

**APLICAÇÃO FOLIAR DE CINETINA E  
NITRATO DE POTÁSSIO SOBRE ALGUMAS  
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E  
PRODUTIVIDADE DA SOJA.**

**ALEXANDRE MARTINS ABDÃO DOS PASSOS**

**2007**

**ALEXANDRE MARTINS ABDÃO DOS PASSOS**

**APLICAÇÃO FOLIAR DE CINETINA E NITRATO DE  
POTÁSSIO SOBRE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS  
AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DA SOJA.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do programa de  
Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração  
em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Pedro Milanez de Rezende

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Passos, Alexandre Martins Abdão dos.

Aplicação foliar de cinetina e nitrato de potássio sobre algumas características agronômicas e produtividade da soja / Alexandre Martins Abdão dos Passos. --  
Lavras : UFLA, 2007.

70 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: Pedro Milanez de Rezende.

Bibliografia.

1. *Glycine max.* 2. Nitrato de potássio. 3. Cinetina. 4. Produtividade. 5. Fitorreguladores. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD -633.34899

**ALEXANDRE MARTINS ABDÃO DOS PASSOS**

**APLICAÇÃO FOLIAR DE CINETINA E NITRATO DE POTÁSSIO  
SOBRE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E  
PRODUTIVIDADE DA SOJA.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do programa de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

**APROVADA em 19 de setembro de 2007**

**Prof. Dr. Amauri Alves de Alvarenga** UFLA

**Prof. Dr. Luiz Antônio de Bastos Andrade** UFLA

**Prof. Dr. Pedro Milanez de Rezende**

**UFLA**

**(Orientador)**

**LAVRAS**

**MINAS GERAIS - BRASIL**

A Deus,

por me ofertar tamanha oportunidade de vida,

**OFEREÇO**

Aos meus pais e irmãs, por todo o amor e exemplo de vida,

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado a vida, as forças necessárias para ter chegado até aqui e por ter-me dado toda essa oportunidade de aprendizagem.

Ao meu pai, que tanto amor, apoio, carinho ofereceu-me e por ser meu eterno exemplo a ser seguido.

À minha mãe, que está ao lado de Deus neste momento, por tudo.

Às minhas preciosas irmãs, Alessandra e Carla, sempre do meu lado, apoiando-me, sem elas, também não estaria aqui hoje.

À minha linda e maravilhosa namorada, que tanto me suportou nesses últimos meses de trabalho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade e apoio durante o período de realização dos trabalhos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pedro Milanez de Rezende, por todo apoio, amizade, companheirismo, compreensão e sabedoria, que foram essenciais na formação de meu conhecimento e senso crítico, sendo um grande mestre durante esses anos de convivência.

Aos membros da banca examinadora: Amauri Alves de Alvarenga e Luiz Antônio de Bastos Andrade, pela ajuda e disponibilidade na avaliação deste trabalho.

Aos colegas de curso, que se tornaram amigos: Tales, Jainir, Roberto (nosso *Gourmet* internacional), Péricles, Eudes, “os filhos do Renzo”, “os Sementeiros e Sementeiras”, Nil Zamunér, Baiano, vulgarmente conhecido como Jorge e, a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram com a conclusão deste trabalho, seja pela convivência e apoio tão valiosos.

Aos professores Messias, Amaury, João Almir, Renato Mendes, Édila, Mingo (Unesp-Botucatú), Telde, Luis Gonsaga, que dividiram parte dos seus conhecimentos e recursos comigo, contribuindo de maneira ímpar à realização deste trabalho.

Ao pesquisador Leandro Zancanaro (Fundação MT), pelas observações e comunicações que, em muito, nortearam este trabalho.

À minha querida amiga, Diva de Souza Andrade, pesquisadora do IAPAR, pelas valiosas contribuições e observações antes e durante todo o trabalho, que tanto agregaram na qualidade do mesmo.

Ao Engenheiro Agrônomo Rodrigo Ferreira de Oliveira (Stoller do Brasil), pela amizade e oportunidade de aprendizagem ímpar a mim oferecida.

Aos colegas de república OPS Thiago, Fred, Renato, Felipe e agregados pela convivência e pela família que pudemos formar.

Aos meus amigos lavrenses, que me tão bem me acolheram na cidade: Paola, Ana, Janaína, Carla, Fernanda, Camilinha, Ludmilla, Aline, Carolina, Iara, Lívia, Priscila, Rita, Rafaela, Múcio, Paulo, José, Léo, Alex, Harrison, Sheila, Vanisse, Viviane, Clara, Vanessinha e todos outros que por ventura possa ter omitido aqui.

Ao meu vizinho e amigo Guilherme, pelos tantos cafés e boas conversas que me acompanharam durante a escrita do trabalho.

Aos funcionários técnico-administrativos do Setor de Grandes Culturas: João Pila, Alessandro, Júlio, "Seu" Correia, Agnaldo e Manguinha, por todo apoio, auxílio e simpatia sempre constante.

Às meninas da Editora UFLA pela importante ajuda de última hora.

Aos funcionários da Biblioteca da UFLA, por todo o auxílio prestado na busca de referências bibliográficas.

A todos os professores que dividiram parte dos seus conhecimentos comigo.

A todos que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a conclusão de mais uma etapa de minha vida e que, embora não citados aqui, não deixam de merecer meu profundo agradecimento.

**MUITO OBRIGADO!**

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO -----	i
ABSTRACT -----	ii
1 INTRODUÇÃO-----	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO -----	04
2.1 Importância e produtividade da cultura da soja-----	04
2.2 Hormônios vegetais -----	06
2.3 Citocininas-----	09
2.4 Fitoregulador cinetina e similares na cultura da soja -----	13
2.4.1 Bioestimulantes com citocininas na soja e em outras culturas-----	19
2.4.2 Fitoregulador cinetina e similares em outras culturas -----	22
2.5 Adubação potássica na soja-----	24
3 MATERIAL E MÉTODOS-----	28
3.1 Área experimental-----	28
3.2 Instalação e condução do experimento-----	30
3.3 Análise estatística -----	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	34
4.1 Características agronômicas -----	37
4.2 Número de sementes por legume e peso de mil sementes -----	38
4.3 Número de legumes por planta -----	41
4.4 Produtividade -----	48
4.5 Correlações estatísticas-----	52
4.6 Avaliação de custo receita e considerações finais-----	56
5 CONCLUSÕES-----	58
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	59



## LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1. Características químicas do solo amostrado da área Experimental-----	28
TABELA 2. Resultado da análise foliar, obtido no experimento doses de cinetina e de nitrato de potássio, via foliar, na soja Itutinga – MG, 2005/2006. (Todas as unidades p/p)-----	32
TABELA 3. Resumo das análises de variância dos dados relativos à altura de plantas (AP), altura de inserção do primeiro legume (IL), número de sementes por legume (SL) peso de mil sementes (PMS) e número de legumes totais por planta (LT), obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga-MG, 2005/2006 -----	35
TABELA 4. Resumo das análises de variância dos dados relativos à número de legumes inferiores por planta (LI), medianos por planta (LM), superiores por planta (LS), produção de sementes por planta (PP) e produtividade (PT) obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio no solo. Itutinga – MG, 2005/2006-----	35
TABELA 5. Resultados médios da altura das plantas (cm) e da inserção do 1º legume (cm), obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga – MG, 2006-----	37
TABELA 6. Resultados médios de número de sementes por legume e de peso médio de mil sementes (g), obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga – MG, 2006 -----	39
TABELA 7. Resultados médios de número de legumes totais por planta e número de legumes inferiores por planta, obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga – MG, 2006 -----	41

	<b>Página</b>
TABELA 8. Resultados médios de número de legumes medianos por planta e número de legumes superiores por planta obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga – MG, 2006 -----	43
TABELA 9. Resultados médios de produtividade e de produção por planta, obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga – MG, 2006 -----	48
TABELA 10. Coeficientes de correlação linear entre algumas características agronômicas com a produtividade da cultura da soja, obtidos no experimento aplicação de cinetina e nitrato de potássio via foliar. Itutinga – MG 2006 -----	53
TABELA 11. Avaliação do custo e receita da aplicação de cinetina via foliar na cultura da soja, no ano agrícola de 2005/2006. Itutinga – MG, 2006 -----	56

## LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Variação diária da temperatura média do ar e pluviometria de novembro de 2005 a abril de 2006. UFLA – Lavras, MG - (Fonte: Estação meteorológica de Lavras, MG)-----	29
FIGURA 2. Variação do peso de mil sementes (em gramas) das plantas de soja em função das doses de cinetina, em $\text{mg ha}^{-1}$ . Itutinga – MG, 2006-----	40
FIGURA 3. Variação do número de legumes totais por planta (em unidades) de soja, em função das doses de cinetina, em $\text{mg ha}^{-1}$ . Itutinga – MG, 2006-----	42
FIGURA 4. Variação de número de legumes medianos por planta (em unidades) de soja, em função das doses de cinetina, em $\text{mg ha}^{-1}$ . Itutinga – MG, 2006-----	44
FIGURA 5. Variação de número de legumes inferiores por planta (em unidades) de soja, em função das doses de cinetina, em $\text{mg ha}^{-1}$ . Itutinga – MG, 2006-----	46
FIGURA 6. Variação da produtividade (em $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função das Doses de cinetina, em $\text{mg ha}^{-1}$ . Itutinga – MG, 2006 -----	49
FIGURA 7. Variação da produção por planta (em $\text{gramas planta}^{-1}$ ) de soja, em função das doses de cinetina, em $\text{mg ha}^{-1}$ . Itutinga MG, 2006 -----	50
FIGURA 8. Correlações entre peso de mil sementes (PMS) e número de legumes totais (LT) com a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Itutinga – MG, 2006-----	53
FIGURA 9. Correlações entre número de legumes inferiores (LI), de legumes medianos (LM) e de legumes superiores (LS) com a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Itutinga – MG, 2006-----	55

## RESUMO

M.A.P., Alexandre. **Aplicação foliar de cinetina e nitrato de potássio sobre algumas características agrônômicas e produtividade da soja**. Lavras: UFLA, 2007. 69p. Dissertação (Mestrado em Agronomia. Fitotecnia)\*

A soja é a principal oleaginosa em produção de grãos no mundo, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial. Em adição, detém um considerável nível de produtividade na cultura. O uso de fitorreguladores tem ganho destaque em sistemas de produção de altas produtividades. Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes concentrações do fitorregulador cinetina associado a diferentes concentrações de nitrato de potássio aplicadas via foliar na fase fenológica R3 (início da frutificação). O experimento foi conduzido em campo, em Itutinga, MG, cuja região é caracterizada por um clima do tipo Cwa. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, utilizado-se um esquema fatorial  $5 \times 4$ , com três repetições, compreendendo as concentrações 0, 250, 500, 750 e 1.000 mg ha<sup>-1</sup> de cinetina e 0, 5, 10 e 15 kg ha<sup>-1</sup> de nitrato de potássio. As variáveis analisadas foram: altura das plantas, acamamento, altura de inserção do primeiro legume, número de sementes por legume, número de legumes por planta, peso de mil sementes, peso de grãos por planta e produtividade. Avaliou-se o posicionamento dos legumes na planta em três posições do dossel, divididas em inferior, médio e superior. A aplicação de nitrato de potássio não influenciou nenhuma das variáveis estudadas. A cinetina aumentou o número total de legumes fixados na planta. Houve um incremento significativo na fixação de legumes no terço inferior e mediano do dossel. O peso de mil sementes sofreu influência positiva pela aplicação da cinetina. A produtividade de grãos apresentou incrementos de até 32,3% na melhor concentração de cinetina. Essa mesma concentração de 1.000 mg ha<sup>-1</sup> proporcionou aumento na fixação de legumes na ordem de 27,4% em relação à testemunha. Atribuem-se os efeitos da cinetina ao aumento dos níveis endógenos de citocininas nas plantas, que contribuíram para maior produção e melhor redistribuição de fotoassimilados para os legumes e sementes.

Palavras-chaves: *Glycine max*, citocininas, fitorreguladores, nutrição mineral.

---

\* Comitê de orientação: Pedro Milanez de Rezende - UFLA (Orientador),  
Amauri Alves de Alvarenga.



## ABSTRACT

M.A.P., Alexandre. **FOLIAR APPLICATION OF KINETIN AND POTASSIUM NITRATE ON SOME AGRONOMICS CHARACTERISTICS AND YIELD OF THE SOYBEAN.** LAVRAS: UFLA, 2007. 69p. Dissertation (Master in Agronomy. Crop Science)\*

Soybean is the oilseed crop that is produced in the largest amounts in the world and the Brazil is as the bigger world-wide producer and withholds a considerable level of productivity in the culture. The use of phytohormones has profit has detached in systems of production of high yield. The objective of the work was to evaluate the effect of different doses of kinetin and of potassium nitrate applied by foliar in the phenological phase R3 (beginning of the fruition) on some agronomics characteristics of the culture and its yield in field. An experiment was carried out in the field, in Itutinga, MG. The treatments had been: 0, 250, 500, 750 and 1000 mg of kinetin ha<sup>-1</sup> combining with the doses 0, 5, 10 e 15 kg of potassium nitrate ha<sup>-1</sup>. The experiment was a bi-factorial (doses of kinetin and doses of potassium nitrate) in a completely randomized block experimental design, with three replications. The analyzed variable had been: final height of plants, lodging, height of insertion of the first pod, number of seeds for pod, number of pod for plant, weight of seeds for plant, weight of one hundred seeds and seed yield. The positioning of numbers of pod for plant was evaluated in three position of the canopy, lower, medium and upper. The potassium nitrate application did not influence the studied variables. The kinetin increased the total pod set number in the plant. It had a significant increment in the pod set in lower and medium third of the canopy. The weight of one hundred seeds was influenced positively by the application of the kinetin. The yield was increased from up to 32.3% in the best dosage of kinetin. This same dose of 1.000 mg ha<sup>-1</sup> it provided increase in the pod set in the 27.4% in contrast to the control. The increments are attributed to the increase of the endogenous levels of cytokinins that had contributed to the one larger production and better redistribution of assimilates for the pods and seeds.

Key-words: *Glycine max*, cytokinins, plant growth substances, plant nutrition.

---

\* Guidance Committee: Pedro Milanez de Rezende - UFLA (Adviser),  
Amauri Alves de Alvarenga.

# 1 INTRODUÇÃO

A soja é considerada a mais importante leguminosa alimentícia do mundo. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de seus grãos, com uma produção estimada, na safra atual, de 59 milhões de toneladas (USDA, 2007) . A adoção de um elevado nível de tecnologia e manejo na cultura proporcionou significativos ganhos de produtividade, nas últimas décadas no Brasil. Entretanto, existem ainda alguns fatores que poderiam levar os níveis de produtividade a patamares acima dos estabelecidos até o momento.

Ganhos de produtividades estão altamente correlacionados com os avanços das pesquisas na cultura. Alguns estudos bastante promissores indicam forte tendência tecnológica para o uso de fitorreguladores, aplicados via foliar, associados ou não a nutrientes, como formas de manejo que visem incrementar essa característica.

Os componentes da produtividade da soja, tais como número de legumes por planta, número de sementes por legume e peso médio de sementes são determinados por processos fisiológicos, onde, os hormônios vegetais e uma correta nutrição mineral das plantas desempenham um papel de suma importância, podendo aumentar a fixação de flores e frutos e antecipar ou atrasar a maturação e aumentar a redistribuição de nutrientes e fotoassimilados para os grãos.

Diversas pesquisas, utilizando citocininas sintéticas nas suas diferentes formas químicas, modos de aplicações e dosagens demonstram seu potencial na cultura da soja.

Nessa leguminosa, um elevado número de flores e de legumes jovens é abortado naturalmente, o que representa um enorme impacto na produtividade. Em diversos trabalhos, evidencia-se o importante papel das citocininas

endógenas e exógenas na diminuição do aborto floral, no aumento da fixação de legumes e no aumento do peso individual das sementes na planta, resultando em maior produtividade da cultura da soja (Kokubun, 2004; Yashima et al., 2005; Nonokawa et al., 2007).

Podem-se citar, como funções da citocinina na planta, a estimulação da divisão celular, o balanço hormonal na dominância apical, a produção de antocianina, a estimulação da morfogênese em cultura de tecidos, a estimulação do desenvolvimento de gemas laterais, a promoção da expansão dos cotilédones de dicotiledôneas, o retardamento da senescência foliar, a regulação da abertura estomática em algumas espécies, a promoção da conversão de leucoplastos a cloroplastos, via estimulação da síntese de clorofila e, o estabelecimento de uma relação entre fonte-dreno gerando mobilização de nutrientes em locais tratados com o hormônio, entre outros processos (Taiz & Zeiger, 2004).

