocidade de crescimento em gramas por dia e a taxa de crescimento relativo (TCR), que representa a velocidade de crescimento a partir das reservas da planta em gramas por dia, foram pouco influenciadas pelos tratamentos, porém houve maior redução no crescimento após os 99 dias da semeadura nas plantas tratadas com cloreto de mepiquat.



A **B**

Figura 4. Taxa de crescimento absoluto de plantas de soja - TCA (g dia^{-1}), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}. Valores ajustados pela equação exponencial cúbica.

Segundo Müller (1981), a soja possui TCR baixa quando comparada à maioria das plantas cultivadas, considerando o seu rendimento durante o ano inteiro, o cultivo da soja alcança apenas 1/9 do rendimento da cana-de-açúcar que é uma planta C_4, todavia, o rendimento em grãos nem sempre está correlacionado com a produção de matéria seca. Para o aumento da produtividade deve haver maior conversão de fotoassimilados em peso de sementes do que em crescimento vegetativo. A análise de crescimento realizada em feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) apresentou aumento na taxa de crescimento relativo (TCR) e na taxa assimilatória líquida (TAL) com a aplicação de 250 mg L^{-1} de cloreto de mepiquat, durante a fase reprodutiva da cultura (Lima, 2000).



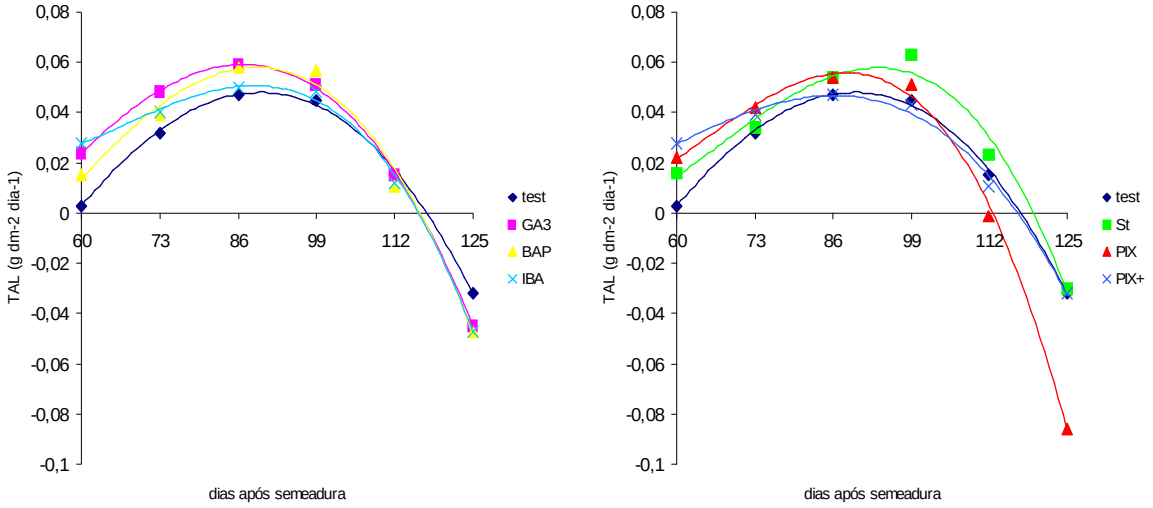
A **B**

Figura 5. Taxa de crescimento relativo de plantas de soja - TCR (g g^{-1} dia^{-1}), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}. Valores ajustados pela equação exponencial cúbica.

A taxa fotossintética líquida em termos de massa de matéria seca produzida é apresentada na Figura 6 A e B, conhecida como TAL ou taxa assimilatória líquida ela foi mensurada em gramas por decímetro quadrado a cada 13 dias. Da mesma forma que as taxas de crescimento absoluto e relativo, a TAL apresentou algumas respostas aos tratamentos ao final do experimento, quando ocorreu redução da fotossíntese líquida nas plantas tratadas com cloreto de mepiquat. Provavelmente, a redução das taxas de crescimento foram antecipadas pela redução da fotossíntese líquida nesse tratamento após 99 dias da semeadura.

Os tratamentos com GA_3, BAP, IBA e, principalmente, com cloreto de mepiquat, apresentaram TAL superior à testemunha, até aos 99 dias após a semeadura. O tratamento com Stimulate® (IBA + GA_3 + cinetina), apresentou TAL superior até o final do ciclo das plantas. Nesses tratamentos a matéria seca total das plantas também foi superior à testemunha, provavelmente, isso ocorreu em função da TAL. Ono (2002) observou discreto aumento na TAL em plantas de alfafa tratadas com GA_3 até os 76

dias após emergência das plantas. Lima (1990) também obteve resultados semelhantes em arroz tratado com giberelina.



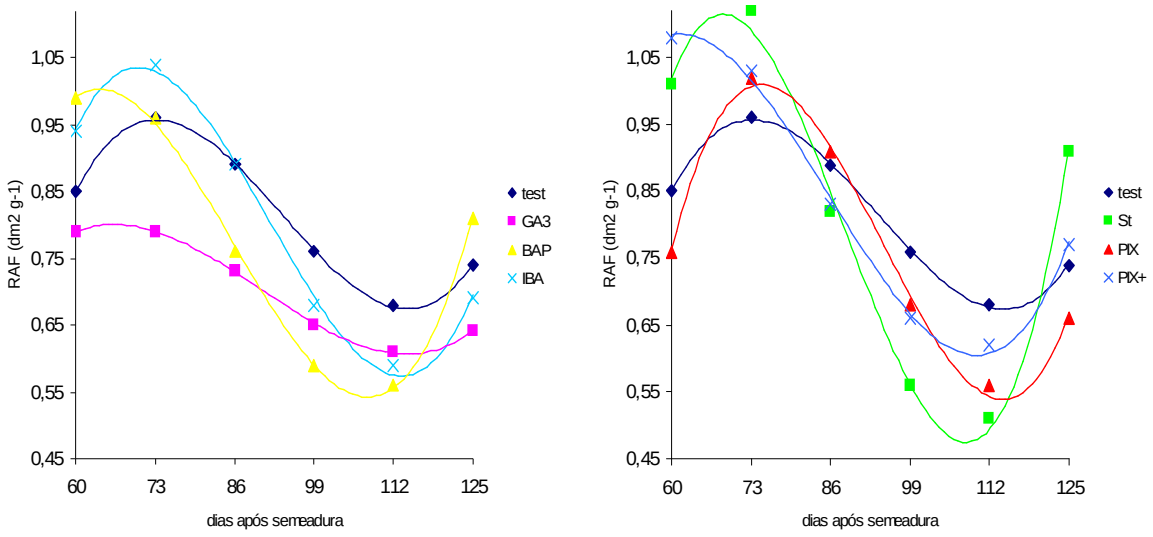
A **B**

Figura 6. Taxa assimilatória líquida de plantas de soja - TAL (g dm^{-2} dia^{-1}), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}. Valores ajustados pela equação exponencial cúbica.

Na Figura 7 A e B é possível observar que a razão de área foliar (RAF), área foliar responsável pela produção de 1 g de massa seca vegetal, foi reduzida em todos os tratamentos com relação a testemunha a partir do 86º dia após o plantio e, anteriormente à essa data, superior em todos os tratamentos com exceção apenas no tratamento com ácido giberélico (GA_3). Os tratamentos com IBA, cloreto de mepiquat + BAP + IBA e Stimulate® (IBA + GA_3 + cinetina) apresentaram RAF superior à testemunha até 86 dias após o plantio, sendo que os tratamentos com cloreto de mepiquat + BAP + IBA e Stimulate® aos 125 dias após a semeadura também apresentaram RAF superior à testemunha.

