



**Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

RAPHAEL CAMPESTRINI

**REGULADOR DE CRESCIMENTO E NITROGÊNIO COMO PRÁTICA
DE MANEJO NA CULTURA DA SOJA**

**GURUPI - TO
2015**



**Universidade Federal do Tocantins
Campus Universitário de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal**

RAPHAEL CAMPESTRINI

REGULADOR DE CRESCIMENTO E NITROGÊNIO COMO PRÁTICA DE MANEJO NA CULTURA DA SOJA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis

**GURUPI - TO
2015**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema de
Biblioteca da Universidade Federal do Tocantins**

C195r Campestrini, Raphael.

REGULADOR DE CRESCIMENTO E NITROGÊNIO COMO PRÁTICA
DE MANEJO NA CULTURA DA SOJA. / Raphael Campestrini. - Gurupi,
TO, 2015.

72f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Universidade Federal do
Tocantins– Campus Universitário de Gurupi – Curso de Pós-Graduação
(Mestrado) em Produção Vegetal, 2015.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis.

1. *Glycine max*. 2. Regulador de crescimento. 3. Uréia. 4. Produção de
grãos. I. Título

CDD 635

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



Universidade Federal do Tocantins
Câmpus de Gurupi
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

ATA nº

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE RAPHAEL
CAMPESTRINI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO
VEGETAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS**

Aos 21 dias do mês de Dezembro do ano de 2015, às 14 horas, na Sala 15 do Bloco Bala II, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Orientador Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis do Câmpus Universitário de Gurupi/ Universidade Federal do Tocantins, Prof. Dr. Hélio Bandeira Barros do Câmpus Universitário de Gurupi/ Universidade Federal do Tocantins, Prof. Dr. Rubens Ribeiro da Silva do Câmpus Universitário de Gurupi/ Universidade Federal do Tocantins, Prof. Dr. Manoel Mota dos Santos do Câmpus Universitário de Gurupi/ Universidade Federal do Tocantins sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de Raphael Campestrini, intitulada "*Regulador de crescimento e nitrogênio como prática de manejo na cultura da soja*". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, habilitando-o ao título de Mestre em Produção Vegetal. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



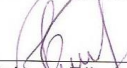
Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis

Universidade Federal do Tocantins
Orientador e presidente da banca examinadora




Dr. Hélio Bandeira Barros

Universidade Federal do Tocantins



Dr. Rubens Ribeiro da Silva

Universidade Federal do Tocantins



Dr. Manoel Mota dos Santos

Universidade Federal do Tocantins

Gurupi, 21 de Dezembro de 2015.



Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis

Coordenador do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal

A Deus, por ter me concedido a vida e me dado tantas graças e sabedoria. A minha família: meus pais Wilmar Campestrini e Noêmia Vicentin Campestrini, meus irmãos Thiago Luiz Campestrini e Fabiana Campestrini, vocês são minha sustentação, me incentivaram nesta caminhada e sempre serão exemplos de luta, fé, amor, determinação e honestidade. A minha avó Benta Correia Vicentin (em memória), que estará sempre morando em meu coração, meu muito obrigado por tudo. A minha namorada Karen Cristina Leite Silva, pela ajuda e por estar ao meu lado em todos os momentos.

DEDICO !

“Pois que se uniu a mim, eu o livrarei; e o protegerei, pois conhece o meu nome. Quando me invocar, eu o atenderei; na tribulação estarei com ele. Hei de livrá-lo e o cobrirei de glória. Será favorecido por longos dias, e mostrar-lhe-ei a minha salvação”. (Salmo 90, 14 - 16).

AGRADECIMENTOS

A Deus todo poderoso por ter me guiado nessa trajetória, sempre me fortalecendo com suas bênçãos e me renovando com sua fé.

Aos meus pais, Wilmar Campestrini e Noêmia Vicentin Campestrini, por estarem sempre ao meu lado, me apoiando em todos os momentos da minha vida. Sempre serei grato pelos ensinamentos passados!

Aos meus irmãos, Thiago Luiz Campestrini e Fabiana Campestrini, companheiros da vida toda, que sempre me ajudaram em tudo. Muito obrigado! Agradeço a Deus por essa Família abençoada que me concedeu.

A minha namorada Karen Cristina Leite Silva, pela ajuda, compreensão, paciência, carinho e amor demonstrado por mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis, pela amizade, ensinamentos, orientação, apoio, paciência e dedicação em todos os momentos da realização deste trabalho. Agradeço as cobranças que sempre me fizeram crescer profissionalmente. Com sua orientação concluí a graduação e agora concluo a pós-graduação, ambas com muitos ensinamentos. Ensinamentos estes que levarei para vida toda e serei sempre grato ao senhor.

Ao Dr. Roberto Antonio Savelli Martinez, pela amizade, conversas, ideias e por todos os ensinamentos passados.

A Fundação Universidade Federal do Tocantins, em especial ao Campus Universitário de Gurupi, pela oportunidade de realização deste Curso. A todos os professores da instituição e do Programa de pós-graduação em Produção Vegetal, pelos ensinamentos passados durante o curso.

Aos companheiros (irmãos) do grupo de pesquisa “Melhoramento Genético de Grandes Culturas e Espécies de Potencial Bioenergético”: Sérgio Alves, Taynar Coelho, Marília Barcelos, Leila Tonello, Kleycianne Marques, Carlos Augusto Oliveira de Andrade, Justino Dias, Vanessa Zellmer, Patrícia Mourato, Vanessa Santos, Thais Freitas, Lorena, Maria Tereza, Danilo Veloso, Fabiano Rocha, Fernando Noletto, Guillermo Arturo, Ricardo Lacerda, Wagner Rauber e Hidieliton Vieira. Obrigado pelo imenso apoio.

Aos Homens (Guerreiros) melhorados: Fabiano, Carlos, Wagner, Fernando, Danilo, Hidieliton, Sérgio, Ricardo e Guillermo. Obrigado pela amizade e ajuda nos momentos difíceis, e pelos ensinamentos passados nas conversas e entretenimento que me fortaleceram nesta caminhada. Que permaneçam sempre as conversas, amizades e os ensinamentos.

Aos amigos de graduação Turma 2009/2: Laura Moura (inseta), Rogel Galvão Prates (bocão), Rodrigo Dinis (bidigão), Icaro (leitão), Guilherme (mãozinha),

Luiz (tucano ruck), Renato, Daniel, Paulo Henrique, Marcos, Fábio, Rodrigo, João e Jofre Luiz. Obrigado por fazerem parte dessa conquista, apesar da distância sempre serão lembrados pela grande amizade que existe entre nós.

Aos colegas de pós-graduação: Júnior Cesar Rodrigues da Silva, Mateus Dalcin, Gustavo Colombo, Wembles, Marília Barcelos e Marciane Dotto. Obrigado pelo apoio nas aulas e trabalhos.

Aos amigos da Ypióca (Casa Amarela), pelo grande elo de amizade e companheirismo.

Aos companheiros de república: Douglas Bordignon, Guilherme (Toyas) e Fernando Timbó. Obrigado pela amizade e apoio.

Aos amigos: Karol Borges, Keici Borges, Erika Borges e família. Muito Obrigado pelo companheirismo e amizade.

A todos os funcionários da UFT, em especial: Douglas, Michel, Valdere, Cleibi, Geraldo e Ivan. Obrigado pelos serviços prestados.

Ao programa de bolsas CNPq (Capes), pelos recursos disponibilizados durante o período do curso de Pós-graduação Stricto Sensu em Produção Vegetal da Universidade Federal do Tocantins.

Aos integrantes da banca examinadora pela participação e sugestões.

A todos que me incentivaram e auxiliaram para realização deste trabalho.

OBRIGADO A TODOS!

RESUMO GERAL

A necessidade de atender a demanda global pelo grão, suprir a perda natural de flor e legumes jovens e incrementar a produtividade em áreas de primeiro cultivo de soja, se leva a adoção de elevado nível tecnológico na forma de aplicação de regulador de crescimento cinetina em interação com nitrogênio nos estádios reprodutivos. O que constitui uma alternativa de manejo tecnológico com intuito de elevar a produtividade da soja cultivada em propriedades agrícolas que apresentam áreas corrigidas e áreas com elevada acidez.

Neste sentido, objetivou-se no capítulo I avaliar o uso da cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio fisiológico de formação de vagens, em soja cultivada em solos de cerrado; no capítulo II o objetivo foi avaliar os efeitos da aplicação de cinetina e nitrogênio no estágio fisiológico de formação de vagens, sobre as características agronômicas da soja em áreas com elevada acidez. Os experimentos foram conduzidos na Estação experimental; e na Fazenda experimental da Universidade Federal do Tocantins, em Gurupi, TO, safra 2014/15, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, sob esquema fatorial 5 x 5, sendo cinco concentrações do regulador vegetal (0; 0,75; 1,0; 1,25; e 1,50 g ha⁻¹), aplicado via foliar, e cinco de nitrogênio na forma de uréia (0; 10; 20; 30; 40 kg ha⁻¹), aplicado a lanço na fase reprodutiva, início da formação dos legumes (R3). A cultivar de soja utilizada foi (M-soy 9144 RR). Foram avaliadas as características altura de plantas, altura de inserção de primeira vagem, número de hastes por planta, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e produtividade de grãos da soja. Concluiu-se, que no capítulo I o uso de cinetina via foliar no início da formação de vagens, se torna uma tecnologia vantajosa na cultura da soja e, em interação com nitrogênio, proporciona ganhos significativos na produtividade e aumento nas outras características agronômicas estudadas. Na interação entre cinetina e nitrogênio, a dose recomendada é de (1,25 g ha⁻¹ cinetina) com (30 kg ha⁻¹ N), pois, promovem aumentos na produtividade de grãos, número de grãos por planta e número de vagem por planta; no capítulo II conclui que a tecnologia de uso de cinetina aplicado no início da formação de vagens tem potencial para se tornar nova técnica de manejo na cultura da soja, por promover ganhos significativos em todas as características agronômicas estudadas, de forma isolada e também na interação com nitrogênio, em solo não corrigido. Na

interação entre cinetina e nitrogênio, a dose recomendada é de (1,50 g ha⁻¹ cinetina) com (20 kg ha⁻¹ N), pois, resultou em aumentos nas características agronômicas estudadas, exceto para massa de cem grãos.

Palavras-chave: *Glycine max*; regulador de crescimento; citocinina; cinetina; uréia; produção de grãos.

OVERVIEW

The need to meet the demand global for the grain, supply the losses natural of flower and legumes young and increase productivity in areas first growing soybean, it takes adoption of level high of technological in the form of application regulator growth kinetin in interaction with nitrogen in stages reproductive. What constitute a alternative management technological with intention to elevate the productivity of soybeans grown at properties agricultural which present areas corrected and areas with elevated acidity.

In this sense, objective was to in chapter I evaluate the use of kinetin and nitrogen, application on pod formation phonological stage, in soybean grown in soils cerrado; in chapter II the objective was to evaluate the effects of application kinetin and nitrogen on the stage physiological of formation pod, on the characteristics agronomic of soybean in areas with elevated acidity. The experiments were conducted in the Station experimental; and the Farm experimental of University Federal of Tocantins, in Gurupi, TO, season 2014/15, in design a randomized block with four replications, in a factorial 5 x 5, five concentrations of the plant growth regulator (0; 0,75; 1,0; 1,25; e 1,50 g ha⁻¹), applied foliar, and five nitrogen as urea (0; 10; 20; 30; 40 kg ha⁻¹), applied haul during the reproductive phase, beginning the formation of vegetables (R3). The soybean cultivar used was (M-soy 9144 RR). Were evaluated characteristics plant height, insertion height first pods, number of stems per plant, number of pods per plant, number of grains per plant, number of grains per pod, weight of hundred grains and productivity of soybeans. It was concluded, that in chapter I use of kinetin application foliar at the beginning of formation pod, becomes an technology advantageous in soybeans, and in interaction with nitrogen, provides gains significant in productivity and increase in other characteristics agronomic studied. The interaction between kinetin and nitrogen, the dose recommended is (1,25 g ha⁻¹ kinetin) with (30 kg ha⁻¹ N) therefore, promoted increases in grain yield, number of grains per plant and number of pods per plant; in chapter II concludes that the technology use kinetin applied in the beginning of formation pod has potential order to become new technique management in the soybean crop, for promoting gains significant in all characteristics agronomic studied, in isolation and also in interaction with nitrogen, in soil not corrected. The interaction between kinetin and nitrogen, the dose recommended is (1,50 g ha⁻¹ kinetin) with (20 kg ha⁻¹ N), thus,

result increases in characteristics agronomic studied, except for mass a hundred grains.

Keywords: *Glycine max*; regulator growth; cytokinin; kinetin; urea; grain production.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
CAPÍTULO I.....	16
USO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO ASSOCIADO AO NITROGÊNIO EM SOJA CULTIVADA EM SOLOS DE CERRADO.....	16
RESUMO.....	16
USE REGULATOR GROWTH ASSOCIATED WITH NITROGEN IN SOYBEAN CULTIVATED IN SOILS CERRADO.....	17
ABSTRACT.....	17
INTRODUÇÃO.....	18
MATERIAL E MÉTODOS.....	20
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
CAPÍTULO II.....	43
EFEITO DA KINETINA E NITROGÊNIO NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA SOJA CULTIVADA EM SOLOS DE ELEVADA ACIDEZ.....	43
RESUMO.....	43
EFFECT OF KINETIN AND NITROGEN IN CHARACTERISTICS AGRONOMIC OF SOYBEAN CULTIVATED IN SOILS ELEVATED ACIDITY.....	44
ABSTRACT.....	44
INTRODUÇÃO.....	45
MATERIAL E MÉTODOS.....	47
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Dados diários de precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperaturas máximas e mínimas ambientais, durante a condução do experimento. Gurupi-TO, safra 2014/2015.....20
- Figura 2.** Variação de altura de planta (cm), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....23
- Figura 3.** Variação de altura de inserção de primeira vagem (cm), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....25
- Figura 4.** Variação do número de hastes, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....27
- Figura 5.** Variação do número de vagem por planta, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....29
- Figura 6.** Variação do número de grãos por planta, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....31
- Figura 7.** Variação do número de grãos por vagem, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....32
- Figura 8.** Variação da massa de cem grãos (g), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....34
- Figura 9.** Variação da produtividade de grãos (kg ha^{-1}), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....35

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Dados diários de precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperaturas máximas e mínimas ambientais, durante a condução do experimento. Gurupi-TO, safra 2014/2015.....48

Figura 2. Variação de altura de planta (cm), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....	51
Figura 3. Variação de altura de inserção de primeira vagem (cm), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....	53
Figura 4. Variação do número de hastes, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....	55
Figura 5. Variação do número de vagem por planta, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....	57
Figura 6. Variação do número de grãos por planta, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....	59
Figura 7. Variação do número de grãos por vagem, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....	61
Figura 8. Variação da massa de cem grãos (g), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....	62
Figura 9. Variação da produtividade de grãos (kg ha^{-1}), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio.....	64

INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) destaca-se como uma das principais culturas plantadas e comercializadas no cenário mundial. No cenário Brasileiro a cultura vem se tornando cada vez mais importante para economia com elevada participação no produto interno bruto. Na safra 2015/16 a produção estimada de soja (101,91 milhões de toneladas) condiz com quase metade da safra Brasileira de grãos (210,31 milhões de toneladas), com área estimada de 33,24 milhões de hectares com produtividade média de 3066 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015). O país ainda apresenta grande potencial para multiplicar sua produção, pelo desenvolvimento de novas fronteiras agrícolas e aumento de produção por área, aliado ao uso de novas tecnologias.