Apesar dos resultados positivos com relação ao uso isolado da citocinina exógena, em termos de componentes de produção e produtividade de grãos na cultura da soja, há uma carência de estudos referentes aos seus efeitos em condições brasileiras, inexistindo trabalhos realizados em condições de campo.

Por outro lado, as adubações potássicas e nitrogenadas na soja já estão consolidadas para a maioria dos casos de cultivo no Brasil, como feitas via solo e tratamento de sementes. Essas aplicações são feitas, principalmente, com a utilização de cloreto de potássio em adubos formulados aplicados no plantio (ou pré-plantio), em cobertura, e o nitrogênio, pelo uso de inoculantes comerciais contendo *Bradyrhizobium sp.*, utilizados inoculando-se as sementes, para a promoção da fixação biológica do nitrogênio (Sousa & Lobato, 2002; Embrapa, 2006). No entanto, existem em diversas regiões produtoras recomendações e utilização de fertilizantes potássicos e nitrogenados aplicados via foliar nos estádios reprodutivos da cultura, mesmo sem o devido respaldo científico.

Alguns autores crêem que ocorre uma defasagem de fotoassimilados requeridos durante o desenvolvimento dos legumes e sementes, havendo uma drenagem de nutrientes das folhas para as estruturas reprodutivas, ocasionada por uma queda na atividade fisiológica da planta, por causa de uma menor fotossíntese, fixação biológica do nitrogênio e absorção do mesmo, justificando, portanto, a utilização de fontes de nutrientes adicionais durante esse estágio de desenvolvimento, aplicados via foliar (Santiago, 1989)

No presente trabalho, objetivou-se verificar o efeito da cinetina associada ao nitrato de potássio, aplicados via foliar, durante a fase reprodutiva, na produtividade e sobre algumas características agrônômicas da soja.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância e produtividade da cultura da soja

Nos últimos dez anos, houve um crescimento da demanda global por soja da ordem de 5% ao ano, sendo a China o motor propulsor desse crescimento, com uma taxa crescente média de consumo de 12,4% ao ano (Agrianual, 2007).

Existe, ainda, uma demanda potencial, tanto nacional como mundial, por óleo, para ser utilizado como fonte de energia, haja vista a implantação do Programa Nacional de Uso do Biodiesel e a crescente demanda por biocombustíveis no âmbito internacional, em resposta às pressões em razão do alto custo econômico e ambiental dos combustíveis fósseis.

No Brasil, nos últimos dez anos, a produção da soja cresceu 130,3%, tendo atingido 53,414 milhões de toneladas na safra de 2006 (Conab, 2007). No entanto, a taxa de crescimento da produtividade mundial da cultura da soja vem caindo, tendo, no período de 1960 a 2003, sido de 1,71 %, ao passo que, no período de 1990 a 2003, foi de 1,62% (USDA, 2005). Esse decréscimo é considerável, levando-se em conta a disponibilização de tecnologias avançadas para a agricultura nos últimos anos e o crescimento da demanda de óleo no mundo.

Atualmente, a cultura da soja no Brasil tem se destacado com relação à de outros países. A produtividade da cultura, que no Brasil era de 700 kg ha<sup>-1</sup> no início da década de 40 (Embrapa, 2004), nesta safra registrou 2.812 kg ha<sup>-1</sup> (Conab, 2007). Esses ganhos de produtividade estão altamente correlacionados com os avanços das pesquisas na cultura desenvolvidas no país.

Nos EUA, há relatos de produtividades máximas de até 6.700 kg ha<sup>-1</sup> (Cooper, 2003). No Brasil, Arias (2004) relata patamares de produtividade de

8.000 kg ha<sup>-1</sup>, o que demonstra o enorme potencial latente da cultura ainda a ser explorado.

Segundo Costa (2004), a produtividade e a qualidade dos grãos de soja podem ser afetadas por diversos fatores, sendo o principal a falta de água em épocas críticas. No entanto, esse mesmo autor propõe alguns manejos fitotécnicos na cultura, visando aumentar a eficiência e a duração da fixação biológica do nitrogênio, o número de nós por meio do número de ramos, a eficiência fotossintética e a fixação das flores e legumes.

Em estudos bastante promissores, verifica-se uma forte tendência tecnológica para o uso de citocininas sintéticas, como formas de manejo que visem ao aumento de produtividade na cultura da soja (Crosby et al., 1981; Carlson et al., 1987; Dyer et al., 1987; Peterson et al., 1990; Mosjidis et al., 1993; Reese et al., 1995; Nagel et al., 2001; Cho et al., 2002; Yashima et al., 2005; Nonokawa et al., 2007). Um dos meios seria pela diminuição do aborto de legumes nas plantas para obtenção de uma maior produtividade da cultura (Kokubun, 2004). Nesse mesmo sentido, têm-se relatos do uso de citocininas para estimular a planta a aumentar a produção por meio do aumento da translocação de fotoassimilados para os grãos, aumentando o seu peso e diminuindo o aborto (Dyer et al., 1986).

A senescência foliar é iniciada na soja pela maturação das sementes. Os legumes determinam o início da senescência pelo controle da distribuição das citocininas procedentes das raízes para as folhas. A possibilidade de retardar a senescência foliar, aumentando a longevidade das folhas, pelo uso de citocininas exógenas, poderia proporcionar uma maior eficiência fotossintética nas plantas (Mukherjee & Kumar, 2007).

## 2.2 Hormônios vegetais

Os fitohormônios, assim denominados, são sinalizadores moleculares orgânicos, de ocorrência natural nas plantas que, em baixas concentrações, atuam como mensageiros químicos, como mediadores na comunicação intercelular, regulando atividades fisiológicas, a pequenas ou longas distâncias de onde foram sintetizados. Interagem com proteínas específicas, conhecidas como 'receptores' e, em concentrações bastante baixas, exercem papéis preponderantes na regulação do desenvolvimento dos vegetais, sendo, provavelmente, os mais importantes mediadores na transdução de sinais (Taiz & Zeiger, 2004). As classes mais importantes de hormônios vegetais são as auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico e, recentemente, os brassinoesteróides.

Segundo Salisbury & Ross (1994), três processos estão envolvidos no sistema interno de resposta aos hormônios, devendo eles estarem em quantidade e local adequado; serem reconhecidos e utilizados pelas células, que os respondem por meio da ligação com proteínas especiais extracelulares das membranas celulares e; estarem na presença de proteínas receptoras, que geram uma amplificação de efeito e os mensageiros secundários, que levam a resposta, ao hormônio, mediante promoção, inibição ou alterações metabólicas.

É importante salientar que os mecanismos exatos pelos quais os hormônios regulam a expressão do gene ainda não se encontram bem elucidados. No entanto, sabe-se que as ações dos hormônios são um controle bioquímico da atividade genética, sendo a expressão gênica parte de um grande processo de amplificação, que envolve repetida transcrição do DNA, tendo por resultado muitas cópias de RNAm (1ª etapa da amplificação). O RNAm é processado e entra no citoplasma, onde é traduzido várias vezes pelos

ribossomos em um produto tal como uma enzima (2ª etapa da amplificação). As enzimas são modificadas para tornarem-se funcionais e capazes de exercer elevada atividade de catálise, mesmo em concentrações baixas. Elas catalisam a produção de muitas cópias de um importante produto celular (3ª etapa da amplificação). Esse produto poderá determinar o fenótipo do organismo em questão (Salisbury & Ross, 1994).

Esses complexos hormônio-receptor interagem diretamente com o sistema ATPase. Mensageiros secundários são acionados, expressões de genes ocorrem, enzimas diversas são sintetizadas, promovendo alterações físicas, químicas e metabólicas diversas nas células, afetando processos como diferenciação, crescimento e morfogênese (Salisbury & Ross, 1994).

O complexo hormônio-receptor ativa a fosfolipase c (PCL) que, por sua vez, hidrolisa o grupo de fosfolípídios da membrana plasmática, como o 4,5-bifosfato de fosfatidilinositol (PIP<sub>2</sub>), liberando 1,4,5-trifosfato de inositol (IP<sub>3</sub>) e o diacilglicerol (DAG). O IP<sub>3</sub> é bastante solúvel em água e movimenta-se até o tonoplasto ou retículo endoplasmático, liberando Ca<sup>++</sup> para o citossol. Já o DAG ativa a proteína quinase (PKC), que utiliza o ATP para fosforilar algumas enzimas reguladoras de diversas fases do metabolismo.

Além disso, a abertura dos canais de Ca<sup>++</sup>, na membrana plasmática, também pode ser causada pela ação do próprio hormônio, conseqüentemente aumentando a concentração de Ca<sup>++</sup> no citossol. Esse íon pode ativar a PKC e algumas enzimas quinases, além de se combinar com a calmodulina, formando o complexo Ca-calmodulina (CaM), responsável pela ativação de várias enzimas, como as quinases, NADquinases e ATPases. As ATPases das membranas plasmáticas movem o excesso de Ca<sup>++</sup> citossólico para fora da célula e parte é armazenada no vacúolo, liberando H<sup>+</sup> para a parede celular e acidificando-a. Essa acidificação ativa enzimas endo-trans-glicosilase, que atuam nas microfibrilas de celulose da parede celular, rompendo e refazendo ligações,

aumentando a plasticidade, favorecendo o influxo de água e provocando o alongamento celular (ação rápida). O retículo endoplasmático e o complexo de Golgi podem sintetizar a  $\beta$ -glucan sintetase e vesículas contendo a enzima ou carboidratos, que participam diretamente da síntese da parede celular (ação lenta) (Salisbury & Ross, 1994).



## 2.3 Citocininas

Constituem-se em uma das principais classes de fitohormônios que participam ativamente dos processos de divisão e diferenciação celular.

Pesquisadores verificaram que certos derivados do DNA, obtidos sob altas temperaturas, autoclavados, eram mais ativos que a adenina na promoção da divisão celular em culturas de tecidos. Posteriormente, foi isolada a substância nos derivados do DNA e identificada como sendo um derivado da adenina (aminopurina) 6-furfurilaminopurina. Pelo aquecimento, o açúcar desoxirribose da adenosina é convertido a um anel furfúril e é deslocado da posição 9 para a 6, no anel da adenina (Amasino, 2005). Em virtude de sua grande atividade no estímulo da divisão celular, citocinese, esse composto recebeu a denominação de cinetina (Taiz & Zeiger, 2004).

A cinetina não existe em plantas, mas certo número de compostos presentes nas plantas, conhecidos como citocininas, apresentam atividades similares à cinetina (Taiz & Zeiger, 2004).

As citocininas são derivadas da adenina, ou seja, são aminopurinas com N<sup>6</sup> substituído. A primeira citocinina extraída de vegetal foi obtida em grãos de milho, sendo denominada zeatina ou 6-(4-hidroxi-3-metil-but-2-anilamino)purina, também presente nas plantas superiores nas configurações *cis* e *trans*, sendo essa última de maior atividade biológica. Tais citocininas também podem se apresentar como um ribosídeo, um ribotídeo ou um glicosídeo (Taiz & Zeiger, 2004).

Nos vegetais superiores, a principal citocinina encontrada é a zeatina. Nas técnicas de cultura de tecidos, as citocininas mais usadas são a cinetina, benziladenina, zeatina, isopentenil adenina e thidiazuron. No entanto, existe, atualmente, mais de 200 tipos diferentes de citocininas, naturais ou sintéticas.

Plantas transgênicas de tomateiro que expressam o gene IPT, principalmente nos tecidos do ovário, foram obtidas por meio da utilização de um promotor específico para esse órgão (Martineau et al., 1995). Nessas plantas, o acúmulo de citocininas nos ovários favoreceu o estabelecimento do dreno, fazendo com que os frutos formados acumulassem mais fotoassimilados, o que levou a um aumento do teor de sólidos solúveis, principalmente de açúcares. A alta concentração de citocininas nos ovários também favoreceu maior pegamento de ovários fecundados, conseqüentemente maior número de frutos formados por planta.

Petúnias transformadas geneticamente com o sistema auto-regulado contendo o gene IPT também foram desenvolvidas com sucesso para que, sob condições de estresse nutricional, apresentassem melhor desempenho horticultural (Cuquel et al., 2002).

Portanto, a utilização de plantas transgênicas com os mesmos mecanismos para a cultura da soja representa potencial estratégia para obtenção de ganhos de produtividade, maximizando a fisiologia da planta (Ye et al., 2006), haja vista que plantas com superprodução de citocinina, geralmente, proporcionam um bom desenvolvimento vegetal, caracterizado pela presença de um maior número de folhas, meristemas apicais das partes aéreas que apresentam mais folhas e, portanto, maior área fotossintética; folhas com altos níveis de clorofila; maior número de ramificações laterais; senescência foliar retardada, aumentando, portanto, o período de atividade da fotossíntese; dominância apical reduzida, proporcionando plantas menos suscetíveis ao acamamento e maior distribuição dos nutrientes e fotoassimilados para os frutos formados, representando maior peso de frutos e sementes.

## **2.4 Fitorregulador cinetina e similares na cultura da soja**

Os fitorreguladores são compostos orgânicos, não nutrientes, sintéticos que, quando aplicados exogenamente nas plantas, sob baixas concentrações, possuem ações similares à dos grupos de hormônios vegetais, promovendo, inibindo ou modificando processos morfológicos ou fisiológicos nos vegetais (Castro, 2006).

Os principais reguladores vegetais análogos às citocininas existentes são a cinetina (6 furfurilamino-purina); o BAP (6-Benzilaminopurina); o 2 ip (isopenteniladenina); a zeatina (ZEA) (N<sup>6</sup> -(4-hidroxi-3metilbut-2 enil) aminopurina; o PBA (6-Benzilamino) 9-2-tetraidropiranyl-9-H-purina e o TDZ (thidiazuron) (N-fenil-N-1,2,3-tiadiazol-5-tiuréia) (Grattapaglia & Machado, 1998).

A utilização dos reguladores vegetais é mais comum em culturas de elevado valor agregado, como na fruticultura e na olericultura. Em culturas de menor valor agregado, como é o caso da soja, o uso desses reguladores vegetais apresenta grande potencial de crescimento, em consequência ao enorme nível tecnológico alcançado no cultivo dessa cultura nas principais regiões produtoras. Assim, o uso de reguladores vegetais, como uma nova tecnologia, representa um ajuste fino no já otimizado processo produtivo, visando a incrementar a produtividade e ou a qualidade do produto final (Leite et al., 2003; Castro & Vieira, 2001; Castro, 2006).

Durante o período reprodutivo das culturas, sabe-se que o grupo dos cinco principais hormônios vegetais: citocininas, giberelinas, auxinas, ABA e etileno representa um importante papel de regular o desenvolvimento das plantas (Marshener, 1995).



O potencial de rendimento da cultura da soja é influenciado, principalmente, pela produção, fixação e transformação das estruturas reprodutivas em legumes com grãos (Pires et al., 2000).

Segundo Nonokawa et al. (2007), plantas de soja desenvolvem diversas gemas florais durante o seu ciclo; no entanto, são poucas as gemas que chegam a se diferenciar em legumes. Em ensaio conduzido com seis cultivares adaptadas às condições locais, observou-se que, do total de flores produzidas, ocorreu uma perda de 0% a 72%, com uma média de 51% de aborto. No caso dos legumes, as perdas ocorreram na faixa de 3% a 43%, com uma média de 26% de aborto (Navarro Júnior & Costa, 2002). A diminuição dessas perdas pode refletir diretamente sobre produtividade da cultura, pois, o número de legumes fixados é um importante componente para definir a produtividade (Pires et al., 2000; Kokubun, 2004).

Em estudos anteriores, demonstrou-se que os principais fatores envolvidos na fixação de legumes de soja são a disponibilidade de nutrientes e de fotoassimilados destinados aos mesmos quando em desenvolvimento (Brun & Betts, 1984; Wiebold & Panciera, 1990), assim como a disponibilidade de algumas classes de hormônios nas sementes (Heindl & Brun, 1984; Crosby et al., 1981; Carlson et al., 1987; Kokubun & Honda, 2000; Yashima et al., 2005).

Pesquisadores indicam a existência de uma deficiência de citocinina endógena nos terços mediano e superior do rácimo na planta de soja. A retirada de estruturas reprodutivas na base do rácimo, no terço inferior, aumentou a fixação de estruturas na parte mediana do mesmo. Essa é uma característica genética da espécie correlacionada com um maior aborto das partes reprodutivas da planta (Kokubun & Honda, 2000; Nonokawa et al., 2007).