O tratamento com BAP teve a RAF superior à testemunha até 73 dias após a semeadura e também no 125º dia. Já o tratamento com cloreto de mepiquat apresentou RAF superior à testemunha entre o período de 73 a 86 dias após a semeadura. Lima

(2000), ao trabalhar com reguladores vegetais em feijão cupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), verificou aumento na razão de área foliar nos tratamentos com giberelina; resultado este, diferente dos encontrados nesse experimento, que apresentou RAF inferior à testemunha durante todo o ciclo das plantas. Não é possível encontrar correlação da RAF com a massa seca total nos tratamentos observados; talvez isso se explique devido à maior eficiência do aparelho fotossintético independente da área foliar ou da translocação de fotoassimilados.

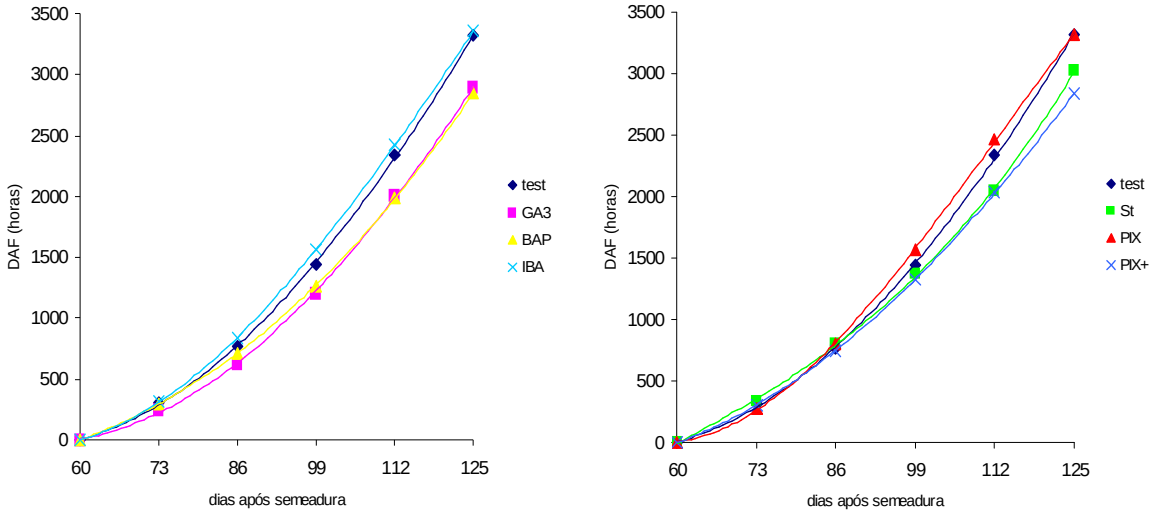


A **B**

Figura 7. Razão de área foliar de plantas de soja - RAF (dm^2 g^{-1}), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}. Valores ajustados pela equação exponencial cúbica.

A duração de área foliar ou longevidade das folhas, apesar de ter sido pouco influenciada pelos tratamentos, foi levemente inferior à testemunha em quase todos os tratamentos, com exceção daqueles efetuados com IBA e com cloreto de mepiquat (Figura 8 A e B). Esse resultado também é semelhante quando é analisada a massa seca total das plantas (Figura 1 A e B) e a área foliar (Figura 2 A e B), onde observa-se pequena superioridade desses dois tratamentos com relação à testemunha. Essas

observações sugerem que a longevidade foliar pode estar correlacionada com a produção de massa seca vegetal.



A **B**

Figura 8. Duração de área foliar em plantas de soja - DAF (horas), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}. Valores ajustados pela equação exponencial cúbica.

Quando observa-se a área foliar específica (AFE), que correlaciona a superfície da folha com a massa seca da própria folha, pode-se verificar pouca alteração em função dos tratamentos, sendo que ocorreu apenas redução no aumento da curva no final do ciclo da planta com a aplicação de cloreto de mepiquat associado ao IBA e BAP e um pequeno aumento entre 60 e 99 dias após a semeadura com aplicação de IBA (Figura 9 A e B). Em arroz (*Oryza sativa* (L.) cv. IAC 4440) foi observado aumento na área foliar específica de plantas tratadas com giberelinas (Lima, 1990).

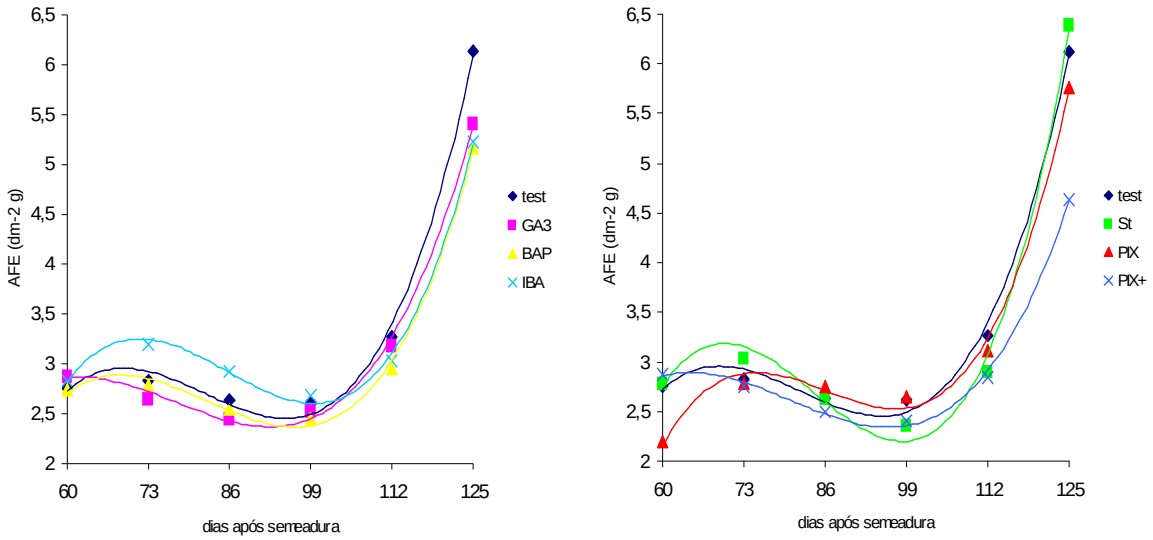


Figura 9. Área foliar específica de plantas de soja - AFE (dm^{-2} g), em função dos tratamentos: (A) Testemunha, GA_3, BAP (benzilaminopurina) e IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; (B) Testemunha, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) a 20 mg L^{-1} e PIX® (cloreto de mepiquat) e PIX®+ (cloreto de mepiquat + BAP + IBA) a 100 mg L^{-1}. Valores ajustados pela equação exponencial cúbica.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nas condições experimentais apresentadas pode-se concluir que:-

- Os tratamentos com IBA, isolado ou associado à cinetina e GA_3, e o tratamento com cloreto de mepiquat promoveram aumento na massa seca total das plantas;

- A área foliar foi reduzida na maioria dos tratamentos com reguladores vegetais, principalmente, quando estas foram tratadas com GA_3 e cloreto de mepiquat + IBA + BAP;

- O teor de clorofila foi superior à testemunha após 112 dias da semeadura nos tratamentos com IBA, BAP, Stimulate® (GA_3 + IBA + cinetina) e cloreto de mepiquat + IBA + BAP e

- O cloreto de mepiquat diminuiu as taxas de crescimento absoluto e relativo, além da taxa assimilatória líquida a partir dos 99 dias do plantio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENICASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas*: Noções básicas. Jaboticabal: Funep, 2003. 41 p.