A busca por maiores produtividades acarretou desenvolvimento de novas regiões agrícolas, proporcionando a vinda de agricultores de outras regiões atraídos pelo baixo custo das terras, aumento da demanda global e do preço da saca de soja. Assim se teve a rápida expansão agrícola do bioma Cerrado, constituindo a nova fronteira agrícola Brasileira, abrangendo os Estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. O grande potencial dessa região se dá pela boa localização, estação chuvosa bem definida e terras de custo baixo, mas apresentam como característica solos ácidos com baixa fertilidade natural que requerem maior investimento na construção da sua fertilidade, porém são solos fáceis de serem manejados e corrigidos. O cultivo de soja primeiro ano nestas áreas tem respondido aos agricultores com baixas médias de produção, fato que é atribuído por apresentarem talhões não tão bem corrigidos devido ao curto período de tempo para abertura, preparo, correção e plantio da área, que se agrava em anos de veranico onde o atraso na reação do corretivo é ainda maior. Na nova fronteira agrícola o Estado do Tocantins tem se destacado pela sua contribuição no aumento da produção Brasileira de soja e no desenvolvimento da cultura no Cerrado. O Estado apresenta crescente aumento da área (883,6 milhões de hectares), da produção (2.578,3 milhões de toneladas) e da média de produtividade 2.918 kg ha⁻¹ na cultura da soja (CONAB, 2015).

A necessidade de maiores patamares de produtividade impulsionam novos estudos em busca de novas práticas de manejo. Pesquisas promissoras

tem relacionado aplicação foliar de regulador de crescimento com incremento no rendimento da soja (YASHIMA et al., 2005; NONOKAWA et al., 2007; PASSOS et al., 2008). Na soja, naturalmente ocorre abortamento de inúmeras flores e legumes jovens, limitando a obtenção de maiores produtividades (NONOKAWA et al., 2007). É relatado que a deficiência de fotoassimilados ou citocinina nas vagens influencia no abortamento das mesmas (LIU et al., 2004). Há também indícios de deficiência de citocinina endógena no terço superior do racemo em soja. Segundo Pires et al. (2000), a relação entre produção, fixação e transformação das estruturas reprodutivas em vagens e grãos influencia diretamente no ganho de produção da soja. Assim, estudos em prol da diminuição dessas perdas na cultura são importantes, vista, da necessidade de obtenção de maiores patamares de produtividade, para que continue promovendo o desenvolvimento de novas regiões agrícolas e suprindo a demanda global pelo grão.

Os reguladores vegetais são compostos sintetizados exogenamente, quando em contato com as plantas sua ação é semelhante aos compostos vegetais orgânicos de ocorrência natural (CASTRO e VIEIRA, 2001). Dentre os reguladores vegetais se destaca a citocinina e seus análogos, por proporcionar benefícios pelo aumento da fixação de flor, de legumes jovens e no incremento da produtividade na cultura da soja. O que é corroborado na literatura (CARLSON et al., 1987; DYER et al., 1987; MOSJIDIS et al., 1993; NAGEL et al., 2001; CHO et al., 2002; PASSOS et al., 2011).

No Brasil, se utiliza apenas da fixação biológica de nitrogênio para fornecimento de nitrogênio na soja, sem o uso de adubação suplementar, visto que está prática complementar encarece os custos de produção e também pela existência de controvérsias no meio científico quanto ao benefício da adição de nitrogênio em suprir possível demanda do nutriente pela planta nos estádios reprodutivos. A fixação biológica de nitrogênio na soja está em torno de 109 a 250 kg ha⁻¹ de N (HUNGRIA et al., 2006). Segundo Lamond e Wesley (2001), para obter altas produtividades de soja a demanda é maior de nitrogênio pela planta, em torno de 300 kg ha⁻¹ de N são transportados para os grãos no estágio de enchimento das vagens. Petter et al. (2012) nesta condição a fixação biológica de nitrogênio pode não suprir totalmente a demanda da planta, precisando assim da adição de adubações nitrogenadas

complementares para atender altas produtividades. No início do período reprodutivo a maior parte do nitrogênio é carregado para formação de vagens e enchimento de grãos. Tendo maior demanda do nutriente entre os estádios de início do florescimento e grãos completamente formados (MAEHLER et al., 2003). Visto que, a partir do estágio de enchimento de grãos atividade de fixação simbiótica cai ligeiramente (SHIBLES, 1998). Pesquisas desenvolvidas por Wesley et al. (1998), Mendes et al. (2008) e Petter et al. (2012), obtiveram resposta positiva a suplementação de nitrogênio em estádios reprodutivos com ganhos de produtividade de 470 kg de grãos, 258 kg ha⁻¹ e 360kg ha⁻¹, respectivamente.

Com isso, há hipótese de que o uso de regulador de crescimento em interação com nitrogênio no estágio reprodutivo pode elevar a produtividade de grãos de soja, cultivada em solos corrigidos e solos de elevada acidez. Neste sentido, altos patamares de produtividade podem ser alcançados mesmo em solos de primeiro cultivo, com aplicação foliar de cinetina e adição de nitrogênio no estágio reprodutivo da soja, atribuindo ao uso do regulador provável efeito no aumento da fixação de flor, vagens e produtividade de grãos, referente ao nitrogênio a ação no complemento como forma de maximizar o efeito do regulador e também na suplementação ao aumento da demanda do nutriente pela planta. Assim, nova opção de manejo com elevado nível tecnológico pode ser instituída na cultura da soja, na forma de uso de regulador de crescimento em interação com nitrogênio no estágio reprodutivo.

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa: 1) avaliar o uso da cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio fisiológico de formação de vagens, em soja cultivada em solos de cerrado. 2) avaliar os efeitos da aplicação de cinetina e nitrogênio no estágio fisiológico de formação de vagens, sobre as características agrônômicas da soja cultivada em solos de elevada acidez.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CARLSON, D.R.; DYER, D.J.; COTTERMAN, C.D.; DURLEY, R.C. The physiological basis for cytokinin induced increases in pod set in IX93-100 soybeans. **Plant Physiology**, Rockville, v.84, n.2, p.233-239, 1987.

CONAB. Campanha Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2015/2016 – Primeiro levantamento - Monitoramento Agrícola - Cultivos de verão, 2ª safra e de inverno – p. 1-104, v.3 – Safra 2015/16. Outubro/2015.** Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_10_28_17_24_01_bol_etim_graos_outubro_2015.pdf. Acesso em: 6 de novembro 2015.

CHO, K.; 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**, Dordrecht, v.36, n.3, p.215-221, 2002.

DYER, D.J.; CARLSON, D.R.; COTTERMAN, C.D.; SIKORSKI, J.A.; DITSON, S.L. Soybean pod set enhancement with synthetic cytokinin analogs. **Plant Physiology**, Rockville, v.84, n.2, p.240-243, 1987.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C.; GRAHAM, P.H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* (L.) Merr) in South America. In: SINGH, R.P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P.K. (Ed.). **Nitrogen nutrition in plant productivity**. Houston: Studium Press, 2006. p.43-93.

LAMOND, R.E.; WESLEY, T.L. In season fertilization for high yield soybean production. **Better Crops With Plant Food**, Norcross, v.85, n.2, p.6-7, 2001.

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**, Maricopa, v.86, n.1, p.1-13, 2004.

MAEHLER, A.R.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; RAMBO, L. Qualidade de grãos de duas cultivares de soja em função da disponibilidade de água no solo e arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.213-218, 2003.

MENDES, I.C.; REIS JUNIOR, F.B.; HUNGRIA, M.; SOUSA, D.M.G.; CAMPO, R.J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.1053-1060, 2008.

- MOSJIDIS, C.O.; PETERSON, C.M.; TRUELOVE, B.; DUTE, R.R. Stimulation of pod and ovule growth of soybean, *Glycine max* (L.) Merr. by 6-benzylaminopurine. **Annals of Botany**, Oxford, v.71, n.3, p.193-199, 1993.
- 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**, Oxford, v.88, n.1, p.27-31, 2001.
- 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.
- PASSOS, A.M.A.; REZENDE, P.M.; CARVALHO, E.A.; SAVELLI, R.A.M. Cinetina e nitrato de potássio em características agrônômicas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.7, p.925-928, 2008.
- PASSOS, A.M.A.; REZENDE, P.M.; ALVARENGA, A.A.; BALIZA, D.P.; CARVALHO, E.R.; ALCÂNTARA, H.P. Yield per plant and other characteristics of soybean plants treated with kinetin and potassium nitrate. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.5, p.965-972, 2011.
- PETTER, F.A.; PACHECO, L.P.; ALCÂNTARA NETO, F.; SANTOS, G.G. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de Cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.1, p.67-72, 2012.
- PIRES, J.L.F.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L. 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.
- SHIBLES, R.M. Soybean nitrogen acquisition and utilization. In: **Proceedings of the North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference**, 28., 1998, St. Louis. Potash e Phosphate Inst., Brookings, SD. p.5-11, 1998.
- WESLEY, T.L.; LAMOND, R.E.; MARTIN, V.L.; DUNCAN, S.R. Effects of late season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.11, n.3, p.331-336, 1998.
- 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.

CAPÍTULO I

USO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO ASSOCIADO AO NITROGÊNIO EM SOJA CULTIVADA EM SOLOS DE CERRADO

RESUMO

A aplicação do regulador vegetal cinetina é uma alternativa para aumentar a fixação de flor, legumes jovens e produtividade na cultura da soja. O uso de nitrogênio em estágio reprodutivo poderá suprir alguma demanda da planta e, na interação com a cinetina, aumentar a eficiência do regulador vegetal. Objetivou-se com este trabalho avaliar o uso da cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio fisiológico de formação de vagens, em soja cultivada em solos de cerrado. O experimento foi conduzido em Gurupi, TO, safra 2014/15, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, sob esquema fatorial 5 x 5, sendo cinco concentrações do regulador vegetal (0; 0,75; 1,0; 1,25; e 1,50 g ha⁻¹), aplicado via foliar, e cinco de nitrogênio na forma de uréia (0; 10; 20; 30; 40 kg ha⁻¹), aplicado a lanço na fase reprodutiva, início da formação dos legumes (R3). A cultivar de soja utilizada foi (M-soy 9144 RR). Foram avaliadas as características altura de plantas, altura de inserção de primeira vagem, número de hastes por planta, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e produtividade de grãos da soja. O uso de cinetina via foliar no início da formação de vagens, se torna uma tecnologia vantajosa na cultura da soja e, em interação com nitrogênio, proporciona ganhos significativos na produtividade e aumento nas outras características agrônômicas estudadas. Na interação entre cinetina e nitrogênio, a dose recomendada é de (1,25 g ha⁻¹ cinetina) com (30 kg ha⁻¹ N), pois, promovem aumentos na produtividade de grãos, número de grãos por planta e número de vagem por planta.

Palavras-chave: *Glycine max*; citocinina; cinetina; uréia; produção de grãos.

USE REGULATOR GROWTH ASSOCIATED WITH NITROGEN IN SOYBEAN CULTIVATED IN SOILS CERRADO

ABSTRACT

The application of plant growth regulator kinetin is an alternative to increase, flower setting, young vegetables and productivity in soybean. The use of nitrogen in reproductive stage can meet any demand of the plant and interaction, with kinetin, increase the efficiency of plant growth regulator. Objective it is with this study was to evaluate the use of kinetin and nitrogen, application on pod formation phonological stage, in soybean grown in soils cerrado. The experiment was conducted out in Gurupi, TO, season 2014/15, in design a randomized block with four replications, in a factorial 5 x 5, five concentrations of the plant growth regulator (0; 0,75; 1,0; 1,25; e 1,50 g ha⁻¹), applied foliar, and five nitrogen as urea (0; 10; 20; 30; 40 kg ha⁻¹), applied haul during the reproductive phase, beginning the formation of vegetables (R3). The soybean cultivar used was (M-soy 9144 RR). Were evaluated characteristics plant height, insertion height first pods, number of stems per plant, number of pods per plant, number of grains per plant, number of grains per pod, weight of hundred grains and productivity of soybeans. The use of kinetin foliar application at the beginning of pod formation, becomes an advantageous technology in soybeans, and in interaction with nitrogen, provides significant gains in productivity and increase in other agronomic traits. The interaction between kinetin and nitrogen, the recommended dose is (1,25 g ha⁻¹ kinetin) with (30 kg ha⁻¹ N) therefore, promoted increases in grain yield, number of grains per plant and number of pods per plant.

Keywords: *Glycine max*; cytokinin; kinetin; urea; grain production.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a soja (*Glycine max* L.) destaca-se como a principal cultura explorada no mercado interno (PINAZZA, 2007). Tornando-se uma das principais fontes de divisas para o país no setor agrícola, sendo a cultura que ocupa a maior área. Na safra 2015/16 a área estimada para o cultivo da soja será de 33,24 milhões de hectares e estima-se 101,91 milhões de toneladas produzidas, com produtividade média de 3066 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015). A produção agrícola no Estado do Tocantins está se destacando pelo aumento da área (883,6 milhões de hectares) e da produção (2.578,3 milhões de toneladas), entretanto, a média de produtividade (2918 kg ha⁻¹) ficou abaixo da média nacional, evidenciando a plena expansão da cultura na região (CONAB, 2015).

Dada a importância da soja como fator sócio, econômico e nutricional, pesquisas vêm sendo dirigidas, no sentido de se alcançar patamares maiores de produtividades. Nas plantas de soja, naturalmente são abortados elevado número de flores e de legumes jovens, o que reflete em impacto negativo na produtividade (NONOKAWA et al., 2007). Há relatos de perdas entre 27% e 84% das estruturas reprodutivas (SHARMA et al., 1990; JIANG e EGLI, 1993). Wiebold (1990) relata que os fatores envolvidos na fixação de legumes de soja é a disponibilidade de nutrientes e de fotoassimilados destinados aos mesmos, quando em desenvolvimento. Nas sementes é a disponibilidade de algumas classes de hormônios, como Citocininas purínicas exógenas (6-Benzilaminopurine) (CROSBY et al., 1981) e Cinetina (YASHIMA et al., 2005).

As citocininas se destacam pelo efeito no desenvolvimento das plantas, senescência foliar, mobilização de nutrientes, dominância apical, formação e a atividade dos meristemas apicais caulinares, no desenvolvimento floral, na quebra da dormência de gemas e germinação de sementes (TAIZ e ZEIGER, 2009). Há relatos na literatura internacional da ocorrência de deficiência de citocinina endógena no terço superior do racemo em plantas de soja, que se associa ao maior aborto das partes reprodutivas da planta (KOKUBUN e HONDA, 2000; NONOKAWA et al., 2007). Esses últimos autores verificaram que as aplicações exógenas de citocininas sintéticas (6-Benzilamino purina) nos racemos após a antese, acrescentaram o número de legumes produzidos

pela planta de soja no Japão. Segundo Cho et al. (2002) em condições de bom suprimento hídrico, aplicação de (6-Benzilamino purina) em racemos individuais de plantas de soja, resultou na redução do abortamento das flores. Outros estudos destacam o aumento da produtividade da soja mediante ao uso de citocininas sintéticas aplicadas via foliar, associadas ou não a nutrientes (CARLSON et al., 1987; DYER et al., 1987; MOSJIDIS et al., 1993; NAGEL et al., 2001; LIU et al., 2004).

No Brasil, a recomendação atual para o cultivo da soja é a utilização de inoculante sem a suplementação com fertilizantes nitrogenados. As taxas de fixação biológica do nitrogênio (FBN), para a cultura variam entre 109 e 250 kg ha⁻¹ de N, o que concebe 70 a 85% do N total acumulado pelas plantas (BODDEY et al., 1990; HUNGRIA et al., 2006a). Segundo Shibles (1998), a disposição de fixação simbiótica de N₂ começa a cair rapidamente após o estágio de crescimento R5 (enchimento de grãos), estágio esse que requer maior demanda de síntese de proteínas. Wesley et al. (1998) obtiveram aumento médio de produtividade de 470 Kg de grãos, com a aplicação tardia (estádio R3), de apenas (20 kg ha⁻¹ de N) no Estados Unidos.