Foram observados, em estudos anteriores, variações de resposta às aplicações de citocininas exógenas devido à interação com diferentes genótipos. Dessa forma, Crosby et al. (1981) relatam aumentos na fixação de legumes

devido ao BAP exógeno em duas cultivares de soja. Contudo, os aumentos no número de legumes foram maiores para a cultivar “Shore” que para a cultivar “Essex”. Os autores sugeriram que a diferença na resposta estaria relacionada ao nível endógeno mais baixo de citocinina da primeira em relação à segunda cultivar no estágio R3, quando se aplicou o BAP (Crosby, 1979).

Por sua vez, Cho et al. (2002) relatam diferenças de respostas ao uso de BAP devido à variação de genótipo das cultivares de soja avaliadas, inclusive com cultivares respondendo de modo distinto às épocas de aplicação avaliadas, R1 e R3, no início do florescimento e da frutificação, respectivamente.

Outro ponto importante refere-se à nutrição da planta, tendo Carlson et al. (1987) verificado que citocininas somente podem regular o desenvolvimento reprodutivo na presença de uma adequada nutrição da planta. Cuquel et al. (2002) observaram que, sob condições de deficiência nutricional, os níveis endógenos de citocininas nas plantas diminuem e que aplicações exógenas de citocininas minimizam os sintomas de deficiência.

As citocininas regulam a expressão de diversos genes e um desses é o que codifica a nitrato redutase, elevando a sua expressão. O aumento de citocininas na seiva do xilema foi relacionado com a indução da expressão gênica regulada por citocininas na parte aérea em plantas de milho, deficientes de nitrogênio, adubadas com nitrato (Takei et al., 2004).

O aumento nos níveis de nitrogênio aplicados nas raízes do milho, quando deficientes no nutriente, resultou na elevação do conteúdo de citocininas na seiva do xilema da planta (Samuelson et al., 1992).

As citocininas são mais importantes no início da fase reprodutiva, logo após a antese, quando, inclusive, apresentam picos de concentração, enquanto os outros hormônios mostram-se mais importantes durante o enchimento das sementes (Hess et al., 2002). Diversos autores têm demonstrado que, em experimentos sob diferentes condições, as citocininas podem aumentar a força

de dreno pela promoção da divisão celular em ovários jovens e, assim, aumentar o suprimento de carboidratos, vindo principalmente das folhas, e a capacidade de utilização dessas fontes de fotoassimilados pelas estruturas reprodutivas. Nessa situação, pode ocorrer uma diminuição da abscisão de frutos e sementes durante o desenvolvimento reprodutivo da soja e de outras culturas, ocasionando um reflexo direto sobre a produtividade (Brun & Betts, 1984; Egli & Yu, 1991; Mosjidis et al., 1993; Liu et al., 2004).

Em diversos estudos tem sido demonstrado que o uso de fitorreguladores análogos às citocininas, em condições de casa de vegetação, tem se mostrado como uma efetiva e potencial tecnologia, a fim de incrementar a fixação de legumes nas plantas e, conseqüentemente, aumentar a produtividade da cultura da soja (Crosby et al., 1981; Kamal et al., 1985; Carlson et al., 1987; Dyer et al., 1987; Peterson et al., 1990; Mosjidis et al., 1993; Reese et al., 1995; Nagel et al., 2001; Cho et al., 2002; Liu et al., 2004; Yashima et al., 2005; Nonokawa et al., 2007).

No entanto, existe ainda uma carência de estudos sob condições de campo, principalmente em regiões tropicais (Cho et al., 2002; Nonokawa et al., 2007). Estudos nessas condições têm demonstrado uma grande divergência de resultados (Cho et al., 2002), possivelmente pelo fato de esses estudos serem realizados nas mais diversas condições edafoclimáticas.

Entretanto, Nagel et al. (2001) observaram resultados similares para os efeitos da aplicação de BAP sobre a fixação de flores, tanto em campo quanto nos ensaios realizados em casa de vegetação. Por sua vez, Carlson et al. (1987) verificaram que, em experimentos de campo, múltiplas aplicações de BAP podem ser requeridas para alcançar incrementos no número de legumes e no peso das sementes na cultura da soja.

Nonokawa et al. (2007) citam ainda, como possível causa da existência de um maior número de resultados positivos, por causa da aplicação de

citocininas exógenas em plantas sob ambiente protegido, o fato de essas serem cultivadas em recipientes que limitam o crescimento das raízes e, conseqüentemente, a produção de citocininas, sendo, portanto, mais responsivas aos tratamentos.

O estágio mais sensível ao aborto na soja é reportado por Liu et al. (2004) como sendo no início da expansão dos legumes, de 3 a 5 dias após a antese. Prevalece, assim, a evidência de que a maioria dos abortos ocorre após a antese e antes que os legumes de soja atinjam 2 cm de comprimento (Wiebold et al., 1981).

Em estudos nos quais se avaliaram o papel da citocininas no desenvolvimento reprodutivo da soja, observaram-se picos de concentração do hormônio nos ráculos, de curta duração, principalmente logo após a antese (Nonokawa et al., 2007). Carlson et al. (1987) citam, ainda, que o maior número de aborto correlaciona-se à deficiência endógena de citocininas e que há maior ocorrência de aborto entre o final do florescimento (R2) e início da frutificação (R3). Nesse período de alguns dias após a antese, ocorre intenso processo de divisão celular e desenvolvimento dos óvulos fertilizados em embriões e endosperma, em que a citocinina exibiu um importante papel promotor e regulador (Kokubun & Honda, 2000). Resultados concordantes foram relatados por Heindl & Brun (1984), que encontraram picos de altas concentrações de citocininas provindos das raízes, principalmente no final do florescimento e início da frutificação, e inferiram que essa seria a época de maior necessidade do hormônio para a regulação do desenvolvimento reprodutivo da soja.

Em estudos recentes realizados no Japão por Nonokawa et al. (2007), constataram que as aplicações exógenas de BAP, nos ráculos, antes da antese, reduziram o número de flores e legumes produzidos pela planta. No entanto, a mesma substância, aplicada após alguns dias, resultou em um maior número médio de legumes produzidos e fixados nas plantas. Semelhantemente, Carlson

et al. (1987) citam que as maiores respostas ocorreram quando a citocinina foi aplicada aos 11 dias após a antese, sendo esse o máximo de período avaliado no estudo.

Crosby et al. (1981) relatam aumentos significativos no número dos legumes apicais dos ráculos, quando o tratamento foi aplicado em R3. Assim como Cho et al. (2002), avaliando o efeito da aplicação foliar da citocinina sintética BAP nas fases reprodutivas iniciais R1 e R3, observaram aumentos na fixação de legumes, peso dos grãos e diminuição de flores abortadas em cultivos de soja protegidos e em campo.

Observa-se, portanto, que as melhores respostas por aplicações exógenas de citocininas têm ocorrido nas fases reprodutivas iniciais da soja, visto que, em trabalho realizado por Leite et al. (2003), usando citocinina aplicada via foliar nas fases vegetativas, não se encontrou efeitos sobre quaisquer variáveis estudadas. Essa ausência de resposta pode ser atribuída à época de aplicação.

Respostas diferenciadas às aplicações de citocininas exógenas são observadas em diversos estudos devido à variação nas concentrações utilizadas (Crosby et al., 1981; Goswami & Srivastava, 1987; Nagel et al., 2001; Cho et al., 2002; Nascimento & Mosquim, 2004).

Dyer et al. (1987) avaliaram diferentes fontes de citocininas e concluíram que a mais eficiente, na fixação de legumes, foi a benziladenina. No mesmo estudo, foi avaliada a eficiência da aplicação foliar, comparando-a com a aplicação direta aos ráculos concluindo-se que há menor eficiência da aplicação foliar; no entanto, ela apresenta um incremento, quando comparada ao controle sem aplicação de citocininas sintéticas.

Liu et al. (2004), avaliando o efeito da aplicação do BAP sobre a fixação de legumes de soja, concluíram que o aumento de fixação pode ser devido aos efeitos da cinetina em aumentar o provimento de fotoassimilados para o grão.

### 2.4.1 Bioestimulantes com citocininas na soja e em outras culturas

Bioestimulantes são considerados misturas de reguladores vegetais ou misturas de um ou mais regulador vegetal com outros compostos químicos de diferente natureza, tais como: aminoácidos, vitaminas, nutrientes minerais e açúcares, dentre outros. Os principais bioestimulantes conhecidos nas condições tropicais são o Stimulate<sup>®</sup>, o Promalin<sup>®</sup> e GA+2,4-D (Castro, 2006). Desses, apenas o Stimulate<sup>®</sup> e o Promalin<sup>®</sup> possuem citocininas sintéticas em sua composição.

O Stimulate<sup>®</sup> é um bioestimulante líquido que tem, em sua constituição, 90 mg L<sup>-1</sup> de cinetina, 50 mg L<sup>-1</sup> de giberelina (GA) e 50 mg L<sup>-1</sup> de ácido indolbutírico (IBA) (Stoller do Brasil, 1998).

O Promalin<sup>®</sup> possui, em uma proporção de 1:1, uma mistura de giberelinas (GA<sub>4</sub> + GA<sub>7</sub>), com BAP (benziladenina) com 1,8% de cada grupo (Gaston & Poniedzialek, 2003).

A utilização de Stimulate<sup>®</sup>, variando concentrações (250 e 500 mL ha<sup>-1</sup>), modos (via sementes e ou foliar) e épocas de aplicação, proporcionou maior produção de legumes e de grãos da cultura da soja, cultivar “FT Abyara”. O melhor tratamento, utilizando 500 mL ha<sup>-1</sup>, aplicados via foliar, na época V5, apresentou ganho de produtividade de 64,96% em relação à testemunha (Milléo, 2000).

Na cultura da soja, Domingues et al. (2004), estudando a aplicação do Stimulate<sup>®</sup>, observaram aumentos no número de folhas nas plantas, brotações laterais e produtividade de grãos, principalmente quando se usou altas concentrações do produto, seja via sementes ou foliar.

Em estudo no qual avaliou-se o uso do Stimulate<sup>®</sup> sob diferentes formas de aplicação e dosagens na cultura do feijoeiro, observou-se que, em três

aplicações foliares, obtiveram-se acréscimos na produtividade, no peso de 1.000 grãos, no número de internós por planta e no número de legumes por planta (Alleoni et al, 2000). Nessa mesma cultura, a aplicação foliar do Stimulate<sup>®</sup> (3 mL L<sup>-1</sup>), na fase reprodutiva da cultivar “IAC Carioca Tybatã”, resultou no aumento do peso dos legumes e na massa de grãos (Castro et al., 2004).

O uso de Promalin<sup>®</sup> em mudas de macieiras, pereiras e cerejeiras, em duas concentrações (250 e 500 mg L<sup>-1</sup>), estimulou a ramificação lateral das mudas em relação às plantas que não receberam o bioestimulante (Cody et al., 1985). Em mudas de macieiras, Gaston & Poniedzialek (2003), utilizando aplicações de Promalin<sup>®</sup> e dos bioestimulantes Arbolin 36SL<sup>®</sup> e Arbolin Extra<sup>®</sup>, que são à base de GA<sub>3</sub> e BAP, em diferentes dosagens, observaram aumentos nas ramificações laterais das mudas acima das obtidas nas mudas não tratadas. Os melhores resultados foram obtidos com as misturas de BAP e GA<sub>3</sub> (Arbolin<sup>®</sup>) que com a mistura BAP e GA<sub>4</sub>+GA<sub>7</sub> (Promalin<sup>®</sup>).

Visando aumentar a ramificação lateral em pessegueiro, em duas cultivares conduzidas em sistema adensado, Rufato et al. (2004) verificaram o efeito de diferentes doses de Promalin<sup>®</sup> aplicadas em plantas adultas. Na cultivar “Riograndense”, o Promalin<sup>®</sup> aumentou o comprimento dos ramos e o diâmetro do tronco, nas concentrações de 2.535 mg L<sup>-1</sup> e 3.067 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente; já na cultivar “Chimarrita”, o produto gerou uma tendência de reduzir o incremento do diâmetro do tronco.

Em diversos estudos em macieiras, tem sido demonstrado que a aplicação de Promalin<sup>®</sup>, durante e após o florescimento, tem contribuído para o aumento no tamanho e na massa dos frutos, obtenção de frutos com qualidade superior, boa coloração e padrão ideal (Tukey, 1981; Burak & Buyukyilmaz, 1997; Dabul & Ayub, 2005).

Pesquisas no Canadá utilizando diferentes concentrações de uréia combinadas com os reguladores vegetais, Ethefon<sup>®</sup> e Promalin<sup>®</sup>, aplicados via

foliar, em cerejeiras, no outono, mostraram que o Promalin® aumentou a concentração de nitrogênio nos botões florais, os quais se apresentaram maiores e mais desenvolvidos e aumento na produção de frutos. A época de florescimento foi adiantada pelo Promalin®, enquanto o Etefon® apresentou efeito contrário em todas essas características avaliadas (Guak et al., 2005).



#### 2.4.2 Fitorregulador cinetina e similares em outras culturas

Observam-se, em revisões de literatura, diversas pesquisas nas quais se demonstram efeitos positivos na produtividade, características agrônômicas e outras em, várias culturas de importância agrônômica. Em milho, verificou-se que a aplicação de citocininas exógenas proporcionou aumento significativo da produtividade pelo aumento do número e peso de grãos (Dietrich et al., 1995).

Semelhantemente, em arroz, a aplicação de cinetina possibilitou o incremento do número de células no endosperma das sementes e aumento no peso total dos grãos (Yang et al., 2002; Yang et al., 2003)

A injeção foliar de zeatina proporcionou, na cultura do trigo, o incremento no número de flores férteis, assim como na produção de grãos (Wang et al., 2001).

No caso do feijão-gandu (*Cajanus cajan* L.), a aplicação de cinetina provocou um efeito positivo na cultura, aumentando o número de folhas nas plantas, a área foliar dessas, o diâmetro do caule, a altura das plantas, o comprimento dos legumes, o peso de 100 sementes e, ainda, o teor de clorofila nas folhas, nas flores e nos legumes. Aplicações de cinetina diminuíram a atividade da enzima protease, minimizando a perda de clorofila, durante vários estágios da planta, inclusive na senescência, além de aumentarem significativamente as quantidades de RNA e DNA nas folhas, flores e legumes, em comparação ao controle sem aplicação de cinetina (Mukherjee & Kumar, 2007).

Khalil et al. (2006), avaliando a aplicação de cinetina em três concentrações (10, 20 e 40 mg L<sup>-1</sup>), aplicadas duas vezes em plantas de lentilha, observaram que houve diminuição na altura de planta, porém, constataram aumento significativo no número das folhas, ramos, peso seco da parte aérea e

no número de flores produzidas por planta, nos teores de proteína e carboidratos nos grãos e no número e peso dos legumes e das sementes por planta. Esse mesmo aumento na produção de proteínas foi observado por Nascimento & Mosquim (2004), utilizando citocinina exógena em frutos de soja cultivados artificialmente; foram obtidos aumentos significativos de até 12,4% em relação ao tratamento controle.

A aplicação de fitorreguladores pode ser associada à de nutrientes. Conforme Goswami & Srivastava (1987), que observaram que o BAP e a uréia, aplicados via foliar, em girassóis, aumentaram o peso do capítulo, o peso das sementes por planta e o peso de 100 sementes, particularmente quando aplicados em 30, 60 e 90 dias após a semeadura. Além disso, ambos atrasaram a senescência das folhas e o BAP aumentou a altura das plantas.

As citocininas estão envolvidas em importantes processos fisiológicos que minimizam diversos efeitos negativos na plantas, quando essas encontram-se em condições adversas de ambiente. A aplicação foliar de cinetina contrabalanceou os efeitos deletérios da salinidade e do alagamento na atividade fotossintética e outros importantes eventos fisiológicos nas plantas de feijão-macassar (*Vigna sinensis*) e de milho (*Zea mays*) (El-Shihaby et al., 2002).

A cinetina aplicada via foliar aumentou a atividade da nitrato-redutase, o conteúdo de clorofila, de proteína e a taxa fotossintética nas folhas do feijão - mungo (*Vigna radiate* L) e, ainda, incrementou o número de legumes fixados e a produção de grãos na colheita (Fariduddin et al., 2004).

## 2.5 Adubação potássica na soja

O fertilizante nitrato de potássio é tido como um adubo potássico por apresentar em sua composição cerca de 44% de  $K_2O$  e apenas 13% de nitrogênio.