CASTRO, P. R. C. Análise de crescimento do amendoinzeiro (*Arachis hipogaea* L.) com relação à infestação de pragas. *Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz"*. v. 31, p. 207 - 15, 1974.

CASTRO, P. R. C. Análise de crescimento e produção da soja (*Glicine max* cv.Davis) sob efeito de fitorreguladores. *Ciênc. Cult.*, São Paulo, v. 33, p. 1346 - 9, 1981.

CASTRO, P. R. C.; CATO, S. C.; VIEIRA, E. L. Biorreguladores e bioestimulantes em feijoeiro. CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. *Aplicação de reguladores vegetais na agricultura tropical*. Guaiba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. p. 55 - 62.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. Biorreguladores e bioestimulantes na cultura do milho. FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Milho: *Estratégias de manejo para alta produtividade*. Piracicaba, 2003. p. 99 - 115.

COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. Citoqininas. In: COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. *Fisiología Vegetal* Madrid: Ediciones Pirámide, 2001. p. 342 - 55.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 1999.

LIMA, G. P. P. *Efeito do ácido giberélico e etileno em alguns aspectos bioquímicos e fisiológicos de plantas de arroz* (*Oryza sativa* L. cv. IAC 4440) *cultivadas "in vitro"*. 1990. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu.

LIMA, L. M. L. de. *Ação de fitorreguladores no desenvolvimento de plantas de feijão caupi* (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). 2000. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu.

MÜLLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. *A soja no Brasil*. 1.ed. Brasil, 1981. p. 109 - 68.

NYITRAI, P. Development of Functional Thylakoid Membranes: Regulation Light and Hormones. In: PESSARAKLI, M. *Handbook of plant and crop physiology*. New York: Marcel Dekker, 1997. P. 391 - 403.

ONO, E. O. *Reguladores vegetais sobre o desenvolvimento de plantas de alfafa* (*Medicago sativa* L.). 2002. 143f. Tese (Livre Docência em Fisiologia Vegetal) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu.

PORTES, T. A.; CASTRO JR., L. G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. *Rev. Bras. Fisiol. Vegetal*, v. 3, n. 1, p. 53 - 6, 1991.

RADEMACHER, W. Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways. Annu. Ver. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., v. 51, p. 501 - 31, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Auxina: o hormônio de crescimento. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 449 - 84.

VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L). In: VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. *Feijão Irrigado Tecnologia & Produtividade*. 2003. p. 73 - 100.

09 - CAPÍTULO V
DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE SOJA EM RESPOSTA AOS REGULADORES VEGETAIS.

DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE SOJA EM RESPOSTA AOS REGULADORES VEGETAIS

Marcelo Ferraz de Campos[1]

Elizabeth Orika Ono[2]

RESUMO - Com o objetivo de estudar a influência dos reguladores vegetais em plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) foi realizado o experimento em casa de vegetação do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP, com a cultivar semi-precoce BRS-184. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições e oito tratamentos (testemunha; GA_3 100 mg L^{-1}; BAP 100 mg L^{-1}; IBA 100 mg L^{-1}; Stimulate® (IBA + GA_3 + cinetina) 20 mL L^{-1}; cloreto de mepiquat 100 mg L^{-1}; cloreto de mepiquat 100 mg L^{-1} + BA 100 mg L^{-1} + IBA 100 mg L^{-1} e ethephon 600 mg L^{-1}. Foram realizadas três aplicações via foliar aos 43, 74 e 105 dias após a semeadura. As plantas de soja foram cultivadas em vasos de 10 litros com terra adubada e irrigada periodicamente. Após 125 dias da semeadura, foi possível observar que o tratamento com GA_3 promoveu maior crescimento em altura das plantas e altura da primeira vagem. Quanto ao cloreto de mepiquat e, principalmente, o ethephon, proporcionaram prolongamento significativo no ciclo da cultura. O ethephon também foi responsável pelo maior desenvolvimento das raízes, aumento na ramificação e no número de vagens, além de produzir maior quantidade de massa caulinar, todavia, com menor altura das plantas. Não foi encontrado efeito dos reguladores vegetais com relação ao teor de proteínas, açúcares redutores e açúcares totais.

Palavras-chave: *Glycine max*, biorreguladores, retardadores de crescimento.

Autores:

[1] UNESP - Universidade Estadual Paulista, Departamento de Botânica, Engº. Agrº. MSc./Doutorando, Instituto de Biociências, 18.618-000, Botucatu, SP, e-mail: mfecamp@ig.com.br.

[2] UNESP - Universidade Estadual Paulista, Departamento de Botânica, Profª Adjunta/Livre-Docente, Instituto de Biociências, 18.618-000, Botucatu, SP, e-mail: eoono@ibb.unesp.br.

SOYBEAN PLANT DEVELOPMENT IN RESPONSE TO THE VEGETAL REGULATORS

ABSTRACT – Aiming to study the influence of plant growth regulators in soybean plants (*Glycine max* (L.) Merrill) an experiment was carried out at the greenhouse of the Botanic Department, Bioscience Institute, University of the Sao Paulo State – UNESP, campus of Rubiao Junior, Botucatu, Brazil, with a early late BRS-184 cultivar. The used experimental delineation was completely randomized block with three replications and eight treatments (control; GA_3 100 mg L^{-1}; BAP 100 mg L^{-1}; IBA 100 mg L^{-1}; Stimulate® (IBA + GA_3 + kinetin) 20 mL L^{-1}; mepiquat chloride 100 mg L^{-1}; mepiquat chloride 100 mg L^{-1} + BA 100 mg L^{-1} + IBA 100 mg L^{-1} and ethephon 600 mg L^{-1}. Three foliar applications were made in the 43rd, 74th and 105th days after sowing. The soybean plants were cultivated in 10-litre pots with fertilized and periodically irrigated soil. A hundred-twenty-five days aftersowing, it was possible to observe that the treatment with GA_3 caused a higher growth, with regard to the height of the plants and the first pod. In relation to mepiquat chloride and, particularly, to ethephon, they allowed a significative prolongation of the cultivation cycle. The ethephon was also responsible for the highest root development, ramification increase, and the number of pods, besides the production of the highest quantity of stem mass, although, with the smallest height of the plants. It has not been found the vegetal regulator effects in regard with the protein, reducer sugars and total sugar content.

Keywords: *Glycine max*, bio-regulators, growth inhibitors.

INTRODUÇÃO

Devido a importância da cultura da soja, tem sido realizados diversos trabalhos sobre seus aspectos culturais; dentre esses trabalhos os estudos com reguladores vegetais vem a contribuir com o desenvolvimento das plantas e melhorar suas características biológicas e agronômicas.

Os vegetais produzem moléculas sinalizadoras, os hormônios vegetais, responsáveis por efeitos no desenvolvimento. Até pouco tempo, acreditava-se que o desenvolvimento fosse regulado apenas pelas auxinas, giberelinas, citocininas, etileno e ácido abscísico. Entretanto, atualmente, há fortes evidências indicando que os brassinosteróides produzem efeitos morfológicos no desenvolvimento vegetal (Taiz & Zeiger, 2004).

Leite (1998), ao trabalhar com giberelina e citocinina em soja, verificou que a aplicação, via foliar, de GA_3 na fase vegetativa, associada ou não à aplicação de citocinina, proporcionou maior crescimento de plantas, com aumento na altura do primeiro nó e nos ramos laterais.