Nesse contexto, em que a redução da FBN em países desenvolvidos está aliada ao baixo custo dos adubos nitrogenados, a suplementação de N é vantajosa, devido à ocorrência de áreas com potencial produtivo elevado de soja. No Brasil, a suplementação de N na soja não é vista como prática aceitável, pelo alto custo da adubação, mas o aumento nos rendimentos de grãos, aliado aos lançamentos de cultivares com elevado teto de produtividade, requerem maiores estudos sobre a importância do manejo suplementar de N.

O efeito isolado do hormônio citocinina foi bastante estudado e já é conhecido, sendo apresentados efeitos positivos na fixação de legumes, redução do abortamento floral e aumento de produtividade em soja. No entanto, o efeito do hormônio em interação com o nitrogênio é desconhecido, visto que, ambos apresentam propriedades promissoras para um alto nível tecnológico na cultura da soja. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o uso da cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio fisiológico de formação de vagens, em soja cultivada em solos de cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação experimental da Universidade Federal do Tocantins, no município de Gurupi, localizado na região sul do Estado, a uma altitude de 276 m e a 11°46'18" de latitude Sul e 49°02'35" de longitude Oeste. O clima da região é do tipo Aw-clima tropical úmido, com estação seca de inverno, apresentando temperatura média anual de 26,1°C (KÖPPEN, 1948). De acordo com a Embrapa (2013), o solo é classificado como Latossolo Vermelho – Amarelo distrófico, textura média.

A pesquisa foi desenvolvida na safra 2014/2015. Na figura 1 constam os dados de precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperaturas máximas e mínimas ambientais durante a condução do experimento, registrados na Estação Meteorológica da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi.

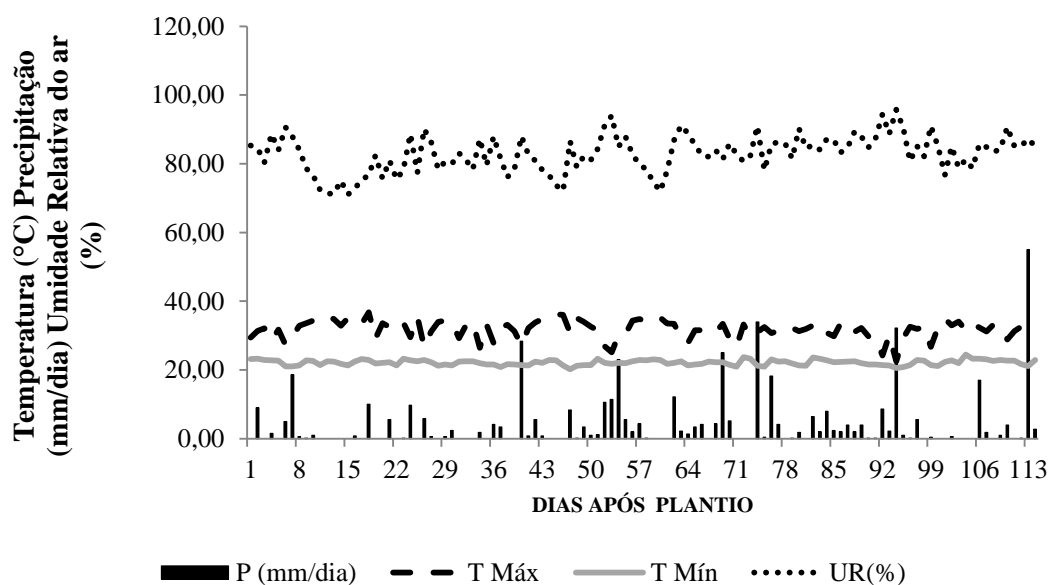


Figura 1. Dados diários de precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperaturas máximas e mínimas ambientais, durante a condução do experimento. Gurupi-TO, safra 2014/2015. Fonte: (INMET, 2015).

A análise química e física do solo na camada de 0-20 cm, coletada antes da instalação do experimento, mostrou os seguintes resultados: pH em $\text{CaCl}_2 = 5,3$; $\text{P (meh)} = 10,4 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 71,0 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Cu} = 0,7 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Zn} = 1,1 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Mn} = 0,8 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{B} = 0,1 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Fe} = 21 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 2,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Al} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H+Al} = 2,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$;

SB = 2,98 cmol_c dm⁻³; t = 2,98 cmol_c dm⁻³; T = 5,18 cmol_c dm⁻³; m = 0,0% ; V = 58% ; M.O. = 1,7 dag kg⁻¹; Areia = 715 g kg⁻¹; Silte = 50 g kg⁻¹; e Argila = 235 g kg⁻¹.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 5 x 5, sendo cinco concentrações do regulador vegetal cinetina (kinetin) (0; 0,75; 1,0; 1,25; 1,50 g ha⁻¹), aplicado via foliar por meio de pulverizador com pressão de CO₂, à pressão constante de 2,8 kgf cm⁻², e com volume de calda de 200 L ha⁻¹ e cinco de nitrogênio, na forma de uréia (0; 10; 20; 30; 40 kg ha⁻¹) aplicado a lanço, ambos na fase reprodutiva, início da formação dos legumes (R3). A dosagem zero correspondeu ao controle, com aplicação apenas de água.

A cultivar de soja utilizada foi M-soy 9144 RR, de ciclo tardio, inoculada com estirpes *Bradyrhizobium japonicum*, Semia 5079 e Semia 5080, na proporção mínima de 12x10⁵ células da bactéria por semente, no momento da semeadura.

Cada unidade experimental foi constituída por três linhas de soja com quatro metros de comprimento, espaçadas em 0,45 m. Para as avaliações foi considerada a linha central de cada unidade experimental, desprezando-se meio metro na extremidade da linha de planta.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, utilizando uma gradagem, feita com grade de 28 polegadas com profundidade de 0-20 cm, seguida de grade niveladora e sulcador.

A semeadura foi realizada manualmente no dia 17 de dezembro de 2014. No momento do plantio foi realizado o tratamento das sementes com fungicida (tiofanato-metílico + fluazinam) na dosagem de 215 ml de p.c/100 kg de sementese inseticida (imidacloprido + tiodicarbe) na dosagem de 0,5 L p.c/100 kg de sementes. A densidade de semeadura foi realizada com intuito de se obter 14 plantas por metro linear.

A adubação de semeadura foi realizada no sulco de plantio, com base nos resultados da análise química e física do solo, com 400 kg ha⁻¹ de Superfosfato triplo (41% P₂O₅). A adubação potássica foi feita em cobertura aos vinte e cinco dias após a emergência das plantas, na dose de 40 kg ha⁻¹ K₂O na forma de cloreto potássio (58% K₂O).

Os tratos culturais foram efetuados mediante aplicação de inseticida alfa-cipermetrina na dose 120 ml ha⁻¹; acetamiprido na dose 300 g p.c ha⁻¹ e metomil na dose 1,5 L ha⁻¹. Fungicida tiametoxam na dose 150 ml ha⁻¹; azoxistrobina na dose 200 ml ha⁻¹. Foi utilizado o dessecante glifosato potássico 1,5 L ha⁻¹. Foi feita uma aplicação de fertilizante foliar, durante o florescimento, com (Cu 82,0 g/L), (Mn 330,0 g/L) e (Zn 140,0 g/L) na dose 0,5 L ha⁻¹.

As características agronômicas da cultura da soja avaliadas foram: altura de plantas - determinada mediante medição de 10 plantas, com régua graduada em centímetros, da distância do coleto ao ápice da planta; altura de inserção de primeira vagem - determinada mediante medição de 10 plantas, com régua graduada em centímetros, da distância do coleto a inserção da primeira vagem; número de hastes por planta - relação entre o número total de hastes e o número total de plantas, determinada em 10 plantas colhidas ao acaso na área útil de cada unidade experimental; número de grãos por planta - relação entre o número total de grãos e o número total de plantas, determinada em 10 plantas colhidas ao acaso na área útil de cada unidade experimental; número de vagens por planta - relação entre número total de vagens e o número total de plantas, determinada em 10 plantas colhidas ao acaso na área útil de cada unidade experimental; número de grãos por vagem - relação entre número total de grãos e o número total de vagens, determinada em 10 plantas colhidas ao acaso na área útil de cada unidade experimental; massa de cem grãos (g) - determinada pela contagem e pela pesagem de uma amostra de cem grãos sadios por cada unidade experimental, sendo a umidade dos grãos corrigida para 13%; produtividade de grãos - determinada por meio da coleta das plantas contida na linha central com três metros de comprimento de cada unidade experimental. As plantas foram colhidas manualmente e colocadas para secagem e posterior debulha mecânica. Após esta operação, os grãos foram pesados e posteriormente foi calculada a produtividade em kg ha⁻¹ corrigindo os valores para 13% de umidade.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e de regressão ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. A interação entre os fatores quando significativos foram submetidos ao desdobramento, seguido da

análise de regressão. As análises foram realizadas com a utilização do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve significância da interação cinetina verso nitrogênio para todas as características avaliadas, evidenciando a interdependência dos fatores em questão, sendo, portanto, realizado o desdobramento dos mesmos. Passos et al. (2008) não obtiveram significância da interação entre cinetina e nitrato de potássio, o que se justifica, provavelmente, pelo fato das condições edafoclimáticas durante o experimento terem favorecido à absorção do nutriente via solo.

Para a característica altura de planta (Figura 2), observou-se que as doses crescentes de cinetina em interação com nitrogênio, promoveram aumento na altura de planta. Nota-se, crescimento linear das plantas quando aplicado a cinetina de forma isolada. As doses de nitrogênio 10, 20 e 30 kg ha⁻¹ de N quando em interação com as doses de cinetina apresentaram crescimento linear nas alturas de plantas. A dose de 1,50 g ha⁻¹ cinetina associado a 20 kg ha⁻¹ N resultou em maior altura (88 cm), com ganho de até 21,7% em relação à testemunha.

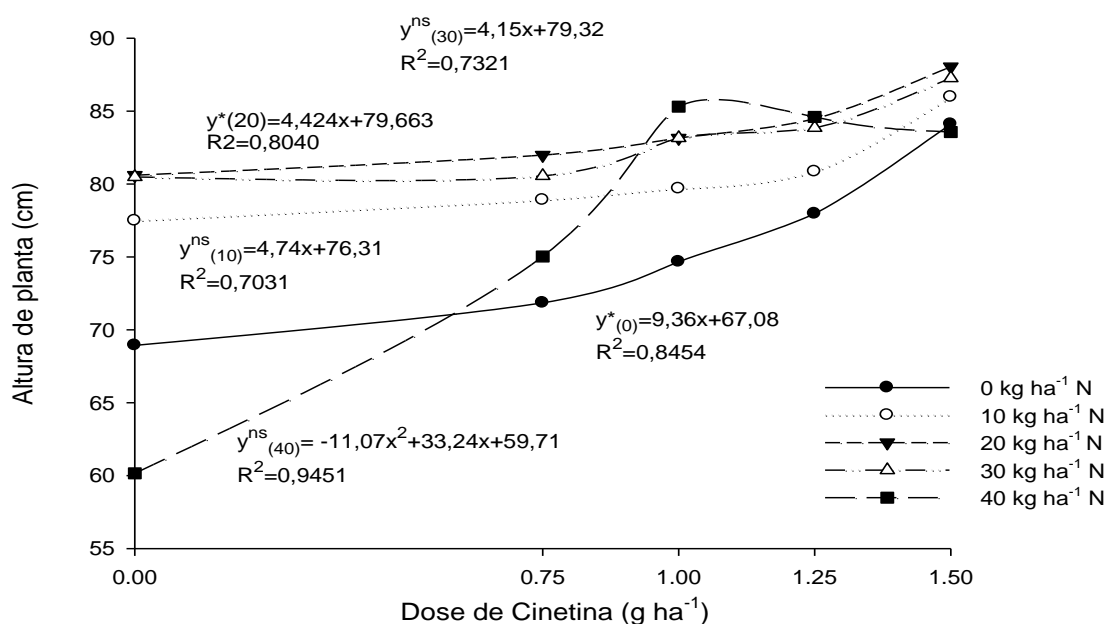


Figura 2. Variação de altura de planta (cm), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3, obtidos no experimento Uso de regulador de crescimento associado ao nitrogênio em soja cultivada em solos de cerrado. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

Segundo Costa (1996), a estatura de uma planta de soja é de suma importância, pois está extremamente ligada a produção, no que se refere ao número de nós que é característico de cada genótipo, pelos quais vão originar os ramos e as estruturas reprodutivas.

Esse ganho significativo de altura está relacionado à aplicação de cinetina, que é um regulador vegetal, e tem como algumas de suas funções promover o crescimento e inibir a dominância apical. Uma vez aplicado o hormônio as plantas desenvolveram-se mais, pois tiveram quebrado a dominância apical e estimulado o desenvolvimento, exigindo então, maior demanda de nutriente principalmente de N. A partir de R5 estágio de enchimento de grãos, a eficiência da FBN começa a diminuir e pode passar a ser insuficiente em condições normais. Neste caso, com o crescimento sendo estimulado, passa haver um déficit ainda maior, sendo necessária a suplementação mineral. O que está bastante evidente, pois, para qualquer dose aplicada resposta em aumento do tamanho das plantas. Segundo Stoller (2015), aplicação de cinetina estimula o crescimento e o alongamento pela divisão celular, promove o crescimento das gemas laterais, intervindo na dominância apical. Carvalho et al. (2013) utilizando bioestimulante, que é composto por mais de um hormônio vegetal, aplicaram o regulador em três estádios (V5, R1 e R3), com aplicações de (0,75 e 1,0 L ha⁻¹) e verificaram aumento na altura de plantas. Bertolin et al. (2010) avaliando um bioregulador com 0,009 % de cinetina, obtiveram acréscimo nas alturas de plantas.

A altura de inserção de primeira vagem mostrou-se semelhante à característica altura das plantas (Figura 3). Houve resposta crescente com aplicação isolada das doses de nitrogênio, notando-se que há demanda do nutriente nesse estágio. A maior altura (22,6 cm) foi obtida pela dose 1,50 g ha⁻¹ cinetina associada a 30 kg ha⁻¹ N, com ganho significativo de até 7 cm em relação a testemunha. Peluzio et al. (2010) encontraram média de altura de inserção de primeira vagem para a cultivar M-soy 9144 RR de 22 cm, com

plântio realizado no dia 18 de dezembro de 2008, no município de Gurupi-TO, e concluíram que a época de plântio influencia na altura de primeira vagem.