O potássio é o segundo nutriente mais requerido pela soja, depois do nitrogênio, possuindo alta mobilidade em todas as partes da planta. É um macronutriente primário não estrutural, ou seja, não é metabolizado na planta e forma ligações com moléculas orgânicas de forma temporária. No entanto, é o íon de maior concentração nas células vegetais, sendo responsável por importantes processos fisiológicos, tais como a ativação de diversas enzimas, regulação do potencial osmótico, do balanço iônico, na fotossíntese, na formação de amido e na síntese protéica (Marschner, 1995; Taiz & Zeiger, 2004).

Além de ser o segundo nutriente mais absorvido pela soja, é também o segundo mais exportado, em proporções de até  $18,5 \text{ kg t}^{-1}$  de grãos de soja (Tanaka & Mascarenhas, 1992), devendo haver uma reposição nesses níveis para a manutenção da fertilidade do solo.

De maneira geral, os solos brasileiros apresentam baixos valores de capacidade de troca de cátions, ou CTC, e um alto grau de intemperização. Portanto, apresentam baixos níveis de potássio, não sendo suficientes para suprir a quantidade extraída pela cultura de soja, devendo haver suplementação por meio de adubações potássicas (Sfiredo et al., 1994).

No solo, o potássio comporta-se como íon cátion monovalente e, dessa forma, é bastante móvel no perfil e nas fases do solo, podendo ser facilmente absorvido, fixado, adsorvido aos colóides, permanecer na solução do solo ou ser lixiviado, sendo esse um dos principais problemas do nutriente em nossos solos

(Raij, 1991). Há casos em que as perdas aproximam-se das quantidades extraídas pelas culturas. Por razões como essa, recomenda-se, sempre que possível, o parcelamento dos adubos potássicos em solos com baixa CTC.

Além da perda por lixiviação, devem-se considerar as perdas que ocorrem por causa da erosão hídrica. Em recente estudo, Bertol et al. (2007) calcularam essas perdas e concluíram que o valor monetário da perda anual por hectare de potássio, expresso na forma de cloreto de potássio, por erosão hídrica, foi de US\$ 13,55 ha<sup>-1</sup>. Esse valor é equivalente a 2,6 vezes o representado pelo somatório das perdas de fósforo na forma de superfosfato triplo e de Ca e Mg na forma de calcário, na média dos três sistemas de manejo do solo avaliados. No sistema semeadura direta, essas perdas foram de US\$ 11,48 por hectare por ano, enquanto que, no plantio mínimo, foram de US\$ 12,17 e, no plantio convencional, de US\$ 16,99.

Apesar dessa elevada exigência, da baixa disponibilidade e altas perdas por lixiviação e erosão de alguns solos, são poucos os trabalhos em que se observaram respostas e, de forma consistente, dessa cultura à adubação potássica (Mascarenhas et al., 1994; Oliveira et al., 2001). Os fatores que determinam a ausência desse efeito estão relacionados ao tipo de solo, nível do nutriente no solo, exigência nutricional das cultivares antigas e tempo de duração reduzido dos experimentos, além da aplicação inadequada do fertilizante (Yamada & Borkert, 1992).

Casos recentes de deficiência de potássio em soja têm ocorrido mesmo em solos com bom teor do nutriente e podem ser relacionados com o uso de variedades altamente produtivas; mudanças nas práticas culturais, como o uso de sistema plantio direto na palha, aumento das doses e má distribuição ou distribuição superficial de calcário; ocorrência de estresses hídricos e aplicação de adubos com baixos teores de potássio, segundo Mascarenhas et al. (1988), Sacramento & Rosolem (1998) e Oliveira et al. (2001).

Apesar de não ser tão estudada como as outras formas de adubação, a adubação via foliar não é uma prática recente, havendo relatos há mais de um século de sua existência (Borkert et al., 1987).

A aplicação do potássio via foliar, na forma de nitrato de potássio, por ser um fertilizante altamente solúvel e não conter cloro em sua fórmula, é prática rotineira em alguns cultivos de soja sob irrigação e de alta produtividade, principalmente em regiões de solos arenosos. A finalidade é corrigir ou prevenir, com maior rapidez e eficiência, a deficiência tardia, quando a planta pode apresentar uma deficiência não visível denominada de fome oculta, evitando ou reduzindo, assim, perdas na produção, suplementando a adubação de solo (Zancanaro, comunicação pessoal, 2005).

Proposta por Garcia & Hanway (1976), a adubação foliar suplementar no estádio reprodutivo é baseada no fato de que, a partir do início da floração, a atividade radicular da planta diminui à medida que há um aumento da translocação de nutrientes das folhas para as sementes. Dessa maneira, o fornecimento de nutrientes via foliar poderia aumentar seus teores e retardar a queda da taxa fotossintética.

Nelson et al. (2005) avaliando durante dois anos diferentes doses e épocas de aplicação de potássio via foliar na soja, concluíram que a aplicação via foliar não substitui o potássio aplicado no solo; no entanto, a aplicação foliar pode ser uma ótima opção de adubação suplementar quando as condições edafoclimáticas não forem favoráveis para uma boa absorção do potássio oriundo do solo, proporcionando significativos aumentos de produtividade com a prática.

Os mesmos autores observaram que apenas a aplicação mais tardia (R3-R4) de potássio em sua maior concentração (36 kg ha<sup>-1</sup> de K) proporcionou incrementos nos níveis de potássio nos grãos, quando comparado à testemunha, possivelmente pelo incremento na translocação do elemento para os grãos.

Dessa forma, a adubação foliar, utilizando sais minerais altamente solúveis, como o nitrato de potássio, visando a suplementar e ou a complementar a adubação do solo, poderá ser uma prática promissora, se corroborada pela pesquisa científica, uma vez que há, ainda, inúmeros pontos obscuros a serem estudados para que seja possível sua utilização em larga escala (Rezende & Gris, 2005).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área experimental

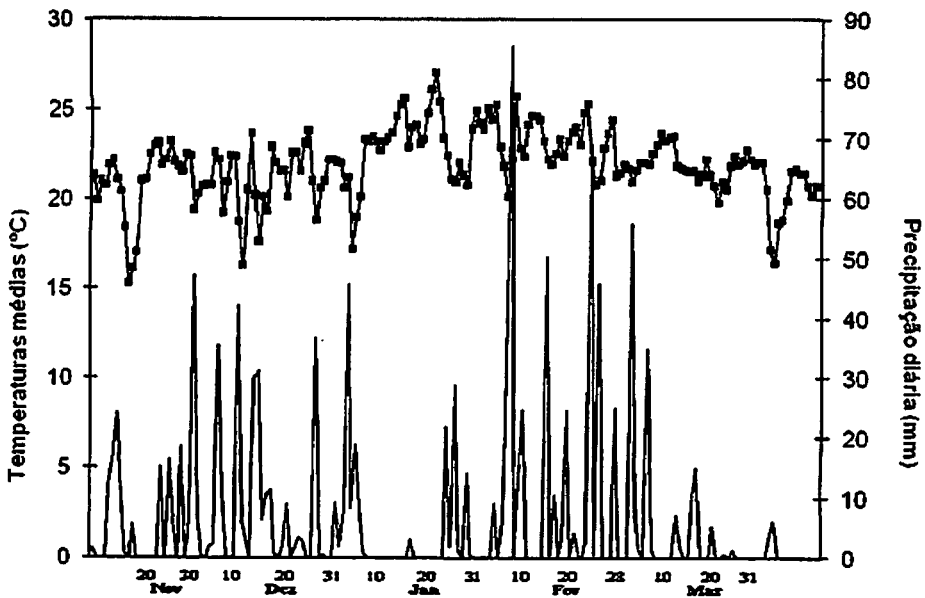
O experimento foi conduzido na Fazenda Milanez, situada no município de Itutinga (MG), na latitude de 21°23'29,8" S, longitude de 044°39'13,2" O e altitude média de 958 m, em solo utilizado classificado como do tipo Cambissol, com a textura argilosa (53% de argila), cuja características químicas encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Características químicas do solo amostrado da área experimental.

H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		Cmolc dm <sup>-3</sup>						
pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T
5,5	2,5	145	2,6	0,7	0	3,2	3,7	3,7	6,9
dag kg <sup>-3</sup>	mg L <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>						%
MO	P rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	V	
3,4	7,5	1,0	45,4	9,7	4,4	0,2	42,5	53,4	

Análise de solo realizada no Instituto de Química "John Wheelock" do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

O clima da região, baseado na classificação internacional de Köppen, é do tipo Cwb, temperado úmido (com verão quente e inverno seco). Na impossibilidade de utilizar dados meteorológicos locais, optou-se por usar os de Lavras que, dista apenas 50 km do local do ensaio e encontra-se situado geograficamente na mesma Microbacia Hidrográfica do Alto Rio Grande. Segundo dados provenientes da Estação Meteorológica de Lavras (21°14'06''S e 45°W, 918m de altitude), a região é caracterizada por uma precipitação pluviométrica total de 23,4 mm no mês mais seco e de 295,8 mm no mês mais chuvoso. A temperatura média é de 22,1°C no mês mais quente e de 15,8°C, no mês mais frio. A precipitação média anual é de 1529,7 mm, segundo Antunes (1986) e Brasil (1992).



**FIGURA 1**–Variação diária da temperatura média do ar e pluvimetria, de novembro de 2005 a abril de 2006. UFLA, Lavras, MG.  
 Fonte: Estação Meteorológica de Lavras, MG



### 3.2 Instalação e condução do experimento

O presente trabalho foi conduzido em solo corrigido com dois anos de cultivo, sendo, portanto, considerado solo de média a alta fertilidade, o que pode ser constatado pelos dados contidos nas Tabelas 1 e 2. A adubação de sementeira foi realizada de acordo com a análise de solo e as interpretações de acordo com Ribeiro et al. (1999), utilizando-se 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 0-30-10.

As sementes de soja foram inoculadas, antes da sementeira, com *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando-se um inoculante na proporção mínima de 1.200.000 de bactérias por sementes. A sementeira foi realizada no dia 08/11/2005, início do período chuvoso, sendo as sementes semeadas manualmente à profundidade de 2 a 3 cm.

Cinco dias após a sementeira (13/11/2005), observou-se uma emergência uniforme e vigorosa, o mesmo verificado, posteriormente, em relação à floração. Em 21/11/2005, procedeu-se um desbaste, uniformizando o estande inicial para 15 plantas por metro linear, buscando-se uma população ideal de 300.000 plantas por hectare. O controle das plantas daninhas foi realizado por meio de capina manual, a fim de evitar matocompetição. Todos os tratamentos receberam, sempre que necessário, os demais tratos culturais indispensáveis à cultura. Para o controle de vaquinhas (*Diabrotica speciosa*), foi aplicado dia 04/02/2006 o produto comercial FICAM<sup>®</sup> (Bendiocarb).

Aplicou-se cobalto e molibdênio, optando-se pela via foliar no estágio V5, utilizando 3 g de Co ha<sup>-1</sup> e 30 g de Mo ha<sup>-1</sup>. No controle da Ferrugem Asiática e complexo de doenças do final de ciclo, foi aplicado o fungicida Ópera<sup>®</sup> na dose de 0.5L ha<sup>-1</sup>.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, utilizado-se um esquema fatorial 5 x 4, com três repetições, compreendendo 5 concentrações de cinetina (0, 250, 500, 750 e 1.000 mg ha<sup>-1</sup>) e 4 de nitrato de potássio (0, 5, 10

e 15 kg ha<sup>-1</sup>), com aplicação foliar na fase fenológica de início de formação dos legumes R3 (Fehr & Caviness, 1977), que ocorreu no dia 11/02/2006, por meio de spray de pressão de CO<sub>2</sub>, à pressão constante de 2,8 kgf cm<sup>-2</sup>, utilizando-se um volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>. Na dosagem zero, foi aplicada água como controle.

Utilizou-se a cinetina fabricada pela Sigma-Aldrich Corporation. Foi preparada uma solução estoque, diluída em HCl 0,5 normal, completando-se o volume de 200 mL com água desmineralizada e mantida sob refrigeração a 0°C até o momento da aplicação. Como fonte de potássio, foi empregado o nitrato de potássio PA (puro para análise) fabricado pela Merck, Darmstadt, Alemanha e, como adjuvante, Natur'l Óleo<sup>®</sup> a 0,5% v/v.

A cultivar utilizada foi a “BRSGO Luziânia”, devido seu alto potencial produtivo no cenário da sojicultura nacional e do Estado de Minas Gerais. A cultivar pertence ao grupo de maturação médio, sendo altamente exigente em nutrientes (solos férteis), de crescimento determinado e resistente ao acamamento.

As parcelas no campo foram constituídas de quatro fileiras de 5,0 m e espaçadas entre si em 0,5 m, sendo retiradas, a título de bordadura, duas fileiras externas e 0,5 m de cada extremidade das fileiras centrais, correspondendo à área de 4 m<sup>2</sup> de parcela útil.

Durante o pleno florescimento das parcelas (estádio R2), foi realizada a análise dos teores dos elementos (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Zn e Fe) nas folhas, por amostragem, da quarta folha trifoliolada do ápice para a base em 20% das plantas das fileiras úteis, de todas as parcelas, antes da aplicação dos tratamentos, para verificação do estado nutricional das plantas, cujos valores são apresentados na Tabela 2.

**TABELA 2. Resultado da análise foliar, obtido no experimento doses de cinetina e de nitrato de potássio, via foliar, na soja Itutinga - MG, 2005/2006 (Todas as unidades p/p)**

N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
g kg <sup>-1</sup>						Ppm				
6,84	0,22	1,85	0,96	0,29	0,40	33,5	11,1	115,0	54,9	28,8

Realizou-se um mapeamento da cultura, de acordo com proposta de Costa (2004), pelo fato de ser uma poderosa ferramenta de documentação, manejo e entendimento das respostas morfológicas da soja ao ambiente. Esse processo consiste no rastreamento dos locais de frutificação na planta, avaliando-se a distribuição dos legumes no seu perfil, dividindo-a em parte superior, mediana e basal, monitorando-se a sua estatura, o número de frutos formados e os componentes primários de produção.

No início da frutificação, fase fenológica R3, determinou-se o desenvolvimento e vigor das plantas, por meio da contagem de frutos e flores (estruturas reprodutivas), avaliando-se o seu posicionamento na planta.

No mapeamento final, na fase R8 (maturação), estimou-se o rendimento das parcelas, levando-se em conta os componentes de produção (número e posicionamento dos legumes por planta, número de sementes por legume e peso de mil sementes), utilizando-se uma amostragem de dez plantas nas fileiras úteis.

Na ocasião da colheita, foram avaliadas, nas áreas úteis de todas as parcelas, as seguintes características: produtividade (corrigida a umidade dos grãos para 13%), altura da planta e da inserção do 1º legume (expressos em cm), índice de acamamento (notas de 1 a 5, segundo Bernard et al., 1965). Essas três últimas características foram determinadas em cada parcela, tomando-se, aleatoriamente, dez plantas das fileiras úteis.

### **3.3 Análise estatística**

Os dados obtidos nas diferentes avaliações foram submetidos ao teste F para análise de variância e, os efeitos dos tratamentos, quando significativos, à análise de regressão. Utilizou-se, para análise de variância, o programa Sisvar<sup>®</sup> (Ferreira, 2000). Na análise de correlação, utilizou-se o teste t, entre as diversas variáveis respostas avaliadas, por meio do programa SAS<sup>®</sup> (1987).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados relativos à análise de variância, apresentados nas Tabelas 3 e 4, verifica-se que a cinetina proporcionou aumentos em algumas características avaliadas, como peso de mil sementes (PMS), número total de legumes por planta (LT), número de legumes no terço inferior (LI) e no terço mediano (LM) do dossel, produção de sementes por planta (PP) e na produtividade (PT).

Ao contrário da cinetina, o nitrato de potássio, quando aplicado via foliar no estágio reprodutivo R3, não apresentou efeito significativo sobre as características avaliadas na cultura e, não havendo nem mesmo interação com a cinetina.

Este resultado é condizente com ensaios realizados em solução nutritiva, em que a infusão de potássio via xilema para plantas de soja não foi significativamente importante para diminuir a senescência foliar, aumentar o número de legumes, o peso dos grãos e a produtividade da soja (Grabau et al., 1986).

A adubação potássica na soja tem mostrado, ao longo dos anos e em diversas localidades, resultados inconsistentes no aumento de produtividade e, muitas vezes, com inexistência de incrementos (Mascarenhas et al., 1994; Oliveira et al., 2001). Diversos fatores podem explicar a ausência de resposta da soja à aplicação de potássio via foliar. Sacramento & Rosolem (1998), em estudos de soja em hidroponia, demonstraram que os fatores idade, cultivar e estado nutricional do potássio na planta podem afetar as relações de eficiência e o índice de utilização desse elemento.