Em feijoeiro 'Carioca', Castro et al. (1990), ao trabalhar com a aplicação de giberelina, auxina e retardantes vegetais, verificaram que plantas tratadas com giberelinas apresentaram maior crescimento e maior número de folhas desenvolvidas; já a auxina (NAA) e retardantes vegetais mostraram diminuir o desenvolvimento da planta.

Nos parâmetros bioquímicos, Lima (1990), ao trabalhar com arroz, verificou que plantas tratadas com giberelina apresentaram maior teor de açúcares redutores em folhas

e raízes e maior teor de proteínas nas raízes e o tratamento com ethephon proporcionou aumento no teor de proteínas em folhas e raízes.

Estudos sobre o efeito do etileno no metabolismo de CO_2 têm apresentado resultados conflitantes e não é claro o seu efeito no controle fotossintético Em mostarda (*Brassica juncea*) a concentração crescente da aplicação de ethephon até 1,5 mM, promoveu aumento na taxa fotossintética, condutância estomática e atividade da anidrase carbônica (CA); no entanto, na concentração de 3,0 mM ocorreu inibição. Já a atividade da enzima ácido aminociclopropano carboxílico sintase (ACCS) e a síntese de etileno aumentaram com concentrações crescentes de ethephon (Khan, 2004).

O objetivo do trabalho foi estudar a influência da aplicação via foliar de reguladores vegetais no desenvolvimento das plantas, na produtividade econômica e na qualidade dos grãos de soja (*Glycine max* cv. BRS 184).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista - UNESP, município de Botucatu (SP) no ano agrícola 2003/4. A cultivar de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) escolhida foi a BRS-184, semi-precoce, decorrente do cruzamento da 'FT Guaíra' e 'IAC-13-C', indicada para o estado de São Paulo e Paraná, que apresenta bom crescimento, ramificação e boa resistência à doenças, sendo indicada para solos de média a alta fertilidade. As sementes foram tratadas com fungicida (N-triclorometiltio-4 cicloexano-1,2-decarboximida (Captan) 500 g kg^{-1} e metil-1-(butilcarbamoil)-2-benzimidazol-carbamato (Benomil) 500 g kg^{-1} nas doses 3g kg^{-1} e 0,4 g kg^{-1} de sementes, respectivamente) e inoculadas com turfa esterilizada com raios gama com $1x10^4$ células viáveis g^{-1}. Após a germinação

foram feitos desbastes, para a condução de duas plantas por vaso em ambiente protegido.

A terra coletada da camada arável de solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (Embrapa, 1999), foi adubada com 20 mg dm^{-3} de N; 200 mg dm^{-3} de P e 100 mg dm^{-3} de K + 10% do volume da terra de esterco de curral, após, ter sido corrigido com 1 g dm^{-3} de calcário dolomítico, conforme as recomendações da análise do solo.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições e oito tratamentos (giberelina, citocinina e auxina isoladas ou em mistura, retardante da síntese de giberelina (cloreto de mepiquat) e ethephon). Os tratamentos foram: T_1 - testemunha; T_2 - GA_3 a 100 mg L^{-1}; T_3 - BAP (benzilaminopurina) a 100 mg L^{-1}; T_4 - IBA (ácido indolilbutírico) a 100 mg L^{-1}; T_5 - Stimulate® (IBA + GA_3 + cinetina) a 20 mL L^{-1}; T_6 - cloreto de mepiquat a 100 mg L^{-1}; T_7 - cloreto de mepiquat a 100 mg L^{-1} + BAP a 100 mg L^{-1} + IBA a 100 mg L^{-1} e T_8 - ethephon a 600 mg L^{-1}.

Como fonte dos reguladores vegetais foram utilizados para giberelina o produto comercial Pro-gibb® da Abbott, com GA_3 a 10%; BAP (6-benzilaminopurina) p.a. como fonte de citocinina; IBA (ácido 4-(3-indolil) butírico) p.a. para auxina; Stimulate®, produto comercial da Stoller contendo a mistura de cinetina a 0,09 g L^{-1}, GA_3 a 0,05 g L^{-1} e IBA a 0,05 g L^{-1}; PIX®, produto comercial da Basf contendo cloreto de mepiquat a 5% e Ethrel®, produto comercial da Rhodia contendo ethephon (ácido 2 - cloroetil fosfônico) a 240 g L^{-1}.

Os tratamentos juntamente com adjuvante não iônico foram aplicados via pulverização foliar ao longo do ciclo da cultura, aos 43, 74 e 105 dias após a semeadura.

As plantas de todos os tratamentos e repetições foram coletadas aos 125 dias após a semeadura para determinação das características biométricas como altura de plantas (cm), número de ramificações, altura da 1ª vagem (cm), área foliar (cm^2), número de folhas, teor de clorofila (Spad), massa seca de raízes (g), massa seca de caule (g), massa seca de folhas (g), massa seca de vagens (g), massa seca de grãos (g), número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa volumétrica ($g\ L^{-1}$), % de água dos grãos, massa de grãos a 13% de umidade (g), massa de grãos por planta (g), % de nitrogênio, teor de proteínas (%), lipídios (%), açúcares redutores e açúcares totais de grãos (%).

As medidas de massa foram realizadas com balança semi-analítica de precisão, a área foliar foi avaliada através de Area Meter, modelo Li-3100 da Li-cor Ltda. e o teor de clorofila das folhas foi avaliado com clorofilômetro SPAD-2 da Minolta.

Também foram realizadas análises laboratoriais para determinar o teor de nitrogênio e proteínas, através do método de Kjeldah (Instituto Adolfo Lutz, 1951), a % de lipídios pelo método de Bligh & Dyer (Bligh & Dyer, 1959) e açúcares solúveis redutores e totais pelo método de Somogy-Nelson (Nelson, 1944).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F) e a comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados observados no decorrer do ensaio, permitem verificar a influência que os reguladores vegetais exercem sobre o desenvolvimento dos vegetais e, principalmente, na cultura da soja.

A Tabela 1 apresenta os resultados da altura das plantas onde a giberelina foi responsável pela maior altura de plantas que os demais tratamentos, principalmente, quando aplicada isoladamente. Essa maior altura de plantas promovida pelo GA_3, teoricamente poderia melhorar a colheita mecânica das plantas, no entanto, o alto crescimento das plantas provocou o seu acamamento, podendo sugerir a redução na concentração de GA_3 e, assim, evitar o crescimento excessivo das plantas.

Os tratamentos com cloreto de mepiquat, cloreto de mepiquat + BAP + IBA e ethephon, apesar de, apresentarem altura de plantas menores que a testemunha e os demais tratamentos, não diferiram estatisticamente.

Tabela 1. Altura de plantas (cm), número de ramificações, altura da 1ª vagem (cm), área foliar (cm^2), número de folhas e teor de clorofila (Spad) em plantas de soja em função dos tratamentos com reguladores vegetais aos 125 dias após a semeadura.

Tratamento	Altura de plantas (cm)	Número de ramificações	Altura da 1ª vagem (cm)	Área foliar (cm^2)	Número de folhas	clorofila (spad)
Testemunha	87,17 b	7,67 b	16,97 a	7462,48 a	150,00 a	21,53 b
GA_3	155,17 a	8,33 b	21,63 a	6755,82 a	161,00 a	21,70 b
BAP	81,67 b	7,83 b	17,88 a	7386,71 a	131,83 a	30,47 ab
IBA	91,42 b	9,83 b	12,75 ab	7581,63 a	156,00 a	26,03 ab
GA_3+IBA+cinetina	93,42 b	8,50 b	15,38 ab	10309,26 a	212,50 a	26,30 ab
Cl. mepiquat	79,00 b	7,17 b	15,95 ab	6079,34 a	118,17 a	19,73 b
Cl mep.+IBA+BAP	78,38 b	8,00 b	15,50 ab	6975,17 a	131,33 a	30,33 ab
ethephon	77,78 b	16,00 a	9,50 b	6149,19 a	178,00 a	33,63 a
DMS	30,63	4,84	9,91	4778,02	121,03	9,13
C. V. (%)	11,64	21,11	22,31	23,02	27,63	12,31

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

É possível observar que o etileno foi responsável pelo grande aumento na ramificação, mesmo com a altura reduzida das plantas. Tancredi et al. (2004), ao remover 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, que foi responsável pela resposta fisiológica.