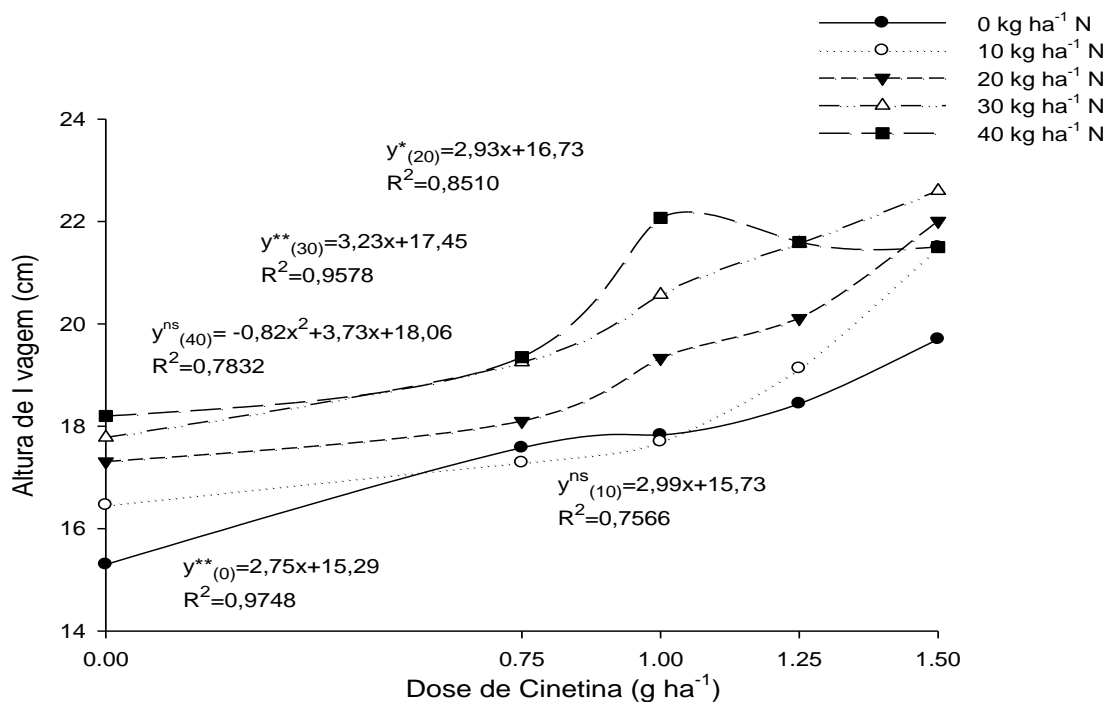


Figura 3. Variação de altura de inserção de I vagem (cm), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estádio R3, obtidos no experimento Uso de regulador de crescimento associado ao nitrogênio em soja cultivada em solos de cerrado. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

A maior dose de cinetina quando em interação com as doses de nitrogênio 10, 20 e 30 kg ha⁻¹ de N promoveram aumento na altura das plantas e na altura de inserção de primeira vagem, e resultaram em queda do número de haste e na produtividade de grãos (Figuras 4 e 9). Por ser um hormônio que atua em baixa concentração, a alta dose de cinetina teve efeito oxidativo, resultando em queda na produtividade, evidenciada na dose de 1,25 g ha⁻¹ cinetina quando houve um ponto de máximo crescimento.

Características morfológicas como altura das plantas, ramificações e altura da primeira vagem podem influenciar em menor perda na colheita e também em melhor arquitetura, permitindo altas produções. A aplicação de hormônios vegetais tem intuito de promover maior crescimento, desenvolvimento da planta e de favorecer as práticas mecânicas. Segundo Vieira e Castro (2003), substâncias tanto naturais como sintéticas quando aplicadas diretamente nas plantas, em partes como folhas, frutos e nas

sementes, acarreta alterações nos processos vitais e estruturais, e tem como intenção incrementar a produção, aprimorar a qualidade e facilitar a colheita.

Aratani et al. (2008) não encontraram influência dos tratamentos (diferentes épocas de aplicação de nitrogênio na soja em plantio direto sobre resíduos vegetais de milho ou braquiária) na altura média de inserção da primeira vagem, e apresentam valores (24,9 a 31,1 cm). Santos et al. (2015) avaliaram três bioestimulantes na cultura da soja, em condições de alta e baixa dose de fósforo, para altura de inserção da primeira vagem e não observaram diferença, porém, em alta dose de fósforo o bioestimulante contendo cinetina resultou em maiores médias (24,08 cm).

Bertolin et al. (2010) obtiveram resultados médios para altura de plantas, ramos por planta e altura de inserção da primeira vagem de 83, 14 e 14,4 cm, respectivamente, abaixo dos encontrados nesse trabalho para altura de planta (88 cm) e altura de inserção da primeira vagem (22,6 cm). Para evitar perdas na colheita mecânica, cultivares com altura superior a 65 cm, e com ponto de inserção das primeiras vagens superior a 12 cm, é fator importante para uma boa produtividade, de forma que os dados obtidos nesse trabalho foram superiores aos valores mínimos indicados pela literatura.

Em relação ao número de hastes (Figura 4), ocorreu incremento até a dose 1,0 g ha⁻¹ de cinetina na interação com as doses 10, 20, 30 e 40 kg ha⁻¹ N, sendo que a interação com a dose de 20 kg ha⁻¹ N resultou em maior média (7 hastes). Aplicações isoladas de nitrogênio promoveram aumento crescente até a dose 20 kg ha⁻¹ N. Quando em interação com as doses de cinetina as doses 20 e 30 kg ha⁻¹ de N resultaram em maiores médias.

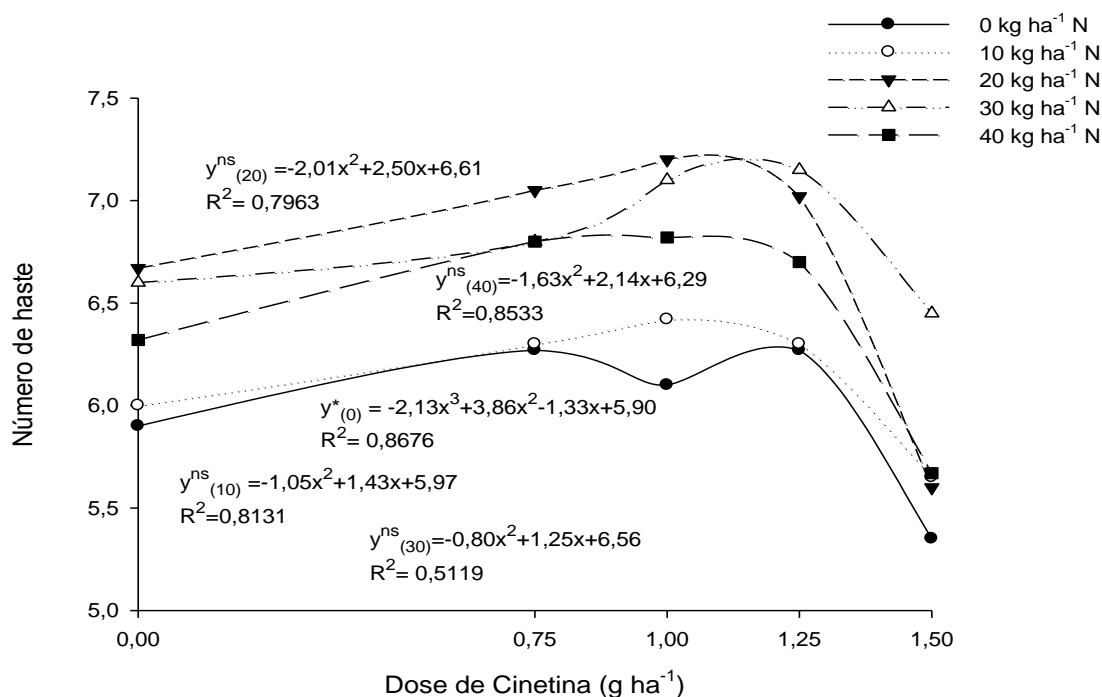


Figura 4. Variação do número de hastes, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3, obtidos no experimento Uso de regulador de crescimento associado ao nitrogênio em soja cultivada em solos de cerrado. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

Este aumento está relacionado à presença da citocinina sintética exógena na forma de cinetina, que promoveu maior ramificação das gemas laterais, pela alta relação citocinina/auxina. Aplicações exógenas de citocininas quebram a dominância apical e promovem o crescimento das gemas laterais. Aplicações diretas nas gemas axilares de várias espécies estimulam a divisão celular e o crescimento das gemas (TAIZ e ZEIGER, 2009). A grande quantidade de ramificações encontradas nas doses 1,0 e 1,25 g ha⁻¹ de cinetina na interação das doses 20 e 30 kg ha⁻¹ de N levaram a uma maior demanda de nitrogênio pela planta, em suprir o surgimento de maiores quantidades de estruturas reprodutivas (Figura 5) que refletiram em maiores produtividades (Figura 9), o que evidencia a colaboração da suplementação mineral de nitrogênio.

Em trabalho realizado em casa de vegetação, com oito tratamentos de biorregulador, aplicados três vezes a partir do 43^o dia em soja, ocorreu aumento no número de ramificações laterais quando aplicado o biorregulador Etefon (ácido-2-cloroetil fosfônico). Tal fato é atribuído pela ação do etileno,

com influência na gema apical, impedindo a divisão celular nos ápices dos ramos, devido à redução do transporte e síntese de auxinas (CAMPOS et al., 2009).

Tanto para altura de planta e altura de inserção de primeira vagem (Figuras 2 e 3), a dose que promoveu maior ganho foi $1,50 \text{ g ha}^{-1}$ de cinetina em interação com as doses 20 e $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, sendo que a dose 20 kg ha^{-1} de N proporcionou maior ganho nas características de altura de planta e número de hastes. As doses crescentes de cinetina quando em interação com a dose máxima de nitrogênio (40 kg ha^{-1} de N), apresentaram declínio a partir da dose $1,0 \text{ g ha}^{-1}$, tanto para altura de plantas, como altura de primeira vagem e número de hastes, mostrando que, dose elevada o nitrogênio restringe a FBN e, portanto, deixando de ser interessante como prática de manejo.

Observa-se, quanto ao número de vagem por planta (Figura 5), crescimento linear das doses crescentes de cinetina quando aplicado sem nitrogênio, obtendo ganho de 35 vagens, evidenciando a importância e a influência do hormônio na expressão da característica de rendimento da cultura. Quando em interação com o nitrogênio, também ocorreu ganho crescente até a dose $1,25 \text{ g ha}^{-1}$ cinetina, sendo que, a interação com a dose de $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ apresentou maior média (106 vagens). Na aplicação de nitrogênio sem cinetina, a planta respondeu de forma linear até a dose $30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, obtendo um ganho significativo de 26 vagens, o que destaca a eficiência e influência do nitrogênio, aplicado no início da formação de vagem, em ser utilizado para suprir possível demanda pela planta nesse estágio.

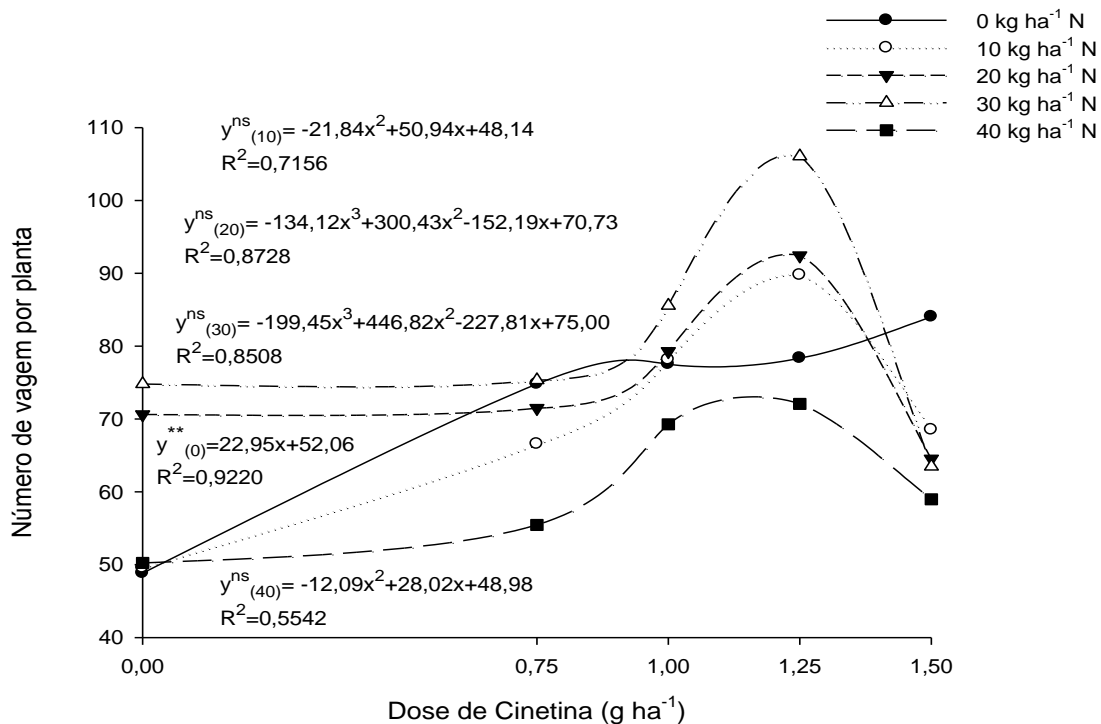


Figura 5. Variação do número de vagem por planta, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3, obtidos no experimento Uso de regulador de crescimento associado ao nitrogênio em soja cultivada em solos de cerrado. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

O número de legumes por planta é um dos componentes de rendimento em soja. O mesmo é determinado pelo balanço entre a produção de flores e o desenvolvimento destes até legumes (JIANG e EGLI, 1993).

A aplicação de cinetina influenciou de forma direta o incremento no número de vagem por planta, sendo que também atuou no aumento da altura de planta, redução do abortamento de flor, expansão foliar pela alta taxa de divisão celular, sendo todos esses efeitos potencializados quando em interação com nitrogênio, resultando ganhos significativos. A citocinina e seus análogos exógenos exercem ação decisiva na diminuição do aborto de flor, aumento de vagens e massa individual das sementes, procedendo num maior rendimento de colheita (YASHIMA et al., 2005; NONOKAWA et al., 2007).

Segundo Liu et al. (2004), as principais hipóteses pelas quais as vagens abortam, são a deficiência de fotoassimilados ou citocininas nas vagens. O uso de cinetina exógena acrescenta os níveis endógenos, causando aumento na força de dreno nos órgãos tratados, provavelmente pelo aumento

na taxa de divisão celular (MOSJIDIS et al., 1993). Há relatos da eficiência de aumento da emissão de vagens e do rendimento, em decorrência da aplicação de citocininas sintéticas para a cultura da soja (MOSJIDIS et al., 1993; NAGEL et al., 2001; CHO et al., 2002; LIU et al., 2004; YASHIMA et al., 2005; NONOKAWA et al., 2007; PASSOS et al., 2008).

De acordo com Passos et al. (2011) avaliando diferentes doses de cinetina e de nitrato de potássio, aplicados via foliar no início da frutificação da soja, no município de Itutinga-MG, o hormônio aumentou o número total de legumes fixados em até 27,4% (8,8 vagens por planta), e a produção foi incrementada em até 27,1%.

A resposta da planta ao aumento do número de vagens, com aplicação de nitrogênio na fase reprodutiva, pode estar ligada a um decréscimo na fixação biológica nesses estádios reprodutivos, onde a planta necessita de uma demanda para produção de vagens. Em ação conjunta com a cinetina que, quando aplicada, permitiu o aumento da área foliar, dos teores de clorofila e da produção de fotoassimilados, o nitrogênio atua no sentido de promover a eficiência da taxa fotossintética, suprindo a planta para uma maior produtividade. O nitrogênio está presente nas moléculas de clorofilas, citocromos e de todas as enzimas e coenzimas, tem ação no aumento da área foliar da planta, que por sua vez aumenta a eficiência de interceptação da radiação solar e da taxa fotossintética (TAIZ e ZEIGUER, 2009; FAGERIA et al., 2003).

Plantas de soja cultivadas em vaso foram submetidas à aplicação de cálcio e cinetina, no início do florescimento e, em seguida, submetidas a estresse por déficit hídrico e por sombreamento por 12 dias. Notaram que, os dois estresses reduziram os componentes diretos da produção e, que a aplicação de cálcio e cinetina não afetaram os componentes da produção nem a produção das plantas (FIOREZE et al., 2013).

Quanto ao número de grãos por planta (Figura 6), houve resposta crescente da planta ao ganho até a dose 1,25 g ha⁻¹ de cinetina nas interações com nitrogênio. A mesma dose de cinetina na interação com a dose 30 kg ha⁻¹ de N apresentou maior média (137 grãos por planta), porém, o ganho de resposta não diferiu da dose de 20 kg ha⁻¹ de N. Nota-se que, tanto para essa característica quanto para o número de vagem por planta, a melhor resposta da

planta às aplicações foi na dose 1,25 g ha⁻¹ de cinetina em interação com as doses de 20 e 30 kg ha⁻¹ N. A compatibilidade entre as doses leva a planta a um melhor balanço de produção de fotoassimilados e de utilização fotossintética, aumentando a eficiência na distribuição para as partes produtivas do vegetal.