**TABELA 3.** Resumo das análises de variância dos dados relativos à altura de plantas (AP), altura de inserção do primeiro legume (IL), número de sementes por legume (SL), peso de mil sementes (PMS) e número de legumes totais por planta (LT), obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga, MG, 2005/2006.

Causas variação	GL	Quadrados médios				
		AP	IL	SL	PMS	LT
Blocos	2	775,55	8,32	0,02	45,07	111,02
Cinetina (C)	4	47,96	3,56	0,04	49,56*	245,85**
Nitrato (N)	3	112,55	0,11	0,004	9,91	2,75
C * N	12	97,70	1,90	0,02	5,98	7,29
Resíduo	38	141,90	2,18	0,02	15,63	16,86
CV (%)		14,06	8,98	6,80	2,43	6,64

\* e\*\* significativos, a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste de F

**TABELA 4.** Resumo das análises de variância dos dados relativos à número de legumes inferiores por planta (LI), medianos por planta (LM), superiores por planta (LS), produção de sementes por planta (PP) e produtividade (PT), obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga - MG 2005/2006.

Causas variação	GL	Quadrados médios				
		LI	LM	LS	PP	PT
Blocos	2	1,36	41,26	10,37	15,70	509144,33
Cinetina (C)	4	4,03**	143,66**	12,69	38,95*	1857419,64**
Nitrato (N)	3	0,05	10,02	20,72	3,24	22308,29
C * N	12	1,06	14,53	13,11	1,79	254750,54
Resíduo	38	1,00	16,40	13,27	2,91	189890,06
CV (%)		13,52	11,36	19,39	8,43	11,58

\* e\*\* significativos, a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste de F

Entre as condições que proporcionam maiores probabilidades de resposta à adubação potássica, encontra-se a utilização de solos com baixos teores e disponibilidade de potássio e de baixa CTC, como, por exemplo, os arenosos e pobres em matéria orgânica, diferentemente das condições de solo do presente trabalho, conforme pode-se observar pelos dados da Tabela 1.

Além disso, conforme observa-se nos dados da Tabela 2 observa-se que a lavoura encontrava-se nutricionalmente em boas condições, não se observando sinais de deficiência nutricional ou de fome oculta de potássio ou outros nutrientes. Tais condições podem ter colaborado para a ausência de efeito da adubação foliar potássica na lavoura, uma vez que a aplicação de potássio via foliar pode se constituir numa boa opção de adubação suplementar apenas quando as condições edafoclimáticas não forem favoráveis para uma regular absorção do potássio oriundo do solo (Nelson et al., 2005).

A utilização do nitrato de potássio via foliar pode ser mais eficiente em épocas mais antecipadas de aplicações, entre V4 e R2. Os mesmos autores testaram diferentes épocas de aplicação de sulfato de potássio via foliar, em V4, R1-R2 e R3-R4 e observaram que a aplicação em R3-R4 foi a que apresentou a menor produtividade, concluindo que a característica foi maximizada quando se aplicaram  $36 \text{ kg ha}^{-1}$  de potássio nas fases V4 ou R1-R2.

Outro ponto a se considerar é que as doses utilizadas de nitrato de potássio podem ter sido pequenas, para que houvesse um efeito significativo na cultura. Nesse aspecto, tomou-se o cuidado de se trabalhar com doses recomendadas pelas principais empresas produtoras desse adubo, extrapolando-se as maiores doses até um limite econômico razoável de investimento.

#### 4.1 Características agronômicas

As características agronômicas altura de planta (AP) e altura de inserção do primeiro legume (IL) não foram influenciadas nem pela aplicação de cinetina e tampouco pelo nitrato de potássio. Os resultados médios obtidos no experimento são apresentados na Tabela 5.

**TABELA 5.** Resultados médios da altura das plantas (cm) e da inserção do 1° legume (cm), obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga, MG, 2006.

Cinetina (mg)	Nitrato de Potássio (kg ha <sup>-1</sup> )									
	Altura de plantas					Altura de inserção primeiro legume				
	0	5	10	15	Médias	0	5	10	15	Médias
0	80.3	88.7	81.0	79.3	82.3	14.7	15.0	16.0	17.3	15.8
250	83.0	87.0	95.0	84.7	87.4	16.3	17.3	17.0	16.3	16.8
500	84.0	88.0	90.7	71.7	83.6	16.3	16.3	16.7	16.0	16.3
750	81.7	89.3	81.7	85.0	84.4	16.7	16.0	15.7	16.3	16.2
1000	95.0	81.3	84.0	83.7	86.0	17.7	17.7	17.3	16.0	17.2
Médias	84.8	86.8	86.5	80.8	84.8	16.3	16.5	16.5	16.4	16.4

Estes resultados eram, até certo ponto, esperados, pelo fato do estágio de aplicação dos produtos ter sido em R3, época em que essas características já se encontravam definidas. Comportamento semelhante foi observado por Cho et al. (2002), também em soja, ao avaliar o uso de BAP em condições de campo, aplicado durante as fases reprodutivas iniciais.

As alturas de inserção do primeiro legume podem ser consideradas dentro dos padrões para a colheita mecânica, uma vez que, com a utilização de colhedoras mais novas, consegue-se bom trabalho com cultivares que apresentam inserção próxima a 12 cm.

Não foram observadas diferenças quanto ao grau de acamamento (dados não publicados), recebendo todas as parcelas nota 1 (ausência de acamamento). Este resultado condiz com a estatura média apresentada pelas plantas no



experimento, já que plantas de porte acima do normal tendem a se acamar, apresentando, por consequência, a perda de produtividade no campo devido às perdas ocorridas durante o corte da planta pelas colhedoras.

Não houve diferenças significativas para estande final das plantas (dados não publicados), demonstrando não ter ocorrido perda significativa de plantas durante a condução do experimento. Não se constatou, aparentemente, nenhum efeito fitotóxico na cultura, com relação à aplicação de ambos os produtos. Aparentemente, as doses utilizadas dos produtos encontravam-se dentro do limite para este efeito, haja vista que, em trabalhos que receberam altas concentrações de citocininas sintéticas, ocorreram perdas de plantas pela morte das mesmas (Nagel et al., 2001).

#### **4.2 Número de sementes por legume e peso de mil sementes**

Os componentes do rendimento determinam a produtividade da lavoura e são representados, principalmente, pelos fatores número de legumes por planta, sementes por legume e peso da semente. O número de legumes por planta é mais responsivo aos tratamentos, uma vez que o número de sementes por legume e o peso da semente possuem maior controle genético e, por isso, são dotados de maior resistência às fontes de variação (Ritchie et al., 1997).

Não foi observado efeito significativo sobre o número de sementes por legume (SL) nas plantas da soja, conforme dados apresentados nas Tabelas 3 e 6. O número de sementes por legumes é definido pelo número de óvulos por legumes e pela frequência de aborto dos embriões, sendo um fenótipo quantitativo controlado por vários genes. O conteúdo de óvulos no ovário é de um a quatro e o seu número médio por legumes é determinado geneticamente (Tischener et al., 2003), sofrendo pouca influência de tratamentos que

modifiquem o ambiente, tais como a aplicação de nutrientes e reguladores vegetais.

**TABELA 6.** Resultados médios de número de sementes por legume e de peso médio de mil sementes (g), obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga, MG, 2006.

Cinetina (mg)	Nitrato de Potássio (kg ha <sup>-1</sup> )									
	Sementes por legume					Peso de mil sementes				
	0	5	10	15	Médias	0	5	10	15	Médias
0	2,15	2,16	2,13	2,19	2,16	162,7	160,3	160,0	163,0	161,5
250	2,24	2,12	2,26	2,30	2,23	162,3	161,7	161,7	161,0	161,7
500	2,19	2,08	2,02	2,19	2,12	162,0	163,0	159,0	160,0	161,0
750	2,11	1,99	2,17	2,07	2,09	166,0	163,7	162,3	162,3	163,6
1000	2,00	2,25	2,14	2,05	2,11	164,7	166,0	165,0	168,0	165,9
<b>Médias</b>	2,14	2,12	2,15	2,16	2,14	163,5	162,9	161,6	162,9	162,7

A aplicação de cinetina proporcionou diferenças no peso de mil sementes (PMS), quando aplicada via foliar. Em média, as diferentes doses proporcionaram incrementos de 1%, comparando-se ao tratamento controle, com a maior dose incrementando o peso em 2,7% (4,4 g). Pela análise de regressão, obteve-se uma equação linear ajustada aos dados coletados, conforme se observa na Figura 2.

Resultados similares foram observados por alguns autores que utilizaram citocininas sintéticas (Dyer, et al., 1986; Carlson et al., 1987). Esses resultados podem ser devidos ao acúmulo de matéria seca que se inicia nas partes vegetativas da planta; porém, entre R3 e R5 transloca-se gradativamente para os legumes e grãos em formação (Ritchie et al., 1997). Nessa situação, a aplicação de citocininas exógenas pode aumentar a força de dreno para esses grãos, incrementando o seu peso.

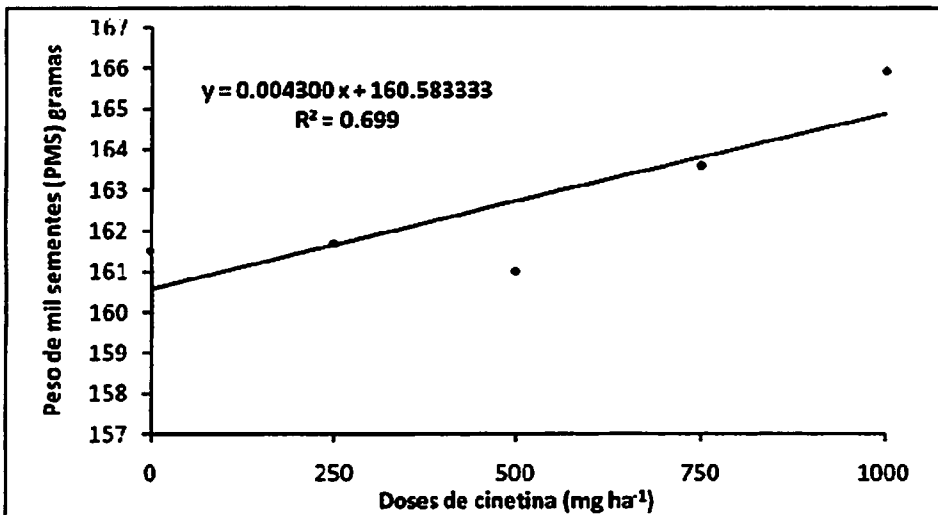


FIGURA 2. Variação do peso de mil sementes (em gramas) das plantas de soja em função das doses de cinetina, em mg ha<sup>-1</sup>. Itutinga, MG, 2006.

Na cultura da soja, sob condições de campo, Cho et al. (2002) observaram incrementos nessa característica, utilizando o BAP aplicado no estádio R1, de 11,5% e de 8,2%, comparando-se com o tratamento testemunha, quando se aplicou em R3.

Nascimento & Mosquim (2004) analisando o cultivo artificial de legumes em meio de cultura, observaram que o uso de citocinina afetou o peso seco das sementes de soja, gerando um acréscimo de 6,3%, deduzindo que a citocinina pode estimular o transporte de assimilados às sementes, além de promover a expansão celular da mesma, possivelmente pelo aumento da extensibilidade da parede celular.

Mosjidis et al. (1993) observaram mudanças morfológicas nos tecidos dos endospermas e maior concentração de polissacarídeos nos amiloplastos durante o desenvolvimento de óvulos das flores de soja tratadas com citocinina, além de uma maior taxa de absorção de P<sup>32</sup> e peso seco desses óvulos.

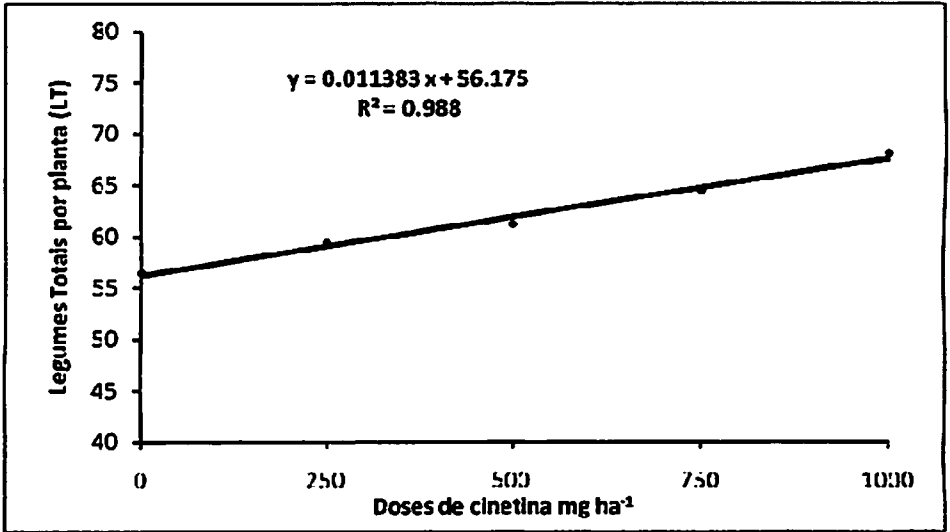
Esse incremento no peso médio de grãos também foi observado em diversas culturas, como no milho, no arroz, trigo, feijão-guandu, lentilha, girassol e outras (Goswami & Srivastava, 1987; Dietrich et al., 1995; Wang et al., 2001; Yang et al., 2002; Yang et al., 2003; Khalil et al., 2006; Mukherjee & Kumar, 2007).

#### 4.3 Número de legumes por planta

A utilização da cinetina via foliar proporcionou ganhos significativos no número de legumes totais fixados nas plantas (LT), com incrementos médios de 6,9 legumes por planta (12,1%) em relação ao tratamento testemunha. A maior dose proporcionou ganhos de até 11,7 legumes fixados nas plantas (20,7%), de acordo com os dados apresentados na Tabela 7 e Figura 3. Esses incrementos ocorreram, principalmente, pelo efeito da cinetina sobre os legumes posicionados nos terços inferior (LI) e médio (LM) do dossel.

**TABELA 7.** Resultados médios de número de legumes totais por planta e número de legumes inferiores por planta, obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga, MG, 2006.

Cinetina (mg)	Nitrato de Potássio (kg ha <sup>-1</sup> )									
	Legumes totais por planta					Legumes inferiores por planta				
	0	5	10	15	Médias	0	5	10	15	Médias
0	52.7	57.1	57.0	58.8	56.4	6.5	7.3	6.9	7.2	7.0
250	59.2	59.2	57.3	61.4	59.3	6.7	6.8	7.0	7.4	7.0
500	60.7	60.6	61.6	61.8	61.2	8.9	7.8	8.6	7.5	8.2
750	62.3	66.6	64.3	64.4	64.4	8.5	8.4	7.1	7.5	7.9
1000	66.9	67.5	66.2	71.7	68.1	6.6	6.8	7.7	7.1	7.1
<b>Médias</b>	60.4	62.2	61.3	63.6	61.9	7.4	7.4	7.5	7.3	7.4



**FIGURA 3** Variação do número de legumes totais por planta (em unidades) de soja, em função das doses de cinetina, em mg ha<sup>-1</sup>. Itutinga, MG, 2006.

Com esses resultados infere-se que a aplicação de citocininas sintéticas na cultura da soja é uma maneira possível de incrementar a fixação de legumes e, conseqüentemente, a produtividade, o que é corroborado pela literatura (Crosby et al., 1981; Carlson et al., 1987; Dyer et al., 1987; Peterson et al., 1990; Mosjidis et al., 1993; Reese et al., 1995; Nagel et al., 2001; Cho et al., 2002; Liu et al., 2004; Yashima et al., 2005; Nonokawa et al., 2007).

As principais hipóteses pelas quais os legumes abortam decorrem de uma deficiência de fotoassimilados ou de citocininas nos mesmos (Liu et al., 2004). A aplicação de citocininas exógenas aumenta os seus níveis endógenos e gera um aumento na força de dreno nos órgãos tratados, possivelmente pelo aumento da taxa de divisão celular (Mosjidis et al., 1993). As perdas de produtividade na cultura da soja devem-se, principalmente, ao incremento na taxa de aborto de legumes das plantas, resultando em um menor rendimento de grãos por unidade de área (Kokubun, 2004; Liu et al., 2004).

Foi observada alta correlação entre o número de legumes totais fixados com a produtividade alcançada utilizando-se doses crescentes de cinetina (Tabela 10). Este resultado discorda dos obtidos por Cho et al. (2002), os quais observaram que o incremento no número de legumes nem sempre apresentou correlação positiva com a produtividade.