A altura da primeira vagem foi inferior nas plantas tratadas com etileno em comparação à testemunha e o crescimento dessas plantas também foi inferior. A testemunha e os tratamentos com GA_3 e BAP foram aqueles que apresentaram maior altura da primeira vagem, principalmente, o tratamento com GA_3, responsável pela maior altura. O tratamento com BAP e a testemunha apresentaram a mesma altura da primeira vagem que o tratamento com GA_3, entretanto não promoveram o crescimento excessivo das plantas em altura.

O teor de clorofila nas folhas de plantas de soja tratadas com ethephon foi superior à testemunha, GA_3 e cloreto de mepiquat. Silveira et al. (2003) encontraram correlação direta do teor de clorofila com a produtividade de grãos de feijão e essa correlação estava diretamente ligada a adubação nitrogenada.

Nesse trabalho, o maior número de vagens (Tabela 3) encontrado foi no tratamento com ethephon, seguido pelo tratamento com IBA e GA_3 cujo teor de clorofila foi superior. Os menores teores de clorofila encontrados foram nos tratamentos com GA_3, cloreto de mepiquat e na testemunha, que com exceção do tratamento com GA_3, apresentaram o menor número de vagens.

Quanto a área foliar e número de folhas não foram encontradas respostas significativas, todavia a combinação de GA_3, cinetina e IBA tenderam a aumentar a área foliar e o número de folhas (Tabela 1). Ngatia et al. (2003) observaram redução da área foliar com a aplicação de ethephon aos 28 dias após a emergência das plantas.

Quando verifica-se as massas da matéria seca dos órgãos separados das plantas de soja é possível observar que o ethephon foi responsável pelo aumento do desenvolvimento radicular, o que contradiz a literatura que afirma ser o etileno potente inibidor do crescimento de raízes (Tabela 2). Os tratamentos com cloreto de mepiquat isolado ou associado a BAP e IBA, assim como as plantas tratadas com BAP isolado,

levaram ao menor desenvolvimento do sistema radicular. Em plantas de ervilha a aplicação de BAP foi responsável pela redução na nodulação em raízes, Lorteal et al. (2001) afirmam que a aplicação de BAP estimula a produção de etileno, responsável pela redução na nodulação e na produção.

Tabela 2. Massa seca de raiz, caule e folhas (g) de plantas de soja em função dos tratamentos com reguladores vegetais aos 125 dias após a semeadura.

Tratamento	Massa seca de raiz (g)	Massa seca de caule (g)	Massa seca de folhas (g)
Testemunha	18,34 ab	20,29 c	11,78 a
GA_3	17,32 ab	27,30 b	11,75 a
BAP	15,33 b	19,54 c	14,05 a
IBA	21,50 ab	21,58 bc	13,87 a
GA_3+IBA+cinetina	27,96 ab	22,71 bc	15,90 a
Cloreto de mepiquat	16,51 b	16,64 c	10,32 a
Cl mep.+IBA+BAP	12,45 b	19,27 c	14,49 a
ethephon	34,92 a	34,30 a	14,18 a
DMS	17,84	6,47	8,01
C. V. (%)	30,70	10,07	21,31

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação a massa seca de caule pode-se observar que apesar da menor altura de plantas ter sido observada no tratamento com ethephon, o mesmo produziu a maior massa seca, sendo seguido pelo tratamento com GA_3. A menor produção de massa seca caulinar foi observada na testemunha e nos tratamentos com cloreto de mepiquat (Tabela 2).

A massa seca de folhas não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, o que talvez possa ser explicado devido as plantas estarem no final de ciclo e com as folhas senescentes (Tabela 2); no entanto, o tratamento com a mistura de GA_3 + IBA + cinetina tenderam a apresentar maior massa seca de folhas.

Com relação à produção de vagens e grãos, a Tabela 3 apresenta os dados de número de vagens por plantas, onde observa-se quantidade superior no tratamento com ethephon e menor na testemunha, no tratamento com BAP, com cloreto de mepiquat isolado ou em mistura.

Tabela 3. Número de vagens por planta, massa seca de vagens (g), número de grãos por vagem e massa volumétrica de grãos (g L^{-1}) de plantas de soja em função de reguladores vegetais aos 125 dias após a semeadura.

Tratamento	Número de vagens / planta	Massa seca de vagens (g)	Número de grãos / vagem	Massa volumétrica de grãos (g L^{-1})
Testemunha	123,17 b	47,07 a	2,22 a	534,80 a
GA_3	138,83 ab	43,40 a	2,05 a	512,63 a
BAP	128,00 b	40,97 a	2,17 a	505,87 a
IBA	145,67 ab	47,63 a	2,15 a	504,69 a
GA_3+IBA+cinetina	133,67 b	42,56 a	2,26 a	508,07 a
Cloreto de mepiquat	118,50 b	45,20 a	2,03 a	539,22 a
Cl mep.+IBA+BAP	119,00 b	40,98 a	2,16 a	514,97 a
ethephon	176,00 a	10,67 b	2,23 a	410,75 b
DMS	38,71	17,11	0,28	72,02
C. V. (%)	10,11	15,19	4,59	5,05

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Também pode ser verificado que a massa seca de vagens, a massa volumétrica de grãos (Tabela 3), e a massa de grãos seca ou corrigida na umidade comercial (Tabela 4) são bastante inferiores no tratamento com ethephon. Esse resultado é explicado devido ao prolongamento no ciclo da cultura quando as plantas foram tratadas com este regulador vegetal. No momento da colheita, as plantas dos demais tratamentos já apresentavam-se em senescência, com as vagens totalmente desenvolvidas e coloração amarelada. No tratamento com ethephon as plantas ainda, encontravam-se verdes, como é possível observar através do alto teor de clorofila (Tabela 1), e suas vagens ainda apresentavam-se pouco desenvolvidas. É possível confirmar isso ao observar a porcentagem de água dos grãos, que é superior nesse tratamento (Tabela 4). Em algodão tratado com cloreto de mepiquat, Lamas et al. (1999) conseguiram proporcionar aumento no peso de 100 sementes e no peso médio de capulhos. Ngatia et al. (2003) observaram que a aplicação de ethephon aos 14 dias após a emergência de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), aumentou a massa de 100 sementes, todavia, ocorreu redução das mesmas quando a substância foi aplicada aos 28 dias, além de reduzir o

número de vagens por planta e o número de sementes por vagens. Ao verificar-se o número de grãos por vagens (Tabela 3), não há diferença significativa entre os tratamentos, o que significa que a quantidade de grãos já estava definida em todos os tratamentos.

Tabela 4. Massa seca de grãos por planta (g), % de água dos grãos e massa de grãos a 13% de umidade (g) em função de reguladores vegetais aos 125 dias após a semeadura.