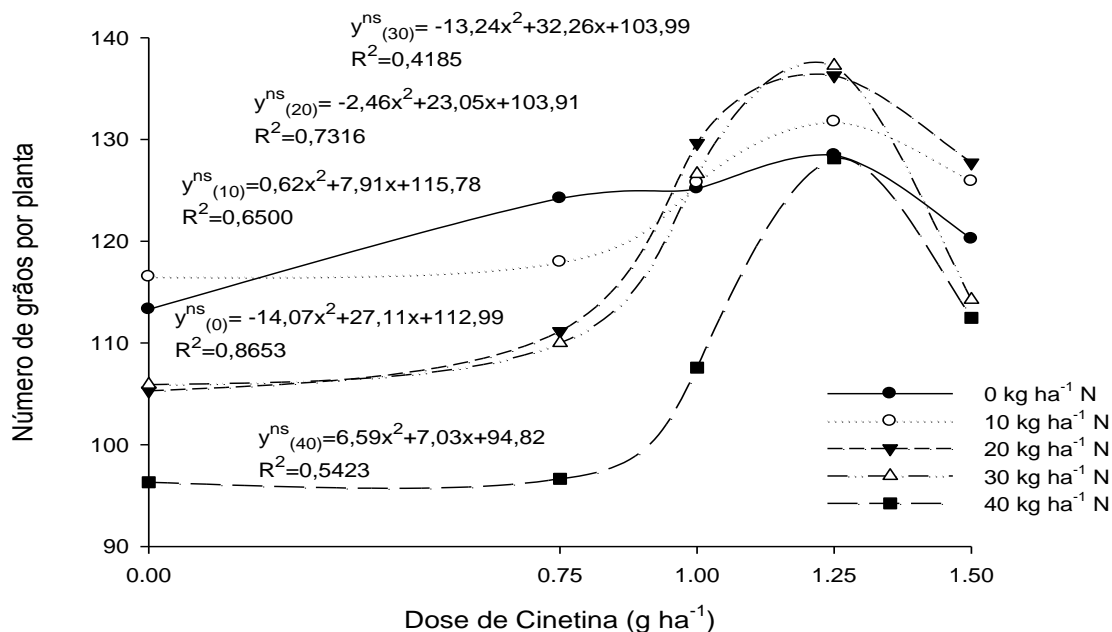


Figura 6. Variação do número de grãos por planta, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3, obtidos no experimento Uso de regulador de crescimento associado ao nitrogênio em soja cultivada em solos de cerrado. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

Abrantes et al. (2011) em experimento montado no município de Selvíria-MS, testando cinco doses do regulador vegetal, composto por cinetina, ácido giberélico e ácido indol butírico, em duas cultivares de feijão de inverno, e em dois estádios (V4 e R5), notaram, em R5, aumento no número de grãos por planta e na produtividade das cultivares de feijoeiro Carioca Precoce e IAC Apuã.

Aplicação de doses elevadas de cinetina resultou em queda no número de haste, número de vagem por planta e número de grãos por planta, nas doses de 1,0; 1,25 e 1,50 g ha⁻¹ de cinetina (Figuras 4, 5 e 6), respectivamente. Segundo Taiz e Zeiger (2009), essas altas concentrações estimulam maior atividade da enzima citocinina oxidase, isso ocorre em parte, pelo aumento dos níveis de RNA em um subgrupo gene. Aplicações parceladas devem ser

testadas, a fim de reduzir esses efeitos. Passos et al. (2011) também verificaram para concentrações superiores a $508,9 \text{ mg ha}^{-1}$ queda no número de vagens. Nagel et al. (2001) apresentaram uma curva quadrática negativa como resposta a altas concentrações de citocinina para o número de vagens por planta, número total de sementes por planta e massa total de sementes por planta.

O número de grãos por vagem (Figura 7) apresentou aumento nas primeiras doses de cinetina para todas as interações com nitrogênio. Quanto ao ganho, não ocorreu diferença entre as interações. Aplicação de cinetina sem nitrogênio teve resposta crescente e, quando na interação, houve queda nas maiores doses do hormônio quando aplicado às doses 10, 20 e $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$. A maior média (2,0 grãos por vagem) foi obtida na dose $1,0 \text{ g ha}^{-1}$ de cinetina com $20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$. Doses de nitrogênio promoveram crescimento linear quando aplicadas de forma isolada.

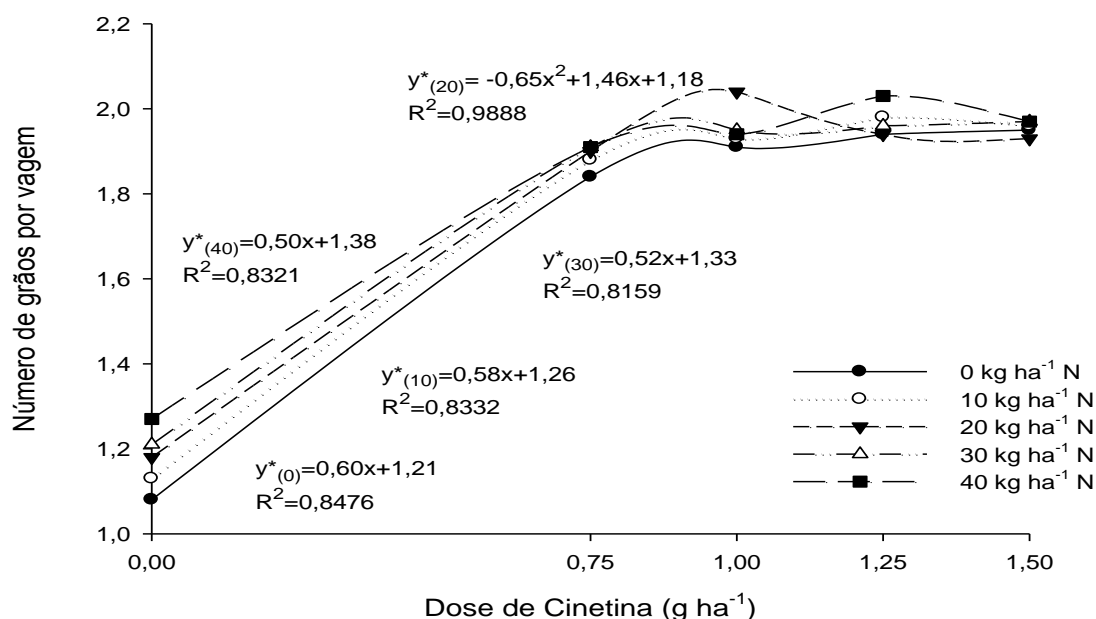


Figura 7. Variação do número de grãos por vagem, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3, obtidos no experimento Uso de regulador de crescimento associado ao nitrogênio em soja cultivada em solos de cerrado. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

Esses baixos valores de número de grãos por vagem se deve, provavelmente, ao baixo volume de precipitação e sua má distribuição durante a fase de florescimento e enchimento de grãos (Figura 1), reduzindo o

enchimento e a formação dos mesmos. Encontram-se valores para o mesmo cultivar superior a dois grãos por vagem. O grande aumento em altura das plantas, inserção de primeira vagem, número de haste e número de vagem por planta atribuída à cinetina em interação com nitrogênio, também pode ter contribuído para uma maior competição entre plantas por luz e restringido o envio de fotoassimilados destinados para a formação dos grãos.

Alleoni et al. (2000) testando doses, forma de aplicação e o parcelamento dos fito-hormônio de Stimulate, composto por citocinina, ácido indol butírico e ácido giberélico na cultura do feijoeiro, encontraram acréscimo de 1,7 para o número de grãos por vagem, quando aplicado 750 ml ha^{-1} , via foliar com uma aplicação. Bertolin et al. (2010) em experimento com soja, avaliando o uso do bioestimulante composto por citocinina, ácido indol butírico e ácido giberélico, via sementes e foliar nos estádios V5, R1 e R5 em duas cultivares, constataram ausência de significância para o número de grãos por vagem, e o número médio foi de duas sementes por vagem.

Estudos devem ser atribuídos em prol do aumento dessa característica, aplicações de cinetina mais precoces (dirigido na linha de semeadura) e parceladas (estádio vegetativo e reprodutivo) com doses menos equidistantes, associados a aplicações de macro ou micro nutrientes e com menor densidade de plantas, devem ser aprofundados a fim de maximizar a eficiência do produto e os seus benefícios para a planta.

Nota-se que, para a característica massa de cem grãos (Figura 8), não houve diferença entre as interações. A maior média (11,85 g) foi obtida na dose de $0,75 \text{ g ha}^{-1}$ de cinetina com 20 kg ha^{-1} N. Para as outras interações a melhor dose de cinetina foi $1,0 \text{ g ha}^{-1}$. As maiores doses de cinetina diminuíram a massa de cem grãos. Aplicações isoladas de nitrogênio obtiveram resposta crescente até a dose 20 kg ha^{-1} de N.

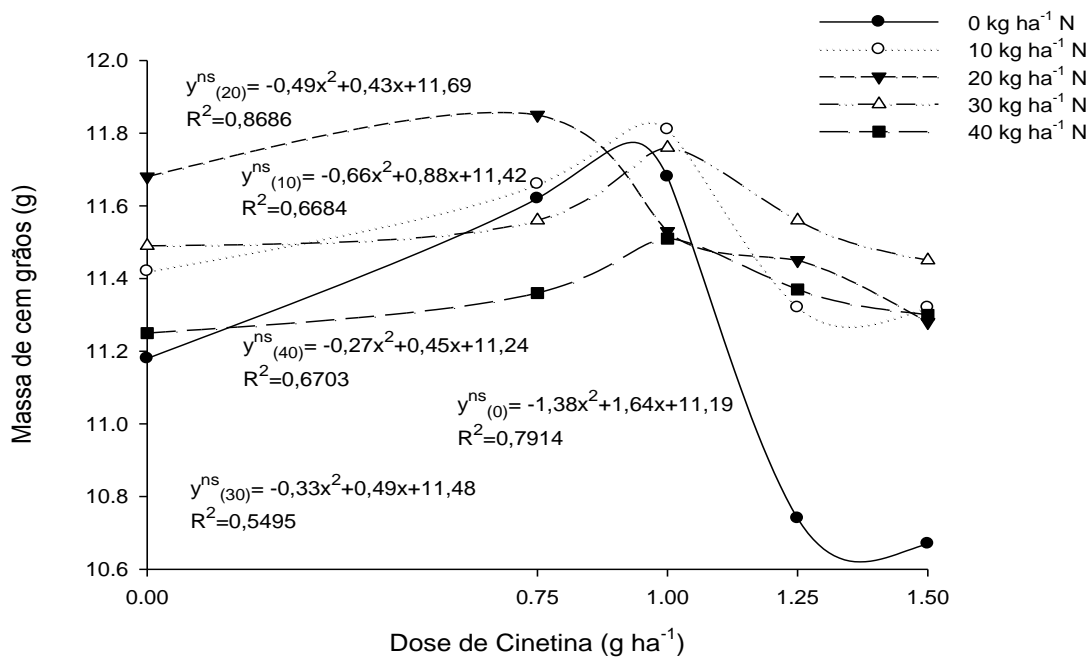


Figura 8. Variação da massa de cem grãos (g), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3, obtidos no experimento Uso de regulador de crescimento associado ao nitrogênio em soja cultivada em solos de cerrado. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

A massa média dos grãos é um dos componentes de rendimento da cultura, está vinculado a característica genética da cultivar, mas pode sofrer influência do meio externo. A cultivar em estudo, apresenta MCG de 14,5 g, porém, neste trabalho foi encontrada MCG de 11,85 g. Provavelmente essa redução é pela influência das aplicações de cinetina exógena, e que proporcionou aumento na quantidade de drenos (vagens e grãos) presentes, fazendo com que a planta direcionasse os fotoassimilados para melhor defini-los, indicando assim, que as reservas da planta direcionadas para o aumento da massa dos grãos não foram suficientes para o incremento na massa.

Passos et al. (2011) encontraram a não correlação do peso de mil sementes com o aumento do rendimento, pelo fato da cinetina ter promovido baixos níveis de aumento no peso, porém observaram correlação com a produção de sementes por planta.

Em relação à produtividade de grãos (Figura 9), ocorreram aumentos significativos com as doses crescentes de cinetina, até a dose 1,25 g ha⁻¹ de cinetina para a maioria das interações com nitrogênio. A maior produtividade obteve um ponto de máxima, com 3.900,17 kg ha⁻¹ ou 65 sacos de 60 kg ha⁻¹,

na dose 1,25 g ha⁻¹ de cinetina com 30 kg ha⁻¹ de N. Comparando essa maior produtividade, com a maior obtida, na mesma dose de cinetina, mas sem nitrogênio, constata-se um ganho significativo de 1.152,42 kg ha⁻¹ ou 19 sacos de 60 kg ha⁻¹. Aplicação de nitrogênio em interação com a cinetina apresentou ganhos de produtividade, porém, quando aplicado isoladamente teve comportamento negativo, com queda de produtividade pelo aumento das doses. Este ganho de produtividade do nitrogênio com a cinetina se deve a maior demanda do elemento pela planta em função da aplicação de cinetina, que promoveu maior produção de fotossíntese e de fotoassimilados, destinados para formação de vagens e grãos, de modo que, a complementação mineral não interferiu na fixação biológica de nitrogênio. Aplicações isoladas de nitrogênio não tiveram o mesmo sucesso apresentando queda de 573,21 kg ha⁻¹ pelo aumento das doses, atribuído pela interferência das doses crescentes na contribuição da FBN e pela ausência da aplicação de cinetina, assim, a planta não necessitou da complementação mineral para aumento da produtividade.

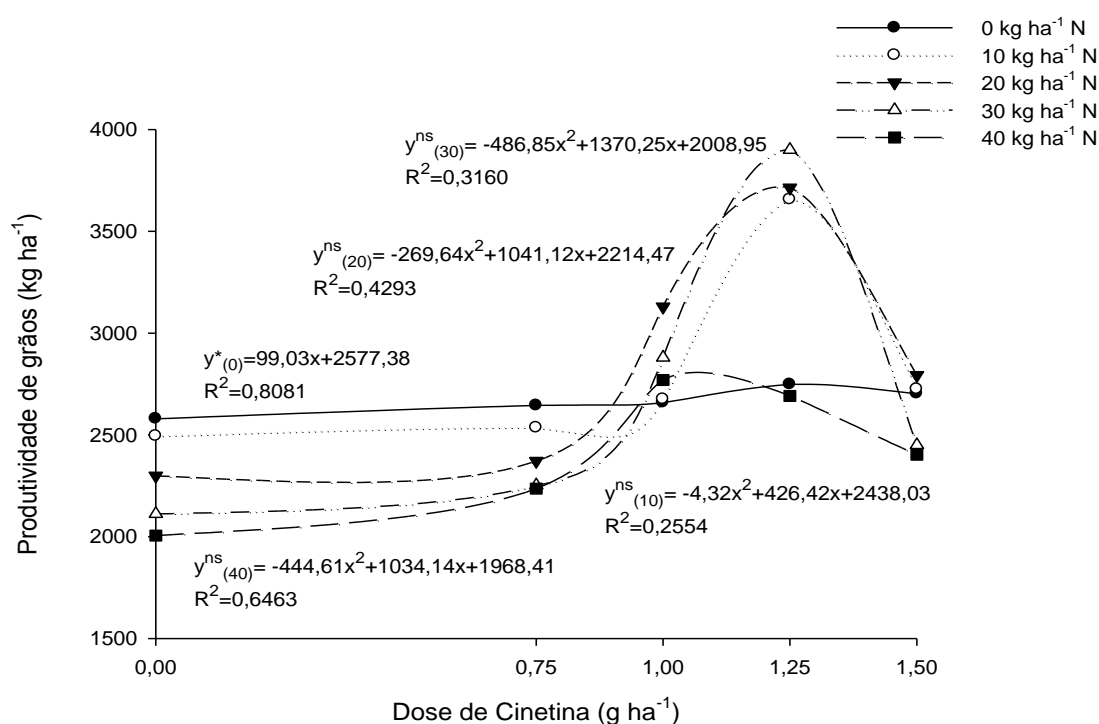


Figura 9. Variação da produtividade de grãos (kg ha⁻¹), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3,

obtidos no experimento Uso de regulador de crescimento associado ao nitrogênio em soja cultivada em solos de cerrado. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

De acordo com Hungria et al. (2001), patamares produtivos superiores a 4.000 kg ha^{-1} são conseguidos exclusivamente pela inoculação, não havendo necessidade de nenhuma complementação com fertilizantes nitrogenados. Os mesmos autores frisam o trabalho dos rizobiologistas, em selecionar estirpes com maior capacidade de fixação de N_2 e melhorias nas técnicas de produção, a fim de fornecer nitrogênio a cultivar com alta produtividade. Hungria et al. (2006b) conduziram experimentos com soja em latossolos sob plantio direto e plantio convencional, em Londrina e Ponta Grossa, PR, e verificaram que a aplicação de 50 kg ha^{-1} de N na forma de uréia, nos estágios R2 e R4, não contribuiu em ganhos de produtividade e ainda diminuiu a contribuição da FBN para 77%.