No presente estudo, observaram-se respostas diferenciadas para a aplicação da cinetina quanto ao número de legumes fixados, em razão da posição deles no dossel da planta (Tabelas 7 e 8). Os terços inferiores e medianos sofreram influência significativa da aplicação da cinetina.

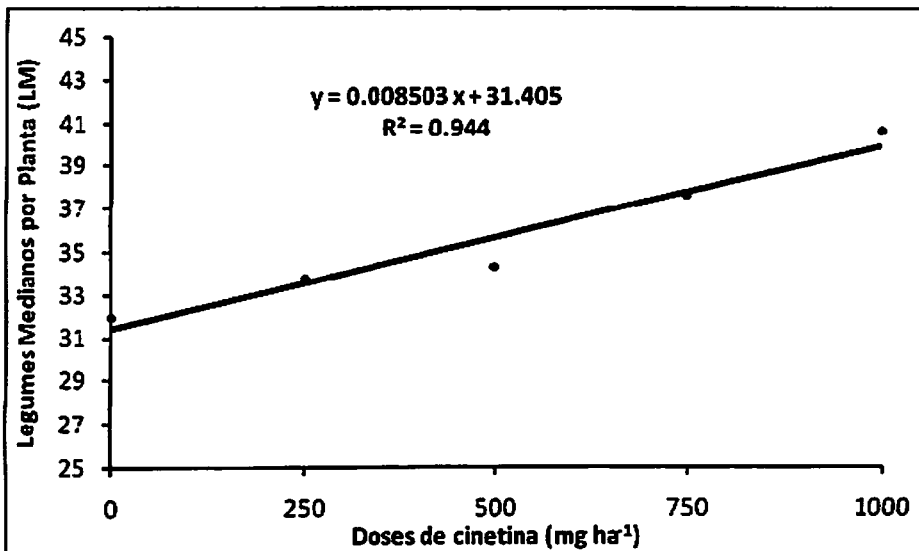
**TABELA 8.** Resultados médios de número de legumes medianos por planta e número de legumes superiores por planta, obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga, MG, 2006.

Cinetina (mg)	Nitrato de Potássio (kg ha <sup>-1</sup> )									
	Legumes medianos por planta					Legumes superiores por planta				
	0	5	10	15	Médias	0	5	10	15	Médias
0	29.4	32.9	34.9	30.4	31.9	16.8	16.8	15.2	21.2	17.5
250	34.4	34.5	29.6	36.6	33.8	18.2	17.9	20.7	17.4	18.5
500	33.3	32.3	36.2	35.4	34.3	18.6	20.4	16.7	18.9	18.7
750	35.7	36.7	40.1	38.0	37.6	18.1	21.5	17.1	18.9	18.9
1000	39.8	41.8	41.0	40.0	40.7	20.6	18.8	17.4	24.7	20.4
Médias	34.5	35.6	36.4	36.1	35.7	18.4	19.1	17.4	20.2	18.8

O terço médio e superior do dossel da soja apresentaram maior contribuição para o rendimento de grãos da soja, pela maior presença de estruturas reprodutivas (legumes) por planta em R8. O terço mediano, que representou cerca de 57,6% do total de legumes produzidos nas plantas, sob influência do efeito da cinetina, exibiu alta correlação com o total dos legumes produzidos e, conseqüentemente, sobre a produtividade (Tabelas 8 e 10).

Pela regressão dos dados de legumes medianos por planta, demonstra-se um efeito linear positivo das diferentes doses de cinetina utilizadas (Figura 4).

Em média, a aplicação de cinetina proporcionou um incremento de 14,6% (4,7 legumes por planta), alcançando valores máximos de 8,8 legumes por planta (incremento de 27,4%), quando se utilizou a maior dose, de 1.000 mg ha<sup>-1</sup> de cinetina (Tabela 8). A curva apresentou uma boa precisão no ajuste aos dados, com um coeficiente de determinação de 94,4% (Figura 4).



**FIGURA 4.** Variação do número de legumes medianos por planta (em unidades), em função das doses de cinetina, em mg ha<sup>-1</sup>. Itutinga, MG, 2006.

Não houve efeito significativo da aplicação da cinetina sobre o número de legumes no terço superior do dossel da cultura (Tabela 4).

Esta ausência de efeito pode ocorrer pelo fato dos legumes no terço superior serem um forte dreno natural nas plantas e, já o sendo, não têm sua força de dreno aumentada pela aplicação da cinetina. Na maturação, grande parte dos fotoassimilados da folha se move para os legumes inseridos no nó da mesma. Se os legumes são removidos, os assimilados movem-se,

principalmente, para baixo. Entretanto, constatou-se que, mesmo quando as folhas do terço superior do dossel foram removidas, alguns legumes da planta de soja, ainda assim, desenvolveram-se (Nelson et al., 1961), sugerindo que os legumes apicais constituem fortes drenos fisiológicos capazes de utilizar fotoassimilados localizados na região mediana da planta.

Taiz & Zeiger (2004) relatam que, em ensaios nos quais se avaliaram os alongamentos de entrenós e raízes, essas características foram inibidas por plantas transgênicas que expressavam o gene IPT e que uma possível explicação para este fato seja que o excesso de citocinina resulte em uma produção de etileno. Sendo um gás, possivelmente, o etileno pode ter percolado entre o dossel da planta e, ascendentemente, atingido o terço superior da planta, influenciando negativamente a fixação dos legumes nesta região.

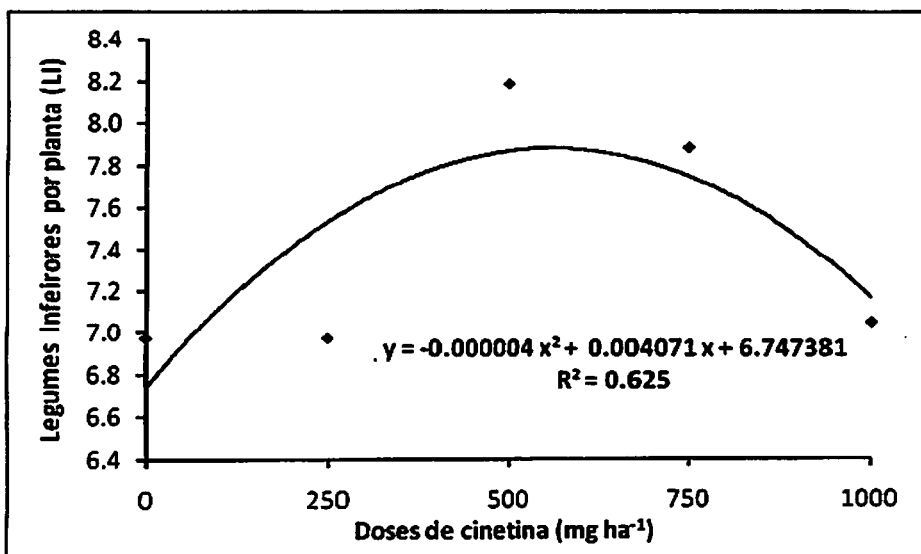
O uso de mutantes de ervilhas que expressam menos zeatina ribosídeo no xilema das raízes demonstrou que há uma alta produção de citocininas nas folhas. (Taiz & Zeiger, 2004). Sendo o terço superior do dossel o mais exposto à insolação, realiza mais fotossíntese, o que poderia gerar uma maior produção de produtos da fotossíntese, como as citocininas produzidas nas folhas, em que elas poderiam mascarar os efeitos da adição da cinetina aplicada.

Outro ponto a se considerar é que o terço superior da planta é a parte mais exposta da lavoura às intempéries climáticas e bióticas. Tais efeitos deletérios desses estresses podem ter influenciado negativamente a obtenção de efeitos benéficos da aplicação da cinetina via foliar.

Um modelo quadrático de resposta às doses de cinetina aplicada via foliar ajustou-se aos dados de número de legume no terço inferior do dossel, apresentando um ponto de máximo número de legumes no terço inferior do dossel (7,8 legumes planta<sup>-1</sup>) com o emprego da dose de 508,9 mg ha<sup>-1</sup> de cinetina (Figura 5). Nos resultados encontrados, observaram-se incrementos de até 17,6% no número de legumes, quando comparados ao tratamento controle.



Em média, a aplicação de cinetina proporcionou incrementos na ordem de 7,9%, comparados à testemunha (Tabela 7).



**FIGURA.5.** Variação do número de legumes inferiores por planta (em unidades), em função das doses de cinetina, em mg ha<sup>-1</sup>. Itutinga, MG, 2006.

Doses superiores a 508,9 mg ha<sup>-1</sup> proporcionaram uma queda no número de legumes, possivelmente pelo fato de que altas concentrações de citocininas induzem a uma maior atividade da enzima citocinina oxidase, devido, pelo menos em parte, ao aumento dos níveis de RNA em um subgrupo de genes (Gan & Amasino, 1995). Um modo que poderia se utilizar para amenizar esse efeito seria a utilização do parcelamento das aplicações.

Esses resultados se assemelham com os obtidos por Nagel et al. (2001) que, estudando a variação da dose de citocinina aplicada no número de legumes por planta, número total de sementes por planta e peso total das sementes por

planta, verificaram como resposta uma curva quadrática negativa, que demonstrava que altas doses apresentavam efeito negativo sobre essas variáveis.

De forma semelhante, Cho et al.(2002) encontraram resposta positiva sobre o número de legumes fixados, utilizando-se duas concentrações de 6-benzilaminopurina em duas cultivares de soja (“Manlee” e “Pungsan”), cultivadas em condições de ambiente protegido, com a aplicação da menor dose na cultivar “Manlee”.

A importância de uma correta tecnologia de aplicação de insumos via foliar assume peculiar mérito para aplicação de citocininas, pelo papel dessas na promoção da mobilização de nutrientes às partes aplicadas. Demonstra-se em diversos experimentos, que os nutrientes são preferencialmente transportados e acumulados em tecidos tratados com citocinina, estabelecendo uma nova relação de fonte/dreno nas partes aplicadas, e essas são metabolizadas nos tecidos tratados, possuindo limitada mobilidade entre os órgãos (Taiz & Zeiger, 2004).

Contudo, observa-se que a retirada de legumes das plantas faz com que essas retardem sua senescência, que é do tipo monocárpica, por alguns dias, o que pode ser devido ao fato dos legumes serem fortes drenos das citocininas e a sua retirada promove um redirecionamento dessas para as folhas (Taiz & Zeiger, 2004). Tal constatação justificaria a utilização, pelos legumes, da cinetina aplicada nas folhas.

#### 4.4 Produtividade

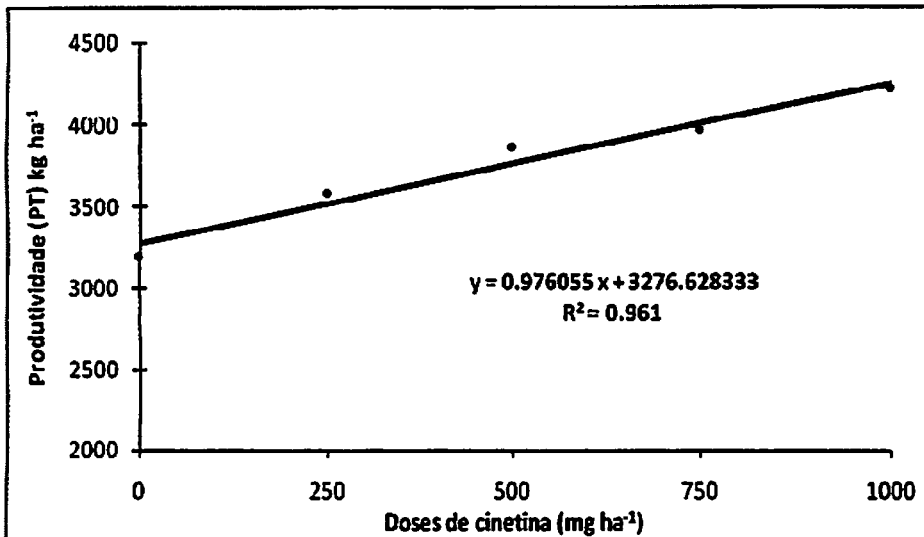
A utilização da cinetina via foliar proporcionou ganhos significativos na produtividade da soja, com incrementos médios de 22, 5% (718 kg ha<sup>-1</sup>), em relação ao tratamento testemunha. A maior dosagem proporcionou ganhos de até 32,3% (1.030 kg ha<sup>-1</sup>) na produtividade da cultura, conforme dados apresentados na Tabela 9.

De forma análoga, houve um incremento na produção por planta quando tratadas com a cinetina (Tabela 9). Observaram-se incrementos médios de 16%, ou 2,9 g planta<sup>-1</sup>. Quando se utilizou a maior dosagem, verificou-se um incremento de 27,1% na produção por planta (4,9 g planta<sup>-1</sup>). Ambas as variáveis analisadas apresentaram excelente precisão, verificadas pelos elevados coeficientes de determinação (Figuras 6 e 7).

**TABELA 9.** Resultados médios de produtividade e de produção por planta, obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga, MG, 2006.

Cinetina (mg)	Nitrato de Potássio (kg ha <sup>-1</sup> )									
	Produtividade (PT)					Produção por planta (PP)				
	0	5	10	15	Médias	0	5	10	15	Médias
0	3252	2854	2968	3685	3190	16.3	18.4	18.2	18.9	17.9
250	3913	3367	3509	3561	3588	19.2	19.8	18.9	20.1	19.5
500	4062	3797	3797	3856	3859	20.0	19.5	20.6	19.8	20.0
750	3743	4143	4143	3710	3967	20.7	21.5	21.2	20.5	21.0
1000	3914	4378	4378	4161	4220	22.0	22.0	22.6	24.5	22.8
Médias	3777	3708	3780	3794	3765	19.6	20.2	20.3	20.8	20.2

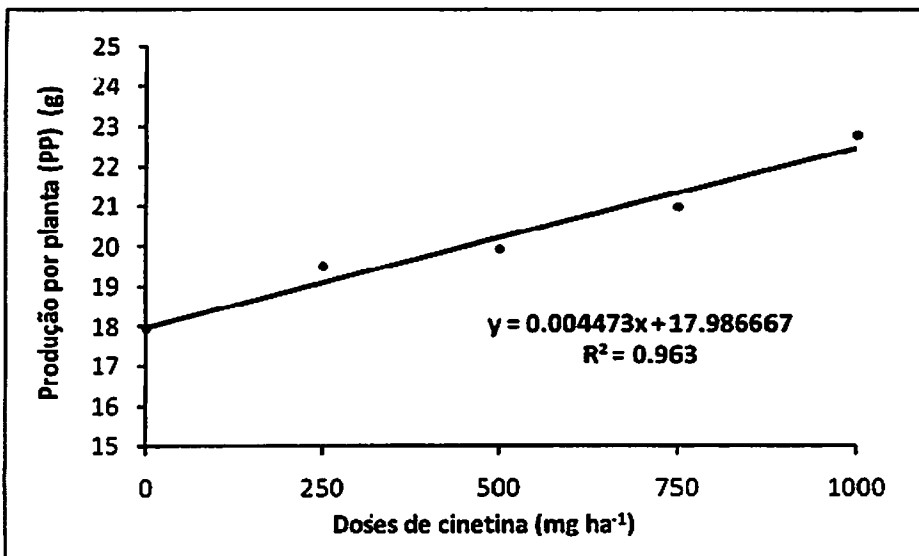
Tais incrementos são consistentes com dados de literatura, observados em soja por diversos autores, em condições de cultivo protegido e de campo (Crosby et al., 1981; Kamal et al., 1985; Carlson et al., 1987; Dyer et al., 1987; Peterson et al., 1990; Mosjidis et al., 1993; Reese et al., 1995; Nagel et al., 2001; Cho et al., 2002; Liu et al., 2004; Yashima et al., 2005; Nonokawa et al., 2007).



**FIGURA.6.** Variação da produtividade (em kg ha<sup>-1</sup>), em função das doses de cinetina, em mg ha<sup>-1</sup>. Itutinga, MG, 2006.

Em condições de campo, Cho et al. (2002) avaliando a aplicação de dois fitorreguladores (BAP e 2,4-DP), em duas cultivares (“Manlee” e “Pungsan”), aplicados em duas épocas (R1 e R3), encontraram efeitos significativos na produção de grãos por planta, apenas quando foi utilizada citocinina sintética BAP aplicada em R3 na cultivar “Pungsan”.