Tratamento	Massa seca de grãos (g)	% de água dos grãos	Massa de grãos a 13% de umidade (g)
Testemunha	33,05 a	55,67 b	40,53 a
GA_3	28,40 a	59,56 b	35,21 a
BAP	27,71 a	59,00 b	34,22 a
IBA	31,54 a	59,07 b	38,98 a
GA_3+IBA+cinetina	28,04 a	60,21 b	34,26 a
Cloreto de mepiquat	30,93 a	52,49 b	38,24 a
Cl mep.+IBA+BAP	27,79 a	57,88 b	36,01 a
ethephon	4,38 b	77,22 a	5,57 b
DMS	14,10	12,69	18,26
C. V. (%)	19,21	7,46	19,63

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto a quantidade de nitrogênio, proteínas, açúcares redutores e açúcares totais nos grãos de soja não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 5). Nascimento & Mosquim (2004) encontraram em sistema artificial de cultivo, maior teor de proteínas em sementes de soja quando essas foram tratadas com auxina (NAA) e citocinina (BA) tanto em tratamento isolado como combinado. Foi verificada inferioridade na porcentagem de lipídios no tratamento com ethephon, todavia, não é possível afirmar que esse tratamento reduziu a quantidade dessa substância, devido ao prolongamento do ciclo da cultura nesse período onde o acúmulo de lipídios talvez, não estivesse completado (Tabela 5).

Tabela 5. Porcentagem de nitrogênio, porcentagem de proteínas, porcentagem de lipídios, porcentagem de açúcares redutores e porcentagem de açúcares totais em grãos de soja em função de reguladores vegetais aos 125 dias após a semeadura.

Tratamento	% de nitrogênio	% de proteínas	% de lipídios	% de açucares redutores	% de açucares totais
Testemunha	6,05 a	37,83 a	16,78 a	0,44 a	17,70 a
GA_3	6,08 a	38,02 a	16,31 a	0,40 a	33,64 a
BAP	5,99 a	37,46 a	16,05 a	0,52 a	20,14 a
IBA	6,27 a	39,21 a	14,78 a	0,48 a	20,62 a
GA_3+IBA+cinetina	6,17 a	38,58 a	15,40 a	0,31 a	15,53 a
Cloreto de mepiquat	6,04 a	37,73 a	15,49 a	0,32 a	19,32 a
Cl mep.+IBA+BAP	5,89 a	36,79 a	16,50 a	0,34 a	22,29 a
ethephon	5,79 a	36,19 a	8,49 b	0,38 a	11,36 a
DMS	0,86	5,36	2,07	0,40	19,67
C. V. (%)	5,02	5,02	4,88	35,18	34,63

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

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

- O tratamento com GA_3 promoveu maior crescimento em altura das plantas e maior altura da primeira vagem, o que teoricamente favorece a colheita dessas plantas;

- O cloreto de mepiquat e o ethephon inibiram o crescimento das plantas e prolongaram o ciclo da planta, principalmente o ethephon e

- O tratamento com ethephon apresentou maior matéria seca de raízes, maior teor de clorofila, aumento no número de ramificações, no número de vagens e matéria seca de caule, todavia, com menor altura de plantas e menor altura da primeira vagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLIGH, E. G., DYER, W. J. A rapid method of lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, v. 37, n. 911, 1959.

CASTRO, P. R. C.; APPEZZATO, B.; LARA C., W. A. R.; PELISSARI, A.; PEREIRA, M.; MEDINA M., J. A.; BOLONHEZI, A. C.; SILVEIRA, J. A. G. Ação de reguladores vegetais no desenvolvimento, aspectos nutricionais, anatômicos e na produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* cv. Carioca). *An. Esalq*, Piracicaba, v. 47 (parte 1), p. 11 - 28, 1990.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro, 1999.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ, Métodos de análises bromatológicas (Análises Químicas). *Laboratório de saúde pública*, SP. 1951. P. 751.

KHAN, N. An evaluation of the effects of exogenous ethephon, an ethilene releasing compound, on photosynthesis of mustard (*Brassica juncea*) cultivars that differ in photosynthetic capacity. *BMC Plant Biology*, v. 4, n. 21, 2004.

LAMAS, F. M.; ATHAYDE, M. L. F.; BANZATTO, D. A.; FORTUNA, P. de A. Cloreto de mepiquat, thidiazuron e ethephon aplicados no algodoeiro em Ponta Porã, MS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, n. 10, 1999.

LORTEAL, M. A.; FERGUSON, B. J.; GUINEL, F. C. Effects of cytokinin on ethylene production and nodulation in pea (*Pisum sativum*). *Physiologia Plantanarum*, Waterloo, v.112, n. 3, p. 421, 2001.

LEITE, V. M. *Crescimento e desenvolvimento da soja em função da aplicação de giberelina e citocinina*. Botucatu, 1998. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu.

LIMA, G. P. P. *Efeito do ácido giberélico e etileno em alguns aspectos bioquímicos e fisiológicos de plantas de arroz* (*Oryza sativa* L. cv. IAC 4440) *cultivadas "in vitro"*. 1990. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu.

NASCIMENTO, R. do; MOSQUIM, P. R. Crescimento e teor de proeínas em sementes de soja sob influência de hormônios vegetais. *Revista Brasil. Bot.*, v.27, n. 3, p. 573 - 79, 2004.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogi Method for determination of glucose. *J. Biol. Chem*., v. 153, p. 375 -80, 1944.

NGATIA, T. M.; SHIBAIRO, S.I.; EMONGOR, V. E.; KIMENJU, J. W. Effects of ethephon on the growth, yield and yield components of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agric. Sci. Technol*., V.5, n. 1, p.22 - 38, 2003.

SILVEIRA, P. M. da; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. Uso do clorofilômetro como indicador de adubaçào nitrogenada em cobertura no feijoeiro. *Pesq. Agropec. Bras.* Brasília , v. 38, n. 2, p. 1083 - 87, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Auxina: o hormônio de crescimento. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 449 - 84.

TANCREDI, F. D.; SEDIYAMA,T.; REIS, M. S.; CECON, P. R.; TEIXEIRA, R. de C. Influência da remoção do meristema apical sobre os componentes de produtividade em populações de plantas de soja. *Acta. Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v.26, n.1, p. 113 - 19, 2004.

10 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

10 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características genéticas das plantas, são responsáveis pelos diferentes modelos de desenvolvimento, como por exemplo: hábito de crescimento, ramificações, enraizamento, florescimento e frutificação entre outros. Sabe-se que os caracteres específicos se encaixam em dois grupos: caracteres qualitativos e caracteres quantitativos, sendo os quantitativos mais influenciados pelo ambiente. Contudo pode-se observar através dos dados do experimento, que todos os caracteres foram alterados pelos tratamentos.

Assim o fenotipo de um caractere pode ser alterado através de artifícios oferecidos pela fisiologia vegetal, como exemplo, os reguladores vegetais, que podem alterar o ambiente para situações específicas.

A produção de matéria seca de raízes apresentou maior acúmulo com a aplicação de ethephon, IBA, BAP e associação de IBA + GA_3 + cinetina. O cloreto de mepiquat reduziu a matéria seca de raízes, principalmente, quando foi associado a BAP e IBA. Para o acúmulo de matéria seca de caule verifica-se resposta positiva à aplicação de ethephon e GA_3. O tratamento com cloreto de mepiquat isolado apresentou aumento na matéria seca foliar, todavia, quando este foi associado a BAP e IBA, ocorreu redução da matéria seca foliar e matéria seca de caule. Já para a matéria seca de vagens, houve variação durante o ciclo da cultura, sem que fosse apresentada uma tendência final com relação aos tratamentos.

Quando se observa a distribuição de matéria seca entre os órgãos estudados, verifica-se através de suas massas, tendência dos tratamentos com IBA e BAP em aumentar a translocação de fotoassimilados para as raízes, tendência do tratamento com

GA_3 em aumentar a translocação de fotoassimilados para o caule e do cloreto de mepiquat em aumentar a translocação de fotoassimilados para as vagens.