A alta produtividade obtida neste ensaio ($3.900,17 \text{ kg ha}^{-1}$) se destaca quando comparada com a média nacional (3.066 kg ha^{-1}), do Estado do Tocantins (2.918 kg ha^{-1}) e com a média da região de MATOPIBA (2.875 kg ha^{-1}), médias estimadas para safra 2015/16 (CONAB, 2015). A busca por novas tecnologias que resultam em maiores produtividades são importantes, principalmente na nova fronteira agrícola que atualmente tem impulsionado o grande desenvolvimento e crescimento da soja no Brasil. Assim, o uso de cinetina em interação com nitrogênio é uma tecnologia promissora na cultura da soja, devendo ser testada para futuras aplicações comerciais.

A resposta do componente de rendimento (número de vagem por planta) influenciou diretamente em maiores ganhos de produtividade. A dose de $1,50 \text{ g ha}^{-1}$ de cinetina apresentou maiores ganhos na altura de planta e inserção de primeira vagem. As doses 20 e 30 kg ha^{-1} de N apresentaram melhor comportamento nas interações com cinetina, onde a dose de 20 kg ha^{-1} de N foi melhor para altura de planta, número de haste, número de grãos por vagem e massa de cem grãos e a dose 30 kg ha^{-1} promoveu maior aumento para altura de primeira vagem, número de vagem por planta, número de grãos por planta e produtividade de grãos. A interação das doses $1,25 \text{ g ha}^{-1}$ de cinetina com 30 kg ha^{-1} N, resultou em aumentos no número de vagem por planta, número de grãos por planta e na produtividade, onde o ganho de resposta na interação das doses foi de 57 vagens, 24 grãos e $1.321,09 \text{ kg ha}^{-1}$

(22 sacos de 60 kg ha⁻¹), respectivamente. Dados da literatura corroboram com os ganhos obtidos, em soja, em ambientes protegido e a campo (MOSJIDIS et al., 1993; NAGEL et al., 2001; CHO et al., 2002; LIU et al., 2004; YASHIMA et al., 2005; NONOKAWA et al., 2007; PASSOS et al., 2008 e 2011).

A ação da cinetina exógena, leva ao aumento da área foliar, resultando no aumento da área de interceptação da radiação solar, onde aumenta a taxa fotossintética e a planta produz mais fotoassimilados. A utilização desses fotoassimilados, tanto para fixação de vagens quanto para enchimento de grãos, é outra capacidade que as citocininas exercem de mediar à relação entre fonte e dreno, desempenhando papel importante no aumento da produtividade.

Passos et al. (2011) encontraram nas maiores concentrações de cinetina, maiores rendimentos de grãos, a dose mais elevada (1000 mg ha⁻¹), resultou no aumento de 27,1% na produção de sementes por planta (4,9 g planta⁻¹).

Observa-se, para a característica de produtividade de grãos (Figura 9), resposta quadrática para a maioria das interações, onde o efeito da interação cinetina e nitrogênio proporcionou máxima produtividade na dose de 1,25 g ha⁻¹ de cinetina com 30 kg ha⁻¹ N, com produtividade de 3.900,17 kg ha⁻¹ ou 65 sacos de 60 kg ha⁻¹. Assim, recomenda-se tal dose para aplicações de testes em lavouras comerciais, a fim de promover novas opções de manejo para o produtor que levem a patamares maiores de produtividade na cultura da soja. Trabalhos com biorregulador também mostram resposta quadrática, com doses altas (ÁVILA et al., 2008; KLAHOLD et al., 2006; ALBRECHT et al., 2012).

O uso do nitrogênio em estágio reprodutivo na interação com a cinetina se apresentou como nova opção de incrementar a eficiência do regulador de crescimento e de suprir tal demanda do nutriente pela planta, apresentando aumento nas respostas para grande maioria das características em estudo.

CONCLUSÕES

O uso de cinetina via foliar, no início da formação de vagens, se torna uma tecnologia vantajosa na cultura da soja e, em interação com nitrogênio,

proporciona ganhos significativos na produtividade e aumento nas outras características estudadas.

Na interação entre cinetina e nitrogênio, a dose recomendada é de 1,25 g ha⁻¹ cinetina com 30 kg ha⁻¹ N, pois, promovem aumentos na produtividade de grãos, número de grãos por planta e número de vagem por planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, F.L.; SÁ, M.E.; SOUZA, L.C.D.; SILVA, M.P.; SIMIDU, H.M.; ANDREOTTI, M.; BUZETTI, S.; FILHO, W.V.V.; ARRUDA, N. Uso de regulador de crescimento em cultivares de feijão de inverno. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.41, n.2, p.148-154, 2011.

ALBRECHT, L.P.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; ÁVILA, M.R.; ALBRECHT, A.J.P. Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.43, n.4, p.774-782, 2012.

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

ARATANI, R.G.; LAZARINI, E.; MARQUES, R.R.; BACKES, C. Adubação nitrogenada em soja na implantação do sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.24, n.3, p.31-38, 2008.

ÁVILA, M.R.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A.; ALBRECHT, L.P.; TONIN, T.A.; STULP, M. Bioregulator application, agronomic efficiency, and quality of soybean seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.6, p.604-612, 2008.

BERTOLIN, D.C.; DE SÁ M.E.; ARF O.; FURLANI JUNIOR E.; COLOMBO A.S.; DE CARVALHO F.L.B.M. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.2, p.339-347, 2010.

BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; PERES, J.R.; SUHET, A.R.; NEVES, M.C.P. Quantification of the contribution of N₂ fixation to field-grown legumes: a strategy for the practical application of the 15N isotope dilution technique. **Soil Biology and Biochemistry**, v.22, n.5, p.649-655, 1990.

- CAMPOS, M.F.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Desenvolvimento da parte aérea de plantas de soja em função de reguladores vegetais. **Revista Ceres**, Viçosa, v.56, n.1, p.74-79, 2009.
- CARLSON, D.R.; DYER, D.J.; COTTERMAN, C.D.; DURLEY, R.C. The physiological basis for cytokinin induced increases in pod set in IX93-100 soybeans. **Plant Physiology**, Rockville, v.84, n.2, p.233-239, 1987.
- CARVALHO, J.C.; VIECELLI, C.A.; ALMEIDA, D.K. Produtividade e desenvolvimento da cultura da soja pelo uso de regulador vegetal. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.2, n.1, p.50-60, 2013.
- CONAB. Campanha Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2015/2016 – Primeiro levantamento - Monitoramento Agrícola - Cultivos de verão, 2ª safra e de inverno – p. 1-104, v.3 – Safra 2015/16. Outubro/2015.** Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_10_28_17_24_01_bol_etim_graos_outubro_2015.pdf. Acesso em: 6 de novembro 2015.
- COSTA, José A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: I. Manica, J. A. Costa, 1996. 233p. il. Impressão evangraf.
- CHO, K.; 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**, Dordrecht, v.36, n.3, p.215-221, 2002.
- 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, n.5, p.985-988, 1981.
- DYER, D.J.; CARLSON, D.R.; COTTERMAN, C.D.; SIKORSKI, J.A.; DITSON, S.L. Soybean pod set enhancement with synthetic cytokinin analogs. **Plant Physiology**, Rockville, v.84, n.2, p.240-243, 1987.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed, revista e ampliada, Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.
- FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B.; STONE, L.F. Manejo de nitrogênio em arroz irrigado. Santo Antônio de Goiás: **EMBRAPA**, 2003. (Circular Técnica, 58).
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIGLIANO, S.L.; RODRIGUES, J.D.; CARNEIRO, J.P.C.; SILVA, A.A.; LIMA, M.B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.11, p.1432-1439, 2013.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA/CNPQ, 2001. 48p.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C.; GRAHAM, P.H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* (L.) Merr) in South America. In: SINGH, R.P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P.K. (Ed.). **Nitrogen nutrition in plant productivity**. Houston: Studium Press, 2006a. p.43-93.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; CRISPINO, C.C.; MORAES, J.Z.; SIBALDELLI, R.N.R.; MENDES, I.C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N₂ fixation and of N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Ontario, v.86, n.4, p.927-939, 2006b.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Monitoramento das Estações Automáticas, Gurupi - TO, Dados. 2014/2015**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>. Acesso em: 13 de novembro 2015.

JIANG, H.; EGLI, D.B. Shade induced changes in flower and pod number and flower and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.2, p.221-225, 1993.

KOKUBUN, M.; HONDA, I. Intra-raceme variation in pod-set probability is associated with cytokinin content in soybeans. **Plant Production Science**, Tokyo, v.3, n.4, p.354-359, 2000.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica, México, 1948, 479p.

KLAHOLD, C.A.; GUIMARÃES, V.F.; ECHER, M.M.; KLAHOLD, A.; CONTIERO, R.L.; BECKER, A. Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.28, n.2, p.179-185, 2006.

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**, Maricopa, v.86, n.1, p.1-13, 2004.

MOSJIDIS, C.O.; PETERSON, C.M.; TRUELOVE, B.; DUTE, R.R. Stimulation of pod and ovule growth of soybean, *Glycine max* (L.) Merr. by 6-benzylaminopurine. **Annals of Botany**, Oxford, v.71, n.3, p.193-199, 1993.

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**, Oxford, v.88, n.1, p.27-31, 2001.

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.

PASSOS, A.M.A.; REZENDE, P.M.; CARVALHO, E.A.; SAVELLI, R.A.M. Cinetina e nitrato de potássio em características agronômicas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.7, p.925-928, 2008.

PASSOS, A.M.A.; REZENDE, P.M.; ALVARENGA, A.A.; BALIZA, D.P.; CARVALHO, E.R.; ALCÂNTARA, H.P. Yield per plant and other characteristics of soybean plants treated with kinetin and potassium nitrate. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.5, p.965-972, 2011.

PELUZIO, J.M.; VAZ DE MELO, A.; COLOMBO, G.A.; AFFÉRI, F.S.; SILVA, R.R.; RIBEIRO, G.R.S.; PIRES, L.P.M. Effect of edaphoclimatic changes in South-Central region of the state of Tocantins on grain yield of soybean cultivars. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, Guarapuava, v.3, n.1, p.33-42, 2010.

PINAZZA, L.A. **Cadeia produtiva da soja**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Política Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. Brasília: IICA : MAPA/SPA. v.2, 2007, 116 p.

SANTOS, V.M.; CARDOSO, D.P.; FERREIRA, E.A.; SILVA, A.R.; SOUSA, D.C.V. Ação de bioestimulantes no desempenho do cultivo de soja em duas condições de adubação fosfatada. **Revista Verde**, Pombal, v.10, n.3, p.01-08, 2015.

SHARMA, K.P.; DYBING, C.D.; LAY, C. Soybean flower abortion: genetics and impact of selection on seed yield. **Crop Science**, Madison, v.30, n.5, p.1017-1022, 1990.

SHIBLES, R.M. Soybean nitrogen acquisition and utilization. In: **Proceedings of the North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference**, 28., 1998, St. Louis. Potash e Phosphate Inst., Brookings, SD. p.5-11, 1998.

STOLLER. **Biorregulador**. Disponível em: <<http://www.stoller.com.br/?bioregulador/28>>. Acesso em: 5 de outubro 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L). In: VIEIRA, L.; CASTRO, P.R.C. (1 Ed). **Feijão Irrigado Tecnologia e Produtividade**. Cosmópolis, Stoller, 2003, p.73-100.

WESLEY, T.L.; LAMOND, R.E.; MARTIN, V.L.; DUNCAN, S.R. Effects of late season nitrogen fertilizer on irrigated soybean yield and composition. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.11, n.3, p.331-336, 1998.

WIEBOLD, W.J. Rescue of soybean flowers destined to abscise. **Agronomy Journal**, Madison, v.82, n.1, p.85-88, 1990.

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.

CAPÍTULO II

EFEITO DA CINETINA E NITROGÊNIO NAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA SOJA CULTIVADA EM SOLOS DE ELEVADA ACIDEZ

RESUMO

Há uma tendência do uso de regulador de crescimento cinetina como prática em aumentar a fixação de flor, legumes jovens e produtividade na cultura da soja. Aplicação de nitrogênio no estágio reprodutivo poderá suprir possível demanda pela planta e maximizar a eficiência do regulador de crescimento. Objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de cinetina e nitrogênio no estágio fisiológico de formação de vagens, sobre as características agronômicas da soja em áreas com elevada acidez. O experimento foi conduzido na Fazenda experimental da Universidade Federal do Tocantins, município de Gurupi, TO, safra 2014/15, em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições sob esquema fatorial 5 x 5, sendo cinco concentrações do regulador vegetal (0; 0,75; 1,0; 1,25 e 1,50 g ha⁻¹), aplicado via foliar, e cinco de nitrogênio na forma de uréia (0; 10; 20; 30; 40 kg ha⁻¹), aplicado a lanço na fase reprodutiva, início da formação dos legumes. Foram avaliadas as características altura de plantas, altura de inserção de primeira vagem, número de hastes por planta, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e produtividade de grãos da soja. A tecnologia de uso de cinetina aplicado no início da formação de vagens tem potencial para se tornar nova técnica de manejo na cultura da soja, por promover ganhos significativos em todas as características agronômicas estudadas, de forma isolada e também na interação com nitrogênio, em solo não corrigido. Na interação entre cinetina e nitrogênio, a dose recomendada é de (1,50 g ha⁻¹ cinetina) com (20 kg ha⁻¹ N), pois, resultou em aumentos nas características agronômicas estudadas, exceto para massa de cem grãos.

Palavras-chave: *Glycine max*; regulador de crescimento; citocinina; uréia; produção de grãos.

EFFECT OF KINETIN AND NITROGEN IN CHARACTERISTICS AGRONOMIC OF SOYBEAN CULTIVATED IN SOILS ELEVATED ACIDITY

ABSTRACT

There is a tendency use as of growth regulator kinetin practice to increase flower setting, young legumes and productivity in the soybean crop. Application nitrogen in the stage reproductive this can meet possible demand for plant and maximize efficiency growth regulator. Objective was to evaluate the effects of application kinetin and nitrogen on the stage physiological of formation pod, on the characteristics agronomic of soybean in areas with elevated acidity. The experiment was conducted at the Farm experimental of University Federal of Tocantins, municipality of Gurupi, TO, season 2014/15, in a randomized block design with four replications in a factorial 5 x 5, five concentrations of the plant growth regulator (0; 0,75; 1,0; 1,25 and 1,50 g ha⁻¹), applied foliar and five nitrogen as urea (0; 10; 20; 30; 40 kg ha⁻¹), applied to throw in the reproductive phase, the beginning the formation of legumes. Were evaluated characteristics plant height, insertion height first pods, number of stems per plant, number of pods per plant, number of grains per plant, number of grains per pod, weight of hundred grains and productivity of soybeans. The technology use kinetin applied in the beginning of formation pod has potential order to become new technique management in the soybean crop, for promoting gains significant in all traits agronomic studied, in isolation and also in interaction with nitrogen, in soil not corrected. The interaction between kinetin and nitrogen, the dose recommended is (1,50 g ha⁻¹ kinetin) with (20 kg ha⁻¹ N), thus, result increases in traits agronomic studied, except for mass a hundred grains.