Kamal et al. (1985) observaram incrementos de até 9,3% na produtividade de duas cultivares de soja (“Tachinagaha” e “Tidar”) quando se aplicaram 5 ppm de cinetina no florescimento das plantas



**FIGURA.7.** Variação da produção por planta (gramas planta<sup>-1</sup>), em função das doses de cinetina, em mg ha<sup>-1</sup>. Itutinga, MG, 2006.

As maiores concentrações de cinetina proporcionaram os maiores incrementos na produtividade. Uma possível explicação para esses resultados pode ser pelo fato de que a cinetina se torne compartimentada nas folhas e se encontre, portanto, indisponível para atividade, assim como ocorre com citocininas glicosídeos oriundos das raízes que se acumulam inativas em folhas e sementes (Taiz & Zeiger, 2004). Havendo necessidade de utilizar maiores doses de cinetina para que essa se encontre livre e ativa após certas concentrações.

Um importante papel das citocininas é o de promover a expansão foliar (Taiz & Zeiger, 2004). A expansão das folhas e o conseqüentemente aumento da área foliar na cultura da soja (planta C<sub>3</sub>) pode provocar incremento na taxa assimilatória líquida (TAL), que representa o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido por meio da respiração, ou seja, a fotossíntese líquida, que representa o incremento em matéria seca por unidade de superfície

de área foliar disponível à planta, durante um certo intervalo de tempo pré-determinado (Hunt et al., 2002). Assim, qualquer variação positiva da área foliar aumenta, portanto, a formação de fotoassimilados necessários ao enchimento de grãos, proporcionando aumentos significativos na produtividade.

Outro ponto a se considerar é que as citocininas regulam, entre outros fatores, a síntese dos pigmentos e proteínas fotossintéticas. Esse fato pode influenciar diretamente o balanço da fotossíntese líquida, resultando em uma maior produção de fotoassimilados, expressando-se em uma maior produtividade de grãos.

Além da produção de maior fotoassimilados pela maior taxa fotossintética mediante o aumento da área foliar e dos teores de clorofila, é importante a utilização dessas reservas nos órgãos de interesse econômico, que no caso da soja, são os grãos. Nesse sentido, a capacidade das citocininas em regular a relação de forças entre as fontes e drenos pode exercer um importante papel para o incremento de produtividade da cultura, por meio da fixação de legumes e aumento do acúmulo de matéria seca dos grãos durante a fase R3, como foi observado no presente trabalho.

#### 4.5 Correlações estatísticas

O coeficiente de correlação linear é o modo mais indicado para medir a relação entre variáveis independentes, tais como características agronômicas e produtividade (Ferreira, 2000).

Na Tabela 10 são apresentadas as estimativas de correlações simples ( $r$ ) para diversas combinações das diversas características estudadas, como altura da planta, altura de inserção do primeiro legume, número de sementes por legume, total de legumes por planta, de legumes inferiores por planta, de legumes medianos por planta, de legumes superiores por planta, peso de mil sementes e produção por planta com a produtividade.

Os incrementos de produtividade por área e ou por planta ocorreram, principalmente, pelo aumento no número de legumes totais por planta, ocorrido devido ao efeito da aplicação da cinetina, conforme observa-se na Tabela 10 e Figura 8.

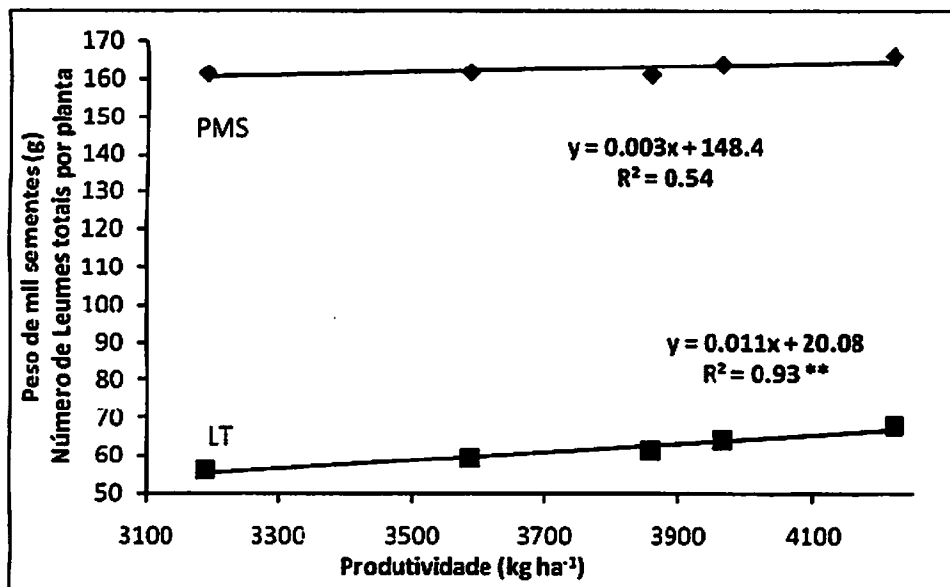
Kamal et al. (1985) observaram que os aumentos de produtividade em cultivares de soja tratadas com fitorreguladores durante o florescimento, dentre eles a cinetina, foram causados, principalmente, ao aumento de legumes fixados nas plantas.

O aumento na fixação de legumes influencia diretamente a produtividade da cultura, pois o potencial de rendimento da cultura da soja é influenciado, principalmente, pela produção, fixação e transformação das estruturas reprodutivas em legumes com grãos (Pires et al., 2000; Kokubun, 2004).

**TABELA 10.** Coeficientes de correlação linear entre algumas características agrônômicas com a produtividade da cultura da soja, obtidos no experimento doses de cinetina e nitrato de potássio na soja. Itutinga, MG, 2006.

Características agrônômicas	Produtividade (r=)	Produção por planta (r=)
Altura de plantas	0.42	0.47
Altura de inserção do 1º legume	0.71	0.77
Número de sementes por legume	0.50	0.40
Peso de mil sementes	0.74	0.88*
Número de legumes totais por planta	0.96 **	0.99 **
Número de legumes inferiores por planta	0.37	0.13
Número de legumes medianos por planta	0.92*	0.98**
Número de legumes superiores por planta	0.94*	0.98**
Produção por planta	0.97 **	--

\* e \*\* significativos, a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t.



**FIGURA 8.** Correlações entre peso de mil sementes (PMS) e número de legumes totais (LT) com a produtividade (kg ha<sup>-1</sup>). Itutinga, MG, 2006.

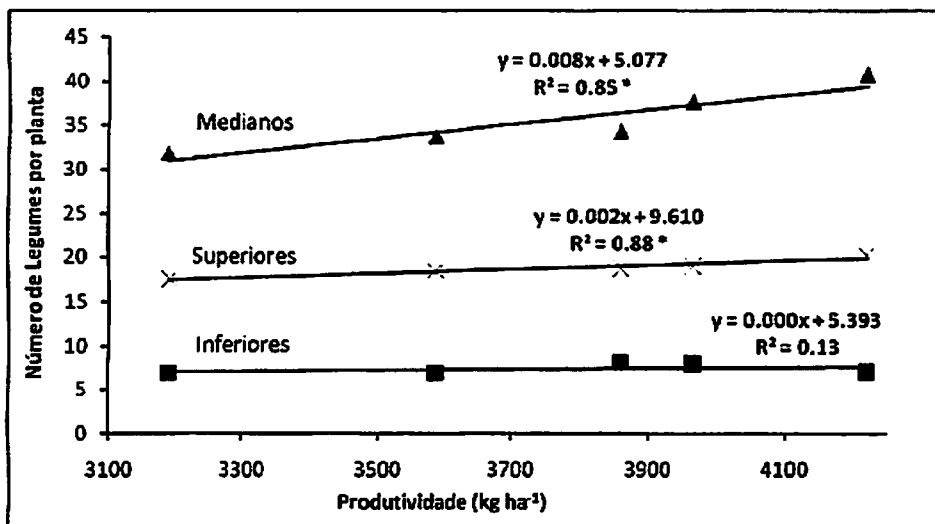
\* e \*\* significativos, a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t.



Apesar da cinetina ter influenciado o peso de mil sementes (Tabela 3 e Figura 6), estes incrementos não foram correlacionados ao aumento da produtividade (Tabela 10 e Figura 8), possivelmente pelos baixos níveis de incrementos proporcionados pela cinetina (em média, 1%). No entanto, observou-se correlação significativa quanto à produção por planta para o peso de mil sementes.

Os fotoassimilados, provavelmente, foram mais utilizados para a fixação de um maior número de legumes e, conseqüentemente, na maior produção de sementes por planta, indicando que as reservas que a planta dispunha não foram suficientes para permitir maior incremento no peso dos grãos que se correlacionassem significativamente com a produtividade. Resultados semelhantes foram obtidos por Heiffig (2002) que, avaliando a plasticidade da soja em diferentes arranjos populacionais, observaram que o peso de mil grãos não apresentou correlação significativa com a produtividade.

Observa-se na Figura 9, que mesmo que o número de legumes no terço inferior da planta tenha sofrido efeito positivo pela aplicação da cinetina, a sua contribuição para o aumento da produtividade foi baixa, apesar de positiva ( $r=36,47\%$ ), possivelmente por representar apenas 12% do total de legumes fixados nas plantas. Por outro lado, apesar de não sofrer influência significativa da cinetina, o número de legumes superiores apresentou uma correlação alta e significativa com a produtividade das plantas.



**FIGURA 9.** Correlações entre número de legumes inferiores (LI), de legumes medianos (LM) e de legumes superiores (LS) com a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). Itutinga, MG, 2006. \* e \*\* significativos, a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t.

#### 4.6 Avaliação de custo receita e considerações finais

A viabilidade de aplicação dos produtos nessa época ocorre devido, principalmente, à coincidência de ocorrência da ferrugem asiática, causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, que gera a necessidade de aplicação de fungicidas, principalmente a partir do início do florescimento da soja. Além dessa, existe a necessidade da aplicação de fungicidas para as doenças de final de ciclo, que constitui atualmente um sério problema na maioria das regiões produtoras de soja no Brasil. Alguns produtores utilizam, ainda, certos adubos foliares que são aplicados nessas épocas, principalmente em lavouras de soja irrigadas e para a produção de sementes. Normalmente, os sojicultores lançam mão da aplicação desses produtos em conjunto com a cinetina, o que dilui o custo de aplicação.

Pelos dados da Tabela 11, observa-se que a aplicação da cinetina via foliar na cultura da soja, no estádio reprodutivo R3, representou um aumento linear da receita bruta e do lucro obtido por hectare. Para fins de cálculo, foi considerado o preço médio de R\$37,28 da saca de soja nos últimos cinco anos (CMA, 2007).

**TABELA 11-** Avaliação do custo e receita da aplicação de cinetina via foliar na cultura da soja, no ano agrícola de 2005/2006. Itutinga, MG, 2006.

Tratamentos	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Aumento relativo (%)	Custo cinetina (R\$) *	Aumento da produção (kg)	Aumento da receita (R\$)	Lucro (R\$)
Testemunha	3.190	100				
250	3.588	112	37,50	398	247,29	209,79
500	3.859	121	75,00	669	415,67	340,67
750	3.967	124	112,50	777	482,78	370,28
1.000	4.220	132	150,00	1030	639,97	489,97

\* Valor calculado segundo cotação realizada na época da aplicação.

Fonte: Sigma-Aldrich Corporation

O aumento do lucro obtido com a aplicação foi altamente significativo, o que demonstra ser a prática uma promissora tecnologia a ser desenvolvida para o uso comercial em diversas condições de uso. Pondera-se que a viabilidade econômica da aplicação para lavouras sujeitas à Ferrugem Asiática possa ser comprometida futuramente pela obtenção de cultivares resistentes à doença.

Faz necessária a continuidade de pesquisas com a cinetina para o estudo de possíveis interações entre diferentes genótipos de cultivares.

Da mesma forma, a aplicação da cinetina em outras fases fenológicas pode, possivelmente, proporcionar respostas diferenciadas às obtidas nesse trabalho. Portanto, deve-se estudar a aplicação da cinetina em outras épocas de aplicação.

São necessários, que em pesquisas futuras, sejam desenvolvidos ensaios de compatibilidade e de eficiência agrônômica entre a cinetina com fungicidas e adubos foliares utilizados por produtores de grãos e sementes.

O estudo de novas doses é necessário para a obtenção de doses máximas a serem aplicadas, sejam economicamente e tecnicamente viáveis.

Recomenda-se o estudo de outras fontes de citocininas sintéticas, que poderiam causar efeitos benéficos como os verificados pela cinetina.

A rápida inativação da cinetina em solução pela temperatura ambiente explicita uma considerável lacuna de investigação para a obtenção de formulações estáveis para a utilização prática pelos produtores rurais desta substância.

## 5 CONCLUSÕES

A aplicação da cinetina via foliar proporcionou aumentos significativos na produtividade, número de legumes totais por planta, legumes do terço inferior por planta, legumes do terço mediano por planta, peso de mil sementes e na produção de sementes por planta.

O aumento da produtividade foi em consequência, principalmente, ao incremento no número de legumes por planta, sendo esse proporcionado principalmente pelo aumento no número de legumes fixados no terço médio do dossel da planta.

A aplicação do nitrato de potássio via foliar não afetou nenhuma das características avaliadas neste estudo.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Agriannual 2007**. São Paulo: Instituto FNP, 2007. p. 198-201.

ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Publicatio UEPG Ciências Biológicas e da Saúde**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 23-35, 2000.

ALVARENGA, A. A. de. **Fitohormônios e fitorreguladores**. Lavras, MG: UFLA, 2005. v. 1. 42 p

AMASINO, R. 1955: Kinetin Arrives. The 50th Anniversary of a New Plant Hormone. **Plant Physiology**, Rockville, n. 138, 1177-1184, 2005

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, jun. 1986.

ARIAS, C. A. A. Potencial genético da soja: progressos e limitações para alta produtividade. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; CONGRESSO MUNDIAL DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 1263-1268.

BERNARD, R. L.; CHAMBERLAIN, D. W.; LAWRECE, R. D. (Ed.). **Results of the cooperative uniform soybean tests**. Washintong: USDA, 1965. 134p.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J. et al. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 133-142, 2007.

BORKERT, C. M.; SFREDO, G. J.; MISSIO, S. L. da S. **Soja: adubação foliar**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1987. 34 p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 22).

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.

BRUN, W. A.; BETTS, K. J. Source/sink relations of abscising and non abscising soybean flowers. **Plant Physiology**, Rockville, v. 75, p. 187-191, 1984

BURAK, M.; BÜYÜKYILMAZ, M. Effect of promalin on fruit shape and quality of starking delicious apple cultivar. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 463, p. 365-369, 1997.

CARLSON, D. R.; DYER, D. J.; COTTERMAN, C. D.; DURLEY, R. C. The physiological basis for cytokinin induced increases in pod set in 1X93-100 soybeans. **Plant Physiology**, Rockville, v. 84, p. 233-239, 1987

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba, RS: Agropecuária, 2001. 132 p.

CASTRO, P. R. C.; SILVA, G. P.; CATO, S. C.; TAVARES, S. Ação de bioestimulantes em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* cv. IAC - Carioca Tybatã). **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 79, n. 2, p. 215-225, 2004.

CASTRO, P. R. C. **Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical**. Piracicaba: ESALQ, 2006. 46p. (Série Produtor Rural, 32).

CHO, Y.; SUH, S. K.; PARK, H. K.; WOOD, A. Impact of 2,4-DP and BAP upon pod set and seed yield in soybean treated at reproductive stages. **Plant Growth Regulation**, Heidelberg, v. 36, p. 215-221, 2002.

CMA - CONSULTORIA, MÉTODOS, ASSESSORIA E MERCANTIL. **Preços históricos da saca de soja em Minas Gerais nos últimos 5 anos**. Disponível em: <<http://www.cma.com.br>>. Acesso em: 30 jun. 2007.

CODY, C. A.; LARSON, F. E.; FRITTS, R. Jr. Stimulation of lateral branch development in tree fruit nursery stock with GA4+7 + BA. **HortScience**, Alexandria, v. 20, p. 758-759, 1985.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Série histórica de área plantada, produção e produtividade da soja no Brasil nos últimos 30 anos**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/safra/SojaSerieHist.xls>>. Acesso em: 24 jun. 2007.

COOPER, R. L. **Pesquisa sobre produtividade máxima de soja nos EUA**. Piracicaba: Potafos, 2003. p. 1-6. (Informações Agronômicas, 101).

COSTA, J. A. Produtividade potencial da soja: mapeamento de plantas. In: **WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL**

SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.,  
CONGRESSO MUNDIAL DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings...**  
Londrina: Embrapa, 2004. p. 1255-1262.

CROSBY, K. E. Cytokinins on soybean *Glycine max* (L.) Merr. fruit and seed growth. 1979. (MS Thesis) - Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA.