O tratamento com GA_3 apresentou tendência em aumentar o número de folhas, o número de flores e o número de vagens, todavia o número de folhas não está correlacionado com a área foliar que foi inferior nesse tratamento, nem o número de flores e o número de vagens com a produção de vagens, pois não houve aumento da matéria seca de vagens com a aplicação de GA_3. Já o aumento da área foliar apresentou tendência a ser promovido no tratamento com IBA + GA_3 + cinetina. Quanto ao número de vagens o tratamento que apresentou melhor resultado foi o ethephon seguido pelo IBA e GA_3. O ethephon também promoveu aumento no número de ramificações por planta.

O teor de clorofila apresentou tendência em ser mantido durante a senescência das plantas com a aplicação de BAP, ethephon e cloreto de mepiquat associado a IBA e BAP. O tratamento com GA_3 promoveu o crescimento em altura das plantas e na altura da primeira vagem, já o ethephon e o cloreto de mepiquat aplicado isolado ou em mistura com BAP e IBA apresentou tendência em reduzir a altura das plantas e o ethephon isolado tendeu a diminuir a altura da primeira vagem.

O aumento da área foliar das plantas de soja foi inibido na maioria dos tratamentos, principalmente, quando tratadas com GA_3 e cloreto de mepiquat + IBA + BAP; o teor de clorofila foi superior à testemunha, após os 112 dias do plantio, nos tratamentos com IBA, BAP, GA_3 + IBA + cinetina e cloreto de mepiquat + IBA + BAP. A taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo e taxa assimilatória líquida apresentaram tendência a serem reduzidas no tratamento com cloreto de mepiquat a partir dos 99 dias do plantio.

Todas as características fisiológicas observadas foram influenciadas, direta ou indiretamente pelos tratamentos, permitindo a observação de algumas tendências, que mostram a influência dos reguladores vegetais na cultura da soja.

Os diferentes órgãos estudados podem responder de maneiras diferentes aos tratamentos isolados e, principalmente, à mistura de reguladores vegetais. Estes produtos, que são aplicados em pequena quantidade, podem apresentar grandes resultados, sem grande modificação no custo de produção. Assim pode ser uma alternativa a mais para a melhoria da produtividade e da qualidade da produção.

11 - CONCLUSÕES

11 - CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nas condições experimentais apresentadas pelos tratamentos com reguladores vegetais em plantas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill cv. BRS-184), pode-se concluir que:

- A aplicação de GA_3 promoveu maior crescimento das plantas em altura, aumento no conteúdo de matéria seca de caule, maior altura da primeira vagem, maior número de folhas e flores;
- Os tratamentos com BAP e IBA promoveram aumento na matéria seca de raízes e foram responsáveis pela manutenção por mais tempo, do teor de clorofila foliar a partir de 112 dias do plantio;
- A aplicação de BAP manteve alto o teor de clorofila, durante a senescência das plantas;
- O bioestimulante Stimulate® que associa GA_3, IBA e cinetina promoveu aumento na matéria seca de raízes e total das plantas, teor de clorofila das folhas e área foliar;
- Plantas tratadas com cloreto de mepiquat tiveram as taxas de crescimento absoluto, crescimento relativo e taxa assimilatória líquida diminuídas, resultando em inibição do crescimento e prolongamento do ciclo das plantas;
- O tratamento com cloreto de mepiquat promoveu aumento na área foliar e no acúmulo de matéria seca de vagem após 99 dias do plantio e
- O ethephon promoveu aumento no número de ramificações, teor de clorofila, matéria seca de raízes e caule e no número de vagens, entretanto, apresentou menor altura de plantas e menor altura da primeira vagem.

- A produção de grãos, foi modificada pelos tratamentos, sendo a matéria seca destes, menor no tratamento com ethephon, que por sua vez, produziu maior número de vagens, todavia, pelo fato do tratamento ter prolongado o ciclo da cultura, as vagens, por ocasião da coleta, ainda se apresentavam em desenvolvimento, diferentemente dos outros tratamentos que apresentavam vagens totalmente desenvolvidas.

Assim devido às observações relatadas, conclui-se que os reguladores vegetais podem ser excelentes ferramentas, para serem utilizados na cultura da soja; podendo aumentar o número de ramificações, o florescimento, o número de vagens, o enraizamento, a área foliar e o teor de clorofila das folhas, entre outros.

Através da modificação de características como estas, é possível melhorar a produtividade e a qualidade do produto final à ser comercializado.

12 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

12 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AWAD, M.; CASTRO, P. R. C. *Introdução a fisiologia vegetal*. 2. Ed. São Paulo: Nobel, 1992. 177 p.

BAI, B. Z.; KASTORI, R. The effect of 6 - benziladenine on the photosynthetic pigment content in etiolated leaves of young soybeans grown under iron deficiency. *Soybean Sci*., v. 11, n. 4, p. 355 - 8, 1992.

BENICASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas*: Noções básicas. Jaboticabal: Funep, 2003. 41 p.

BENICASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas*: Noções básicas. Jaboticabal: Funep, 1988. 42 p.

BHATTACHARJEE, S. K.; DIVAKAR, N. G. Growth, flowering and essential oil content of different species of *jasminum* as affected by ethrel. *Indian J. Hortic*., v. 41, p. 131 - 6, 1989.

BLAKE, P. S.; TAYLOR, J. M.; FINCH-SAVAGE, W. E. Identification of abscisic acid, indole - 3 - acetic, jasmonic acid, indole - 3 - acetonitrile, methil jasmonate and gibberellins in developing, dormant and stratified seeds of ash (Fraxinus excelsior). *Plant Growth Regulation*, Netherlands, v. 37, p. 119 - 25, 2002.

CÂMARA, G. M. S. *Soja*: Tecnologia de produção. Piracicaba: Publique, 1998, 293 p.

CASTRO, P. R. C. Análise de crescimento e produção da soja (*Glicine max* cv.Davis) sob efeito de fitorreguladores. *Ciênc. Cult.*, São Paulo, v. 33, p. 1346 - 9, 1981.

CASTRO, P. R. C.; MELOTTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. In: BOARETO, A. E. ROSOLEM, C. A. *Adubação foliar*. Campinas: Fundação Cargil, 1989. v. 1, p. 191 - 235.

COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. Crescimiento y desarrollo: Características general del crescimiento, Auxinas, Giberelinas, Citoquininas, Etileno y poliaminas, Ácido abscísico y otros inibidores. In: COLL, J. B.; RODRIGO, G. N.; GARCIA, B. S. TAMÉS, R. S. *Fisiología Vegetal* Madrid: Ediciones Pirámide, 2001. p. 295 - 376.

DAVIES, P. J. The plant hormones; Their nature, ocurrence, and functions. In: DAVIES P. J. *Plant hormones*: physiology, biochemistry and molecular biology. 2. ed. London: Kluwer Academic Publishers, 1995. p. 1 - 13.

DENIS, L.; MORTON, M. S.; GRIFFITHS, K. Diet and its preventive role in prostatic disease. *European Urology*, v. 35, n. 5/6, p. 377 - 87,1999.

DEWITTE, W.; ONCKELEN, H. V. Probing the distribution of plant hormones by immunocytochemistry. *Plant Growth Regulation*, Netherlands, v. 33, p. 67 - 74, 2001.

DIEHL, S. R. L. Soja (*Glicine max*). In: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. *Manual técnico das culturas.* 2. ed. Campinas: Graça D'Auria, 1997. v. 1. p. 457 - 517.