Keywords: *Glycine max*; regulator growth; cytokinin; urea; grain production.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) destaca-se como uma das principais commodity no mercado global. No Brasil, a cultura vem se tornando cada vez mais importante pelas altas produtividades obtidas e pelo desenvolvimento de novas fronteiras agrícolas. Atualmente, a soja representa quase a metade da safra Brasileira de grãos, ocupando área de 33,24 milhões de hectares, com estimativa de produtividade de 3.066 kg ha⁻¹ para a safra 2015/16 (CONAB, 2015). O Estado do Tocantins tem chamado atenção pelo pleno desenvolvimento da cultura aliado a altas produtividades obtidas. Estimativas apontam pelo aumento da área plantada (883,6 milhões de hectares), da produção (2.578,3 milhões de toneladas) e da média de produtividade 2.918 kg ha⁻¹ de soja (CONAB, 2015).

A busca por novas áreas de cultivo de soja gerou grande expansão agrícola no bioma Cerrado, proporcionando a vinda de agricultores de outras regiões atraídos por terras de custo baixo, planas, boa localização e estação chuvosa bem definida, o que promoveu a rápida conversão do cerrado em áreas agricultáveis. O Cerrado está em constante abertura de áreas para plantio de soja tendo como prática habitual a abertura, preparo, correção e plantio de áreas total ou parcial no mesmo ano agrícola, que aliado ao curto período de plantio, pode ocasionar pouco tempo para realização dessas práticas, fato que se agrava quanto ao pouco tempo para reação do corretivo, principalmente em anos de veranico, onde o retardamento das chuvas atrasa reação do calcário em neutralizar o pH, o que pode ser prejudicial até mesmo em áreas que receberam o corretivo a tempo, já que sem chuva não há reação do corretivo. Nesta ocasião, em área total ou pequenos talhões o uso de regulador de crescimento em interação com nitrogênio pode ser alternativa de manejo complementar. Segundo Cuquel et al. (2001), aplicação de citocininas exógenas ameniza os sintomas de deficiência tais como clorose, necrose, desfolha, senescência prematura, crescimento reduzido e produção reduzida.

Dada à importância da soja no cenário mundial e no desenvolvimento de novas regiões produtoras, pesquisas em prol do aumento de produtividade se tornam importantes. O aumento no rendimento da soja ainda é dificultado por alguns fatores que impedem a cultura de atingir maiores patamares de

produtividade. Um elevado número de flores e de legumes jovens é abortado naturalmente, levando a baixas produtividades na cultura da soja (NONOKAWA et al., 2007). Um dos motivos pelas quais as vagens abortam é pela deficiência de fotoassimilados ou citocininas nas vagens (LIU et al., 2004a). É relatado a ocorrência de deficiência de citocinina endógena no terço superior do racemo em plantas de soja (KOKUBUN e HONDA, 2000). O uso de citocinina e seus análogos exógenos tem proporcionado diminuição no abortamento de flor, aumento no número de vagens, no peso individual das sementes e maiores rendimentos de colheita (YASHIMA et al., 2005; NONOKAWA et al., 2007). Além disso, a citocinina exerce ação no desenvolvimento das plantas, senescência foliar, mobilização de nutrientes, dominância apical, formação e a atividade dos meristemas apicais caulinares, no desenvolvimento floral, na quebra da dormência de gemas e germinação de sementes (TAIZ e ZEIGER, 2009). Passos et al. (2011) verificaram que aplicações de cinetina via foliar no início da frutificação da soja, acrescentaram o número total de legumes fixados em até 27,4% e a produção foi incrementada em até 27,1%.

Para produção de uma tonelada de soja em grãos há uma demanda de 80 kg ha⁻¹ N, sendo que aproximadamente 50 kg ha⁻¹ são destinados aos grãos e 30 kg ha⁻¹ aos restos culturais (HUNGRIA et al., 2001). Taxas de fixação biológica de nitrogênio na soja estão entre 109 e 250 kg ha⁻¹ de N (HUNGRIA et al., 2006a). A obtenção de altas produtividades com uso de alta tecnologia requer grande demanda de N, quantidades próximas a 300 kg ha⁻¹ N são destinados para os grãos em desenvolvimento durante o enchimento das vagens (LAMOND e WESLEY, 2001). Segundo Maehler et al. (2003), a maior demanda pelo nitrogênio acontece entre os estágios (R1) no início do florescimento e (R6) grãos completamente formados. Klarmann (2004) analisando materiais de soja com elevado potencial produtivos observou que a FBN não supriu adequadamente a demanda de nitrogênio para maximizar a produtividade. Assim, diante das pesquisas que mostram eficiência da suplementação mineral de N na soja em atingir maiores patamares de produtividade, outros estudos devem ser realizados visando custo da aplicação, melhores doses, épocas de aplicação e também aplicação associado aos reguladores de crescimento.

A tecnologia de uso do hormônio citocinina se apresenta como alternativa de manejo foliar para a cultura da soja em promover maiores produtividades. Aliado ao nitrogênio, que poderá maximizar a eficiência do hormônio e suprir possível demanda do nutriente pela planta. Ambos apresentam características semelhantes e propriedades capazes de promover maiores patamares de produtividade, em solos não corrigidos.

Perante o exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de cinetina e nitrogênio no estágio fisiológico de formação de vagens, sobre as características agronômicas da soja cultivada em solos de elevada acidez.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda experimental da Universidade Federal do Tocantins, município de Gurupi, localizado na região sul do Estado, a uma altitude de 278 m e a 11°43'45" latitude Sul, 49°04'07" longitude Oeste. O clima da região é do tipo Aw-clima tropical úmido, com estação seca de inverno, apresentando temperatura média anual de 26,1°C (KÖPPEN, 1948). Segundo a Embrapa (2013) o solo é classificado como Latossolo Vermelho – Amarelo distrófico, textura média.

A pesquisa foi desenvolvida na safra 2014/2015. Na figura 1 constam os dados de precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperaturas máximas e mínimas ambientais durante a condução do experimento, registrados na Estação Meteorológica da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi.

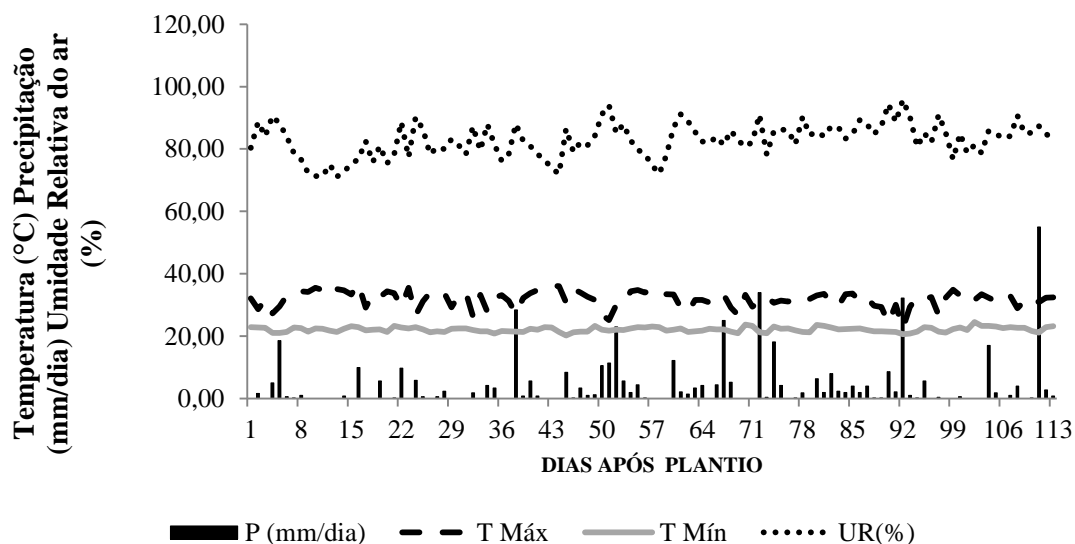


Figura 1. Dados diários de precipitação pluvial, umidade relativa do ar e temperaturas máximas e mínimas ambientais, durante a condução do experimento. Gurupi-TO, safra 2014/2015. Fonte: (INMET, 2015).

A análise química e física do solo na camada de 0-20 cm, coletada antes da instalação do experimento, mostrou os seguintes resultados: pH em $\text{CaCl}_2 = 4,3$; $\text{P(meh)} = 0,5 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 29,0 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Al} = 0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H+Al} = 3,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{SB} = 0,47 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{t} = 0,87 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{T} = 3,57 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{m} = 46\%$; $\text{V} = 13\%$; $\text{M.O.} = 1,8 \text{ dag kg}^{-1}$; $\text{Areia} = 615 \text{ g kg}^{-1}$; $\text{Silte} = 50 \text{ g kg}^{-1}$; e $\text{Argila} = 335 \text{ g kg}^{-1}$.

Com base nos resultados da análise de solo, verificou-se a necessidade de calcário e gesso, porém não foi feita correção para simular áreas recém abertas para plantio de soja primeiro ano, ou ainda, áreas que foram corrigidas tardiamente sem tempo para reação do calcário, ou ainda, corrigido a tempo, porém, com o retardo das chuvas também não houve tempo para reação do calcário, e verificar o comportamento da interação cinetina e nitrogênio neste ambiente.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições em esquema fatorial 5×5 , sendo cinco concentrações do regulador vegetal cinetina (kinetin) (0; 0,75; 1,0; 1,25; 1,50 g ha^{-1}), aplicado via foliar por meio de pulverizador com pressão de CO_2 , à pressão constante de $2,8 \text{ kgf cm}^{-2}$, e com volume de calda de 200 L ha^{-1} e cinco de nitrogênio na forma de uréia (0; 10; 20; 30; 40 kg ha^{-1}) aplicado a lanço, ambos na fase reprodutiva, início da

formação dos legumes (R3). A dosagem zero correspondeu ao controle, com aplicação apenas de água.

A cultivar de soja utilizada foi M-soy 9144 RR, de ciclo tardio, inoculada com estirpes *Bradyrhizobium japonicum*, Semia 5079 e Semia 5080, na proporção mínima de 12×10^5 células da bactéria por semente, no momento da semeadura.

Cada unidade experimental foi constituída por três linhas de soja com quatro metros de comprimento, espaçadas em 0,45 m. Para as avaliações foi considerada a linha central de cada unidade experimental, desprezando-se meio metro na extremidade da linha de planta.

O preparo do solo foi realizado de forma convencional, utilizando uma gradagem, feita com grade de 28 polegadas com profundidade de 0-20 cm, seguida de grade niveladora e sulcador.

A semeadura foi realizada manualmente no dia 19 de dezembro de 2014. No momento do plantio foi realizado o tratamento das sementes com fungicida (tiofanato-metílico + fluazinam) na dosagem de 215 ml de p.c/100 kg de sementes e inseticida (imidacloprido + tiodicarbe) na dosagem de 0,5 L p.c/100 kg de sementes. A densidade de semeadura foi realizada com intuito de se obter 14 plantas por metro linear.

A adubação de semeadura foi realizada no sulco de plantio, com base nos resultados da análise química e física do solo, com 400 kg ha⁻¹ do Superfosfato triplo (41% P₂O₅). A adubação potássica foi feita em cobertura aos vinte e cinco dias após a emergência das plantas, na dose de 40 kg ha⁻¹ K₂O na forma de cloreto potássio (58% K₂O).

Os tratos culturais foram efetuados mediante aplicação de inseticida alfa-cipermetrina na dose 120 ml ha⁻¹; acetamiprido na dose 300 g p.c ha⁻¹ e metomil na dose 1,5 L ha⁻¹. Fungicida tiametoxam na dose 150 ml ha⁻¹; azoxistrobina na dose 200 ml ha⁻¹. Foi utilizado o dessecante glifosato potássico 1,5 L ha⁻¹. Foi feita uma aplicação de fertilizante foliar, durante o florescimento, com (Cu 82,0 g/L), (Mn 330,0 g/L) e (Zn 140,0 g/L) na dose 0,5 L ha⁻¹.

As características agronômicas da cultura da soja avaliadas foram: altura de plantas - determinada mediante medição de 10 plantas, com régua graduada em centímetros, da distância do coleto ao ápice da planta;

altura de inserção de primeira vagem - determinada mediante medição de 10 plantas, com régua graduada em centímetros, da distância do coleto a inserção da primeira vagem; número de hastes por planta - relação entre o número total de hastes e o número total de plantas, determinada em 10 plantas colhidas ao acaso na área útil de cada unidade experimental; número de grãos por planta - relação entre o número total de grãos e o número total de plantas, determinada em 10 plantas colhidas ao acaso na área útil de cada unidade experimental; número de vagens por planta - relação entre número total de vagens e o número total de plantas, determinada em 10 plantas colhidas ao acaso na área útil de cada unidade experimental; número de grãos por vagem - relação entre número total de grãos e o número total de vagens, determinada em 10 plantas colhidas ao acaso na área útil de cada unidade experimental; massa de cem grãos (g) - determinada pela contagem e pela pesagem de uma amostra de cem grãos sadios por cada unidade experimental, sendo a umidade dos grãos corrigida para 13%; produtividade de grãos - determinada por meio da coleta das plantas contida na linha central com três metros de comprimento de cada unidade experimental. As plantas foram colhidas manualmente e colocadas para secagem e posterior debulha mecânica. Após esta operação, os grãos foram pesados e posteriormente foi calculada a produtividade em kg ha^{-1} corrigindo os valores para 13% de umidade.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e de regressão ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. A interação entre os fatores quando significativos foram submetidos ao desdobramento, seguido da análise de regressão. As análises foram realizadas com a utilização do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todas as características avaliadas ocorreram significância da interação cinetina verso nitrogênio, demonstrando que os fatores são dependentes, sendo, portanto, realizado o desdobramento de um fator dentro do outro. Passos et al. (2011) verificaram a não ocorrência de significância na interação cinetina e nitrato de potássio, contudo, aplicação de cinetina resultou

num efeito significativo para número de vagens no terço inferior e terço médio da copa e também na produção de sementes por planta.

A característica altura de planta (Figura 2) apresentou crescimento linear com as doses crescentes de cinetina em interação com as doses de nitrogênio, como também quando aplicado a cinetina de forma isolada. Nota-se, com o aumento das doses de nitrogênio quando aplicado de forma isolado diminuiu a altura de planta em relação à testemunha. A dose de 1,50 g ha⁻¹ cinetina associado a 20 kg ha⁻¹ de N resultou em maior altura (51,2 cm), com ganho de 10,6% em relação à testemunha. Quando comparado à dose de 1,50 g ha⁻¹ cinetina associado a 20 kg ha⁻¹ de N com a mesma dose de cinetina mais sem nitrogênio há um ganho de 6,7% que é atribuído aos 20 kg ha⁻¹ de N.