CROSBY, K. E.; AUNG, L. H.; BUSS, G. R. Influence of 6-benzylaminopurine on fruit-set and seed development in two soybean *Glycine max* (L.) Merr. Genotypes. **Plant Physiology**, Rockville, v. 68, p. 985-988, 1981.

CUQUEL, F. L.; CLARK, D.; MINAMI, K. Horticultural performance of transgenic *Petunia x hybrida* plants containing the PSAG12-ipt gene grown under nutritional deficiency. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 41-48, 2002.

DABUL, A. N. G.; AYUB, R. A. Efeitos da aplicação de Promalin em frutos de maçã cv. Gala. **Revista CERES**, Viçosa, v. 52, n. 301, p. 351-356, 2005.

DEIKMAN, J.; HAMMER, P. E. Induction of anthocyanin accumulation by cytokinins *Arabidopsis thaliana*. **Plant Physiology**, Rockville, v.108, p. 47-57, 1995

DIETRICH, J. T.; KAMINEK, M.; BLEVINS, D. G.; REINBOTT, T.; MORRIS, R. O. Changes in cytokinins and cytokinin oxidase activity in developing maize kernels and the effects of exogenous cytokinin on kernel development. **Plant Physiology Biochemistry**, Paris, v. 33, p. 327-336, 1995.

DOMINGUES, M. C. S.; RODRIGUES, J. D. ; MOREIRA, R. C. Effects of plant growth regulators (auxin, gibberellin and cytokinin) on soybean culture yield (*Glycine max* L. Merrill cv. IAC-18). In: **WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE**, 2004, Foz do Iguaçu. **Documentos...** Foz do Iguaçu: Embrapa, 2004. v. 228. p. 336-336.

DYER, D.; CARLSON, D. R.; COTTERMAN, C. D.; SIKORSKI, J. A. The role of cytokinin in soybean pod set regulation. In: **PLANT GROWTH REGULATION**, 1986, St. Petersburg Beach. **Proceedings...** St. Petersburg Beach, 1986. p.130.



DYER, D. J.; CARLSON, D. R.; COTTERMAN, C.D.; SIKOR-SKI, J. A.; DITSON S. L. Soybean pod set enhancement with synthetic cytokinin analogs. **Plant Physiology**, Rockville, v. 84, p. 240-243, 1987.

ECKARDT, N. A. A new classic of cytokinin research: cytokinin-deficient *Arabidopsis* plants provide new insights into cytokinin biology. **The Plant Cell**, Rockville, v. 15, p. 2489-2492, 2003.

EGLI, D. B.; YU, Z. W. Crop growth rate and seeds per unit area in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 439-442, 1991.

EL-SHIHABY, O. A.; YOUNIS, M. E.; EL-BASTAWISY, Z. M.; ALLA, M. M. N. Effect of kinetin on photosynthetic activity and carbohydrate content in waterlogged or seawater-treated *Vigna sinensis* and *Zea mays* plants. **Journal Plant Biosystems**, Roma, v. 136, n. 3, p. 277-290, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologia de produção de soja: região central do Brasil**. 2003. Londrina: Embrapa Soja/Embrapa Cerrados/Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 199 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologia de produção de soja: região central do Brasil**. 2007. Londrina: Embrapa Soja/Embrapa Cerrados/Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 225 p.

FARIDUDDIN, Q.; AHMAD, A.; HAYAT, S. Responses of *Vigna radiata* to foliar application of 28-homobrassinolide and kinetin. **Biologia Plantarum**, Praga, v. 48, p. 465-468, 2004.

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

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicada à agronomia**. 3.ed. Maceió: UFAL/EDUFAL/FUNDEPES, 2000. 422 p.

GAN, S.; AMASINO, R. M. Inhibition of leaf senescence by autoregulated production of cytokinin. **Science**, v. 270, p. 1986-1987, 1995.

GARCIA, L. R.; HANWAY, J. J. Foliar fertilization of soybeans during the seed-filling period. *Agronomy Journal*, Madison, v. 68, n. 4, p. 653-657, 1976.

GASTON, M.; PONIEDZIALEK, W. Induction of lateral branching in nursery trees electronic. *Journal of Polish Agricultural Universities, Horticulture*, v. 6, Issue 2, 2003.

GOSWAMI, B. K.; SRIVASTAVA, G. C. Modification of leaf senescence and seed set in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by benzyladenine and urea. *Indian Journal of Plant Physiology*, Nova Deli, v. 30, n. 4, p. 337-343, 1987.

GRABAU, L. J.; BLEVINS, D.G. AND MINOR, H. C. P. Nutrition during seed development. Leaf senescence, pod retention, and seed weight of soybean. *Plant Physiology*, Rockville, v. 82, p. 1008-1012, 1986.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. *Cultura de tecidos e transformação genética de plantas*. Brasília: Embrapa - SPI/Embrapa - CNPH, 1998. v.1, p.183-260.

GUAK, S.; BEULAH, M.; NEILSEN, D.; QUAMME, H. A.; LOONEY, N. E. Effects of urea and plant bioregulators (ethephon and promalin®) on tissue nitrogen levels, cold hardiness, and cropping of sweet cherry trees. *Acta Hortiscience*, (ISHS), v. 667, p. 453-460, 2005.

HEIFFIG, L. S. *Plasticidade da cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais*. 2002. 97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

HEINDL, J. C.; BRUN, W. A. Patterns of reproductive abscission, seed yield, and yield components in soybean. *Crop Science*, Madison, v. 24, p. 542-545, 1984.

HESS, J. R.; CARMAN, J. G.; BANOWETZ, G. M. Hormones in wheat kernels during embryony. *Journal of Plant Physiology*. Stuttgart, v. 159, p. 379-386, 2002.

HUNT, R.; CAUSTON, D. R.; SHIPLEY, B.; ASKEW, A. P. A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of botany*. Londres, v. 90, p. 485-288, 2002.

HUTCHINSON, C. E.; KIEBER, J. J. Cytokinin signaling in *Arabidopsis*. **Plant Cell**, Rockville, v. 14, p. S47–S59, 2002. (Suplemento).

KAMAL, M.; TAKAHASHI, H.; MIKOSHIBA, H.; OTA, Y. Analysis of Soybean Yield Components as Affected by Plant Growth Regulators Applied at Flowering Stages. **Japanese journal of tropical agriculture**, v. 39, n. 3, p. 184-189, 1995.

KHALIL, S.; EL-SAEID, H. M.; SHALABY, M. The role of kinetin in flower abscission and yield of lentil plant. **Journal of Applied Science Research**, Punjab, v. 2, n. 9, p. 587-591, 2006.

KOKUBUN, M. Mechanisms of flower abortion in water-stressed soybean. . In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING AND UTILIZATION CONFERENCE, 4.; CONGRESSO MUNDIAL DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 253-259.

KOKUBUN, M.; HONDA, I. Intra-raceme variation in pod-set probability is associated with cytokinin content in soybeans. **Plant Production Science**, Tokyo, v. 3, p. 354-359, 2000.

LEITE, V. M.; ROSOLEM, C. A.; RODRIGUES, J. D. Gibberellin and cytokinin effects on soybean growth. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 3, p. 537-541, 2003.

LI, Y. L.; MA, Q. H. Effects of benzylaminopurine and irradiance on cytokinin contents,  $\alpha$ -tubulin gene expression and cucumber cotyledon expansion. **Springer Netherlands**, Netherlands, v. 51, n. 2, June 2007.

LIU, F.; JENSEN, C. R.; ANDERSEN, M. N. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development:its implication in altering pod set. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 86, n. 1, p. 1-13, 2004.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 889 p.

MARTINEAU, B.; SUMMERFELT, K. R.; ADAMS, D. F.; DEVERNA, J. W. Production of high solids tomatoes through molecular modification of levels of the plant growth regulator cytokinin. **Biotechnology**, v.13, p. 250-254, 1995.

MASCARENHAS, H. A. A.; BULISANI, E. A.; MIRANDA, M. A. C.; BRAGA, N. R.; PEREIRA, J. C. V. N. A. Deficiência de potássio em soja no Estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **O Agrônomo**, Campinas, v. 40, p. 34-43, 1988.

MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; PEREIRA, J. C. V. N. A. et al. Effect of potassium fertilizers on soybean yield. **Science Agricultural**, Piracicaba, v. 51, n. 1, p. 82-89, 1994.

MILLÉO, M. V. R. **Avaliação da eficácia agrônômica do produto Stimulate aplicado no tratamento e em pulverização foliar sobre a cultura da soja (*Glycine Max* L.)**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2000. 18p. (Relatório Técnico).

MOSJIDIS, C.O'H. PETERSON, C. M.; TRUELOVE, B. ; ROLAND R. DUTE. Stimulation of pod and ovule growth of soybean, *Glycine max* (L.) Merr. by 6-Benzylaminopurine. **Annals of Botany**, Londres, v. 71, p. 193-199, 1993.

MUKHERJEE, D.; KUMAR, R. Kinetin regulates plant growth and biochemical changes during maturation and senescence of leaves, flowers, and pods of *Cajanus cajan* L. **Biologia Plantarum**, Praga, v. 51, n. 1, p. 80-85, 2007.

NAGEL, L.; BREWSTER, R.; RIEDELL, W. E.; REESE, R. N. Cytokinin regulation of flower and pod set in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). **Annals of Botany**, Londres, v. 88, p. 27-31, 2001.

NASCIMENTO, R.; MOSQUIM, P. R. Crescimento e teor de proteínas em sementes de soja sob influência de hormônios vegetais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 573-579, 2004.

NAVARRO JUNIOR, H. M.; COSTA, J. A. Expressão do potencial de rendimento de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 37, n. 3, p. 275-279, 2002.

NELSON, C. D.; CLAUSS, H.; NORTIMER, D. C.; GORHAN, P. R. Select translocation of products of photosynthesis on the soybean. **Plant Physiology**, Rockville, v. 36, n. 35, p. 581-588, 1961.

NELSON, K. A.; MOTAVALLI, P. P.; NATHAN, M. Response of No-Till soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] to timing of preplant and foliar potassium

applications in a claypan soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, p. 832-838, 2005.

NONOKAWA, K.; KOKUBUN, M.; NAKAJIMA, T.; NAKAMURA, T.; YOSHIDA, R. Roles of auxin and cytokinin in soybean pod setting. **Plant Production Science**, Tokyo, v. 10, n. 2, p. 199-206, 2007.

NOODEN, L.D.; SANTOKH, S.; LETHAM, D. S. Correlation of xylem sap cytokinin levels with monocarpic senescence in soybean. **Plant Physiology**, Rockville, v. 93, p. 33-39, 1990.

NOODEN, L. D.; LETHAM, D. S. Cytokinin Metabolism and Signalling in the Soybean Plant. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 20, n. 5, p. 639 – 653, 1990.

OLIVEIRA, F. A. de; CARMELLO, Q. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa de vegetação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 329-335, 2001.

PETERSON, C.M.; WILLIAMS, J.C.; KUANG, A. Increased pod set of determinate cultivars of soybean, *Glycine max*, by 6-benzylaminapurine. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 151, p. 322-330, 1990.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. et al. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1541-1547, 2000.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/POTAFOS, 1991. 343 p.

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. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 46, p. 957-964, 1995.

REZENDE, P. M. de ; GRIS, C. F. Adubação foliar na cultura da soja. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 2005. No prelo.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; VICENTE, V. H. A. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 359 p.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **Como a planta de soja se desenvolve**. Ames: Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, 1997. (POTAFOS. Arquivo do Agrônomo, 11). (Special Report, 53). Título original: Hoe a soybean plant develops.

RUFATO, L.; ROSSI, A.; FARIA, J. L. C. Uso de promalina e incisão anelar no incremento do crescimento vegetativo de ramos laterais em pessegueiro (*Prunus persica* (L.) BATSCH) conduzidos em axis colunar. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 1, p. 117-122, 2004.

SACRAMENTO, L. V. S. do; ROSOLEM, C. A. Eficiência de absorção e utilização de potássio por plantas de soja em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, 1998.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia vegetal**. Tradução de V. G. Velázquez. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994. 759 p.

SAMUELSON, M. E.; ELIASSON, L.; LARSSON, C. Nitrate-Regulated Growth and Cytokinin Responses in Seminal Roots of Barley. **Plant Physiology**, Rockville, v. 98, p. 309-315, 1992.

SANTIAGO, T. M. D. **Eficiência da adubação foliar com uréia (N<sup>15</sup>) em soja**. 1989. 68 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT guide for personal computers**. Cary, 1987.

SFREDO, G. J.; PALUDZYSZYN FILHO, E.; GOMES, E. R. Resposta da soja a potássio e a fósforo em Podzólico Vermelho-Amarelo de Balsas, MA. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 1359-1364, 1994.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 416p

STOLLER DO BRASIL. **Stimulate Mo em hortaliças**. Cosmópolis: Divisão Arbore, 1998. (Informativo Técnico).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Tradução de E. R. Santarém et al. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAKEL, K.; UEDA, N.; AOKI, K.; KUROMORI, T.; HIRAYAMA, T.; SHINOZAKI, K.; YAMAYA, T.; SAKAKIBARA, H. *AtIPT3* is a Key

Determinant of Nitrate-Dependent Cytokinin Biosynthesis in *Arabidopsis*. **Plant Cell Physiology**. Kyoto, v. 45, p. 1053-1062, 2004.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A. **Soja, nutrição correção do solo e adubação**. Campinas: Fundação Cargill, 1992. 60 p. (Série Técnica, 7).

TISCHNER, T.; ALLPHIN, L.; CHASE, K.; ORF, J. H.; LARK, K. G. Genetics of Seed Abortion and Reproductive Traits in Soybean. **Crop Science**. Madison, 43, p.464-473, 2003.

TUKEY, L. D. Alar and promalin in intensive orchard systems. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 114, p. 152-153, 1981.

USDA- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Produtividade mundial da soja** . Disponível em: <<http://www.usda.gov>>. Acesso em: 5 jul. 2005.

USDA- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Produção e produtividade mundial e brasileira de soja** . Disponível em: <<http://www.usda.gov>>. Acesso em: 5 maio 2007.

VYSOTSKAYA, L. B.; TIMERGALINA, L. N.; VESELOV, S. YU.; KUDOYAROVA, G. R. Effect of the nitrogen-containing salt on the content of cytokinins in detached wheat leaves. **Russian Journal of Plant Physiology**, Nova Iorque, v. 54, n. 2, 2007.

WANG, Z.; CAO, W.; DAI, T.; ZHOU, Q . Effects of exogenous hormones on floret development and grain set in wheat. **Plant Growth Regulation**. Heidelberg, v. 35, n. 3, p. 225-231, 2001.

WIEBOLD, W. J.; ASHLEY, D. A.; BOERMA, H. R. Reproductive abscission levels and patterns for eleven determinate soybean cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, p. 43-46, 1981.

WIEBOLD, W. J.; PANCIERA, M. T. Vasculature of soybean racemes with altered intraraceme competition. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 5, p. 1089-1093, Sept./Oct. 1990.

YAMADA, T.; BORKERT, C. M. Nutrição e produtividade da soja. In: **SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA**, 1., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP/ ESALQ, 1992. p. 180-212.

YANG, J.; ZHANG, J.; HUANG, Z.; WANG, Z.; ZHU, Q.; LIU, L. Correlation of cytokinin levels in the endosperms and roots with cell number and cell division activity during endosperm development in rice. **Annals Botany**, Londres, v. 90, p. 369-377, 2002.

YANG, J.; ZHANG, J.; WANG, Z.; ZHU, Q. Hormones in the grains in relation to sink strength and post anthesis development of spikelets in rice. **Plant Growth Regulation**, Heidelberg, v. 41, p. 185–195, 2003.

YARONSKAYA, E. B.; GRITSKEVICH, E. R.; TRUKHANOVETS, N. L.; AVERINA, N. G. Effect of kinetin on early stages of chlorophyll biosynthesis in streptomycin-treated barley seedlings. **Russian Journal of Plant Physiology**, Nova Iorque, v. 54, n. 3, 2007

YASHIMA, Y.; KAIHATSU, A.; NAKAJIMA, T.; KOKUBUN, M. Effects of source/sink ratio and cytokinin application on pod set in soybean. **Plant Production Science**, Tokyo, v. 8, n. 2, p.139-144, 2005.

YE, C.; WU, S.; KONG, F.; ZHOU, C.; YANG, Q.; SUN, Y.; WANG, B. Identification and characterization of an isopentenyltransferase (IPT) gene in soybean (*Glycine max* L.). **Plant Science**, Oxford, v. 170, n. 3, p. 542-550, 2006.