DIETHELM, R.; KELLER, E. R.; BANGERTH, F. Auxins, ABA and gibberellin-like activity in abscising and non-abscising flowers and pods of *Vicia faba* L. *Plant Growth Regulation*, v. 7, p. 75 - 90, 1988.

DIETRICH, S. M. de C. Mecanismos de ação dos reguladores de crescimento. In: FERRI, M. G. *Fisiologia vegetal 2*. 2. Ed. São Paulo: Edusp, 1986. v. 2, p. 213 - 30.

EMBRAPA SOJA. *Recomendações técnicas para a cultura da soja do Paraná.* Ed. 1999/2000. Londrina: Embrapa soja, 1999. 236 p.

EVANS, G. C. *The Quantitative Analysis of Plant Growth*. Los Angeles: Blackwell Scientific Publications, 734 p. 1972.

EZAKI, H.; WATANABE, R.; ONOZAKI, H.; KAWAKISHI, S.; OSAWA, T. Formation mechanism for potent antioxidative β-dihidroxyisoflavones in soybean fermented with (*Aspergillus saitoi*). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* v. 63, n. 5, p. 851 -58, 1999.

FIGUEIREDO, R. O. de. *Influência de reguladores vegetais na produção de biomassa, teor de óleos essenciais e de citral em* Cymbopogon citratus (DC.) Stapf*, em diferentes épocas do ano.* 1998. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências - UNESP, Botucatu.

FRANCIS, D.; SORRELL, D. A. The interface between the cell cycle and plant growth regulators: a mini review. *Plant growth regulation,* Netherlands, v. 33, p. 1 - 12, 2001.

GEORGE, E. F.; SHERRINGTON, P. D. Plant Growth Regulators. In: *Plant Propagation by Tissue culture*. England: Exegetics, 1984. P. 284 - 330.

GODOY, A. R., CARDOSO, A. I. I. Pegamento de frutos em pepino caipira não partenocárpio sob cultivo protegido com aplicação de ácido naftaleno acético. *Bragantia*, Campinas, v. 63, n.1, p. 1 - 6, 2004.

GUIAMET, J. J.; BALATTI, P. A. MONTALDI, E. R. Growth and nitrogen fixation in soybean (*Glicine max* (L.) Merr.) as affected by gibberellic acid treatment during reproductive development. Mircen: *J. Appl. Microbiol. Biotechnol*., v.3 n. 2, p. 179 - 83, 1987.

HYMOWITZ, T.; SINGH, R. J. Taxonomy and Speciation. In: WILCOX, J. R. *Soybeans*: Improvement, Production, and Uses. 2. ed. Madison: Wisconsin, 1987. p. 23 - 30.

IBGE. Levantamento Estatístico Sistemático de Indicadores da Produção Agrícola. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuária/lspa/prognostico122005pdf. 2005.

JULLIEN, F.; WYNDAELE, R. Precocious in vitro flowering of soybean cotyledonary nodes. *J. Plant Physil.*, v. 140, n. 2, p. 251 - 3, 1992.

KATAYAMA, K.; AKITA, S. Effect of exogenously applied gibberellic acid (GA_3) on initial growth of rice cultivars. *Jpn. J. Crop. Sci*., v. 58, p. 217 - 24, 1989.

LEITE, V. M. *Crescimento e desenvolvimento da soja em função da aplicação de giberelina e citocinina*. Botucatu, 1998. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu.

MIRANDA, M. A. C. de; MASCARENHAS, H. A. A. Soja: *Glicyne max* (L.) Merrill. In: PEDRO JÚNIOR, M. J.; BULISANI, E. A.; POMMER, C. V.; PASSOS, E. A.; GODOY, I. J.; ARANHA, C. *Instruções agrícolas para o estado de São Paulo*. 4. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. p. 187 - 8.

MÜLLER, L. Taxonomia e Morfologia: Taxonomia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. *A soja no Brasil*. 1.ed. Brasil, 1981. p. 65 - 71.

NOODEN, L. D. Sinergism between gibberellins and cytokinin in delaiyng leaf senescence in soybean explants. *Plant Cell Physiol*., v. 27, p. 577 - 9, 1986.

NYITRAI, P. Development of Functional Thylakoid Membranes: Regulation Light and Hormones. In: PESSARAKLI, M. *Handbook of plant and crop physiology*. New York: Marcel Dekker, 1997. P. 391 - 403.

OCEPAR - ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. *Recomendações técnicas para a cultura da soja do Paraná.* Ed. 1994/95. Cascavel: Ocepar/Embrapa, 1994. 140 p.

OLIVEIRA, A. de *Uso de reguladores vegetais na formação de mudas de* (*Passiflora alata* Dryander). 2003. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Centro de Ciências Agrárias, UNIOSTE, Marechal Cândido Rondon.

ONO, E. O. *Reguladores vegetais sobre o desenvolvimento de plantas de alfafa* (*Medicago sativa* L.). 2002. 143 f. Tese (Livre docência em Fisiologia Vegetal) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu.

PETERSON, C. M.; WILLIAN, J. J. C.; KUANG, A. X. Increase pod set of determinate cultivars of soybean (*Glicine max*) whith 6 - benzylaminopurine. *Bott. Gaz. Chicago*, n. 151, v. 3, p. 322 - 30, 1990.

PORTES, T. A.; CASTRO JR., L. G. Análise de crescimento de plantas: um programa computacional auxiliar. *Rev. Bras. Fisiol. Vegetal*, v. 3, n. 1, p. 53 - 6, 1991.

RADEMACHER, W. Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways. Annu. *Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, v. 51, p. 501 - 31, 2000.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Regulando o crescimento e o desenvolvimento: Os hormônios vegetais. In: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia Vegetal*. 6. Ed. Guanabara Kogan S.A. 2001. p. 649 - 74.

REESE, R. N.; DYBING, C. D.; WHITE, C. A.; PAGE, S. M.; LARSON, J. E. Expression of vegetative storage protein (VSP - beta) in soybean raceme tissues in response to flower set. *J. of Exp. Bot*., v. 46, n. 289, p. 957 - 64, 1995.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. Hormones and growth regulators: cytokinins, ethilene, abscisic acid and other compounds. In: *Plant physiology*. 4. Ed. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1992, p. 382 - 407.

SIDAHMED, O. A. Effects of different levels of gibberellic acid GA30 on growth of sour orange (*Citrus aurantium*). *Acta horticulturae*, Belin- Dahlen, v. 84, p. 165 - 69, 1978.

SIQUEIRA, C. S. L. *Época e dose de aplicação do regulador de crescimento uniconazole na cultura de arroz* (*Oryza sativa* L.). 1993. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, UNESP, Botucatu.

SYNKOVÁ, H.; WILHELMOVÁ, N.; SESTÁK, Z.; POSPÍSILOVÁ, J. Photosynthesis in Transgenic plants with Elevated Cytokinin Contents. In: PESSARAKLI, M. *Handbook of plant and crop physiology*. New York: Marcel Dekker, 1997. p. 541 - 49.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Auxina: o hormônio de crescimento. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004a. p. 517 - 40.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Citocininas: reguladores da divisão celular. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004b. p. 449 - 84.

VÁLIO, I. F. M. Auxinas. In: FERRI, M. G. *Fisiologia vegetal 2*. 2. Ed. São Paulo: Edusp, 1986. v. 2, p. 39 - 72.

ZERBE, R.; WILD, A. The effects of gibberellic acid and kinetin on weight, dry weight, leaf area, chlorophylls and cytochrome. In: *Photosynthesis and productivity*. Philadelphia: Balabau International Sciences Services, 1981. P. 349 - 995.