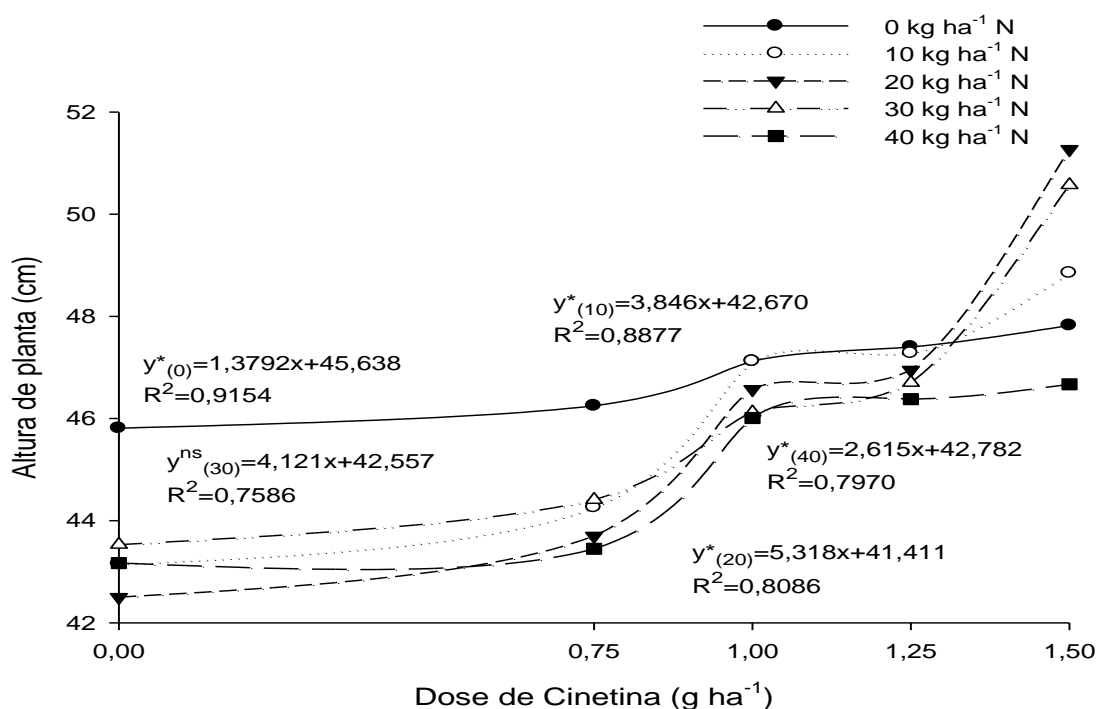


Figura 2. Variação de altura de planta (cm), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3, obtidos no experimento Efeito da cinetina e nitrogênio nas características agrônômicas da soja cultivada em solos de elevada acidez. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

A cinetina apresenta como algumas de suas funções promover o crescimento através da quebra da dominância apical estimular as gemas laterais e proporcionar maior arquitetura da planta. Doses altas de cinetina corresponderam a maiores alturas, comprovando sua eficácia em proporcionar maior crescimento o que poderá refletir em maior produção. Segundo Barros et

al. (2003), a altura de planta de soja acima de 50 cm é considerado ideal na colheita mecanizada em condições de cerrado. A maior altura de planta (51,2 cm) se encontra no nível estabelecido nessas condições. Peluzio et al. (2010) encontraram média de altura de planta (67,6 cm) para o mesmo cultivar, cultivado no mesmo município.

Nota-se, a contribuição do nitrogênio (6,7%) quando em interação com a cinetina no incremento da altura, o que pode estar associado à maior exigência da planta a demanda de nitrogênio resultante da quebra da dominância apical, promovido pelo maior desenvolvimento da planta quando submetido à aplicação do regulador de crescimento. Após o florescimento a contribuição da FBN tende a decrescer e poderá ser insuficiente em condições normais. Com aplicação de cinetina a planta é estimulada a crescer ainda mais aumentando a demanda por N, sendo necessária a suplementação mineral, o que ficou evidente pelo aumento das plantas em resposta a todas as doses de cinetina na interação com nitrogênio.

Quando o nitrogênio aplicado de forma isolado não houve ganho de altura, atribuído ao fato da aplicação ter ocorrido depois do florescimento, quando a planta de crescimento determinado já havia cessado seu crescimento e também pela ausência da aplicação da cinetina em estimular a planta ao maior crescimento e exigência de N. O que evidencia a interdependência na interação, onde um complementa o outro, aumentando a eficiência de ambos. Segundo Zimmer (2012), aplicação de nitrogênio após a floração pode não repercutir em resposta dos componentes morfológicos, pois o mesmo é preferencialmente destinado para os grãos.

De acordo com Silva et al. (2002), a eficiência na fixação de nitrogênio por bactérias é atribuído entre outros fatores a presença de pH em torno de 6,5 e que, elevados teores de alumínio trocável e íons H^+ danificam o incremento radicular, o crescimento do rizóbio e a infecção radicular. Segundo Andrew (1976), o incremento nos teores de cálcio com o pH abaixo de 5,0 tende a aumentar a nodulação, sobretudo no percentual de plantas com nódulos e no número de nódulos. Cline e Kaul (1990) asseguram que a simbiose é mais prejudicada pela quantidade de H^+ do que basicamente pela toxidez de alumínio e/ou manganês. Fatos estes, que podem ter contribuído pela baixa eficiência da FBN neste trabalho, refletindo em baixas médias de altura de

planta, que foi revertido pela aplicação de cinetina em interação com nitrogênio que proporcionou ganho de 10,6% na altura de planta.

A produção de citocinina ocorre nos ápices das raízes. Segundo Fei e Vessey (2004), seus níveis estão associados com acréscimo da nodulação, e baixos níveis relacionados com incremento de N no solo. Assim, estudos devem ser feitos direcionados para ambiente com solos ácidos, testando aplicações mais precoces de cinetina com doses menores e parceladas com estágio reprodutivo, a fim de, aumentar a eficiência da FBN nesses ambientes, maximizar a eficiência do regulador de crescimento e de estabelecer uma nova prática de manejo.

O comportamento da altura de inserção de primeira vagem foi semelhante à característica altura de planta (Figura 3). Houve crescimento linear quando aplicado a cinetina de forma isolada e também na interação com as doses de nitrogênio. Na interação da dose 1,50 g ha⁻¹ cinetina com 20 kg ha⁻¹ de N foi obtida a maior altura (18 cm), com ganho de 14% em relação à testemunha. Aplicação das doses de nitrogênio de forma isolada promoveu crescimento linear até a dose 20 kg ha⁻¹ de N, com um ganho de 4,6% em relação à testemunha.

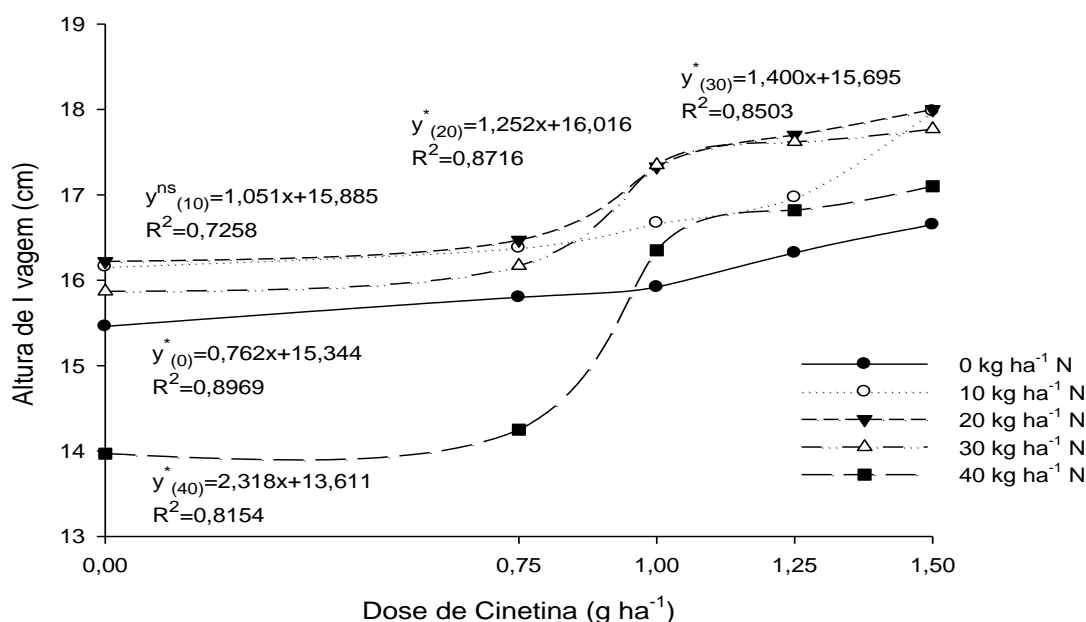


Figura 3. Variação de altura de inserção de I vagem (cm), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3, obtidos no experimento Efeito da cinetina e nitrogênio nas características

agronômicas da soja cultivada em solos de elevada acidez. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

Dado a importância da soja no cenário mundial aliado ao alto custo para se produzir, diminuir perdas de grãos em todo o processo da colheita é importante, assim, uma altura de inserção de primeira vagem superior a 12 cm é recomendável por facilitar a regulagem da barra de corte da colhedora. Valores estabelecidos nesta pesquisa condizem com os da literatura para altura de inserção de primeira vagem.

O maior crescimento em altura resultou no aumento da inserção da primeira vagem, ambos, proporcionado pela dose 1,50 g ha⁻¹ cinetina com 20 kg ha⁻¹ de N, destacando a eficiência da cinetina na quebra da dominância apical resultando na necessidade de suplementação com a dose de nitrogênio. Aplicação isolada de nitrogênio promoveu crescimento até a dose 20 kg ha⁻¹ de N, mostrando a resposta da planta ao suprimento de N no estágio reprodutivo, atribuído à baixa atividade da FBN em solos não corrigidos. A baixa fertilidade do solo, aliado ao pH ácido (4,3), grande quantidade de H⁺ e a baixa disponibilidade de nutrientes como o cálcio (0,3 cmol_c dm⁻³) contribuíram na baixa eficiência da FBN, o que promoveu maior exigência de nitrogênio pela planta no estágio reprodutivo. A soja em ambientes ácidos reduz seu desenvolvimento, na sobrevivência e reprodução do rizóbio e na fixação do N₂ (GRAHAM et al., 1982; CHEN et al., 1992). A eficácia da nodulação e da fixação biológica de nitrogênio depende da disponibilidade de nutrientes no solo (LEITE et al., 2009). Silva et al. (2002) avaliaram a fixação de nitrogênio na soja em solo ácido sob diferentes doses de calcário em duas estirpes com e sem inoculação, observaram que adição de calcário resultou em melhorias na fixação de N₂ e no desenvolvimento da cultivar Tropical.

O uso de reguladores vegetais vem se tornando alternativa de manejo nas lavouras comerciais, com intuito de proporcionar maiores produtividades, os mesmos, atuam nas características morfológica e fisiológica da planta. Segundo Cato e Castro (2006), os hormônios vegetais exercem importante função em incrementar a fixação de flores e frutos, uniformizar a germinação, controlar o desenvolvimento vegetativo e podem adiantar ou atrasar a maturação dos produtos de importância comercial. Bertolin (2008) avaliando diferentes vias de aplicação do bioestimulante em soja convencional e

transgênica observou a não influência do biorregulador na altura das plantas, altura de inserção da primeira vagem, ramos por planta e maturação das vagens.

Para o número de haste (Figura 4), a aplicação isolada de cinetina resultou em aumento até a dose 1,25 g ha⁻¹, na interação com nitrogênio nas doses 10 e 30 kg ha⁻¹ de N também resultou em aumento até a dose 1,25 g ha⁻¹ de cinetina. Na dose 1,50 g ha⁻¹ de cinetina em interação com a dose 20 kg ha⁻¹ de N ocorreu crescimento linear apresentando a maior média (3,6 hastes), com ganho de 51,1% em relação à testemunha. A dose 20 kg ha⁻¹ de N teve melhor comportamento na interação com cinetina e quando aplicado o nitrogênio de forma isolada.

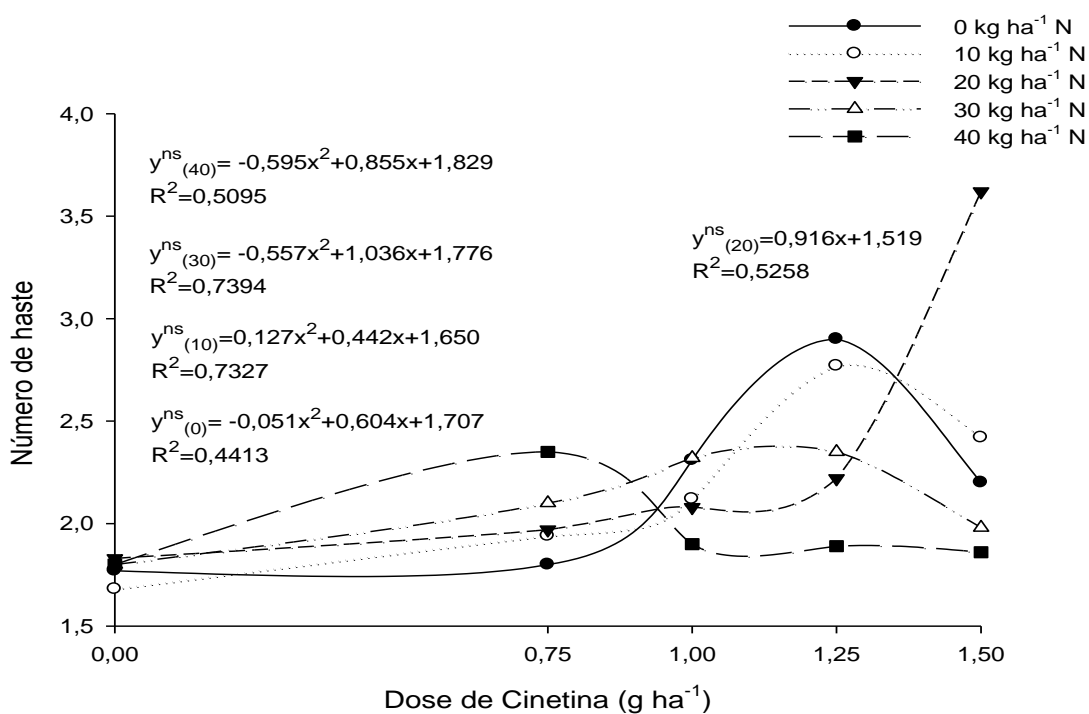


Figura 4. Variação do número de haste, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3, obtidos no experimento Efeito da cinetina e nitrogênio nas características agrônômicas da soja cultivada em solos de elevada acidez. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

O número de haste é uma das características morfológicas importantes, uma vez que aumentando o número de ramificações aparecem mais flores que incrementa a possibilidade de maiores quantidades de estruturas reprodutivas que podem refletir em maiores produtividades. Fato este confirmado mediante aplicação de cinetina em interação com nitrogênio na

dose de 1,50 g ha⁻¹ de cinetina com 20 kg ha⁻¹ de N. O que evidencia a eficácia do regulador em alterar e modificar as características morfológicas e fisiológicas, e a complementariedade do nitrogênio em suprir maiores demandas pelo surgimento de maiores quantidades de estruturas. Segundo Pan et al. (1989), aplicação de citocinina exógena na dose de 20 µg ml⁻¹ reverteu a ação do alumínio em inibir o comprimento de ramos laterais em soja, após aplicação diária direcionada ao local de inibição notaram que a citocinina estimulou o crescimento de rebentos laterais, atribuíram a ação do alumínio em impedir a síntese e translocação de citocinina que acontece nos ápices da raiz, região esta altamente tóxica pelo alumínio.

O efeito fisiológico causado pela aplicação de citocinina sintética exógena na forma de cinetina promoveu a quebra da dominância apical, estando diretamente ligada à relação citocinina/auxina, onde a alta concentração de citocinina sob a auxina quebra a dominância apical e promove o desenvolvimento de gemas laterais. O que é comprovado, já que, para qualquer dose aplicada de cinetina constata-se resposta em aumento do tamanho das plantas, inserção de primeira vagem e número de hastes.

Outro efeito fisiológico causado pela aplicação de citocinina é a mobilização de nutrientes, onde os mesmos são atraídos para as partes da planta que receberam aplicação de citocinina. É um fenômeno conhecido como mobilização de nutrientes induzida por citocinina, onde o metabolismo da região que recebeu aplicação de citocinina é excitado promovendo o deslocamento dos nutrientes para esta área (TAIZ e ZEIGER, 2009). O que corrobora na suplementação mineral de nitrogênio em suprir uma maior demanda pela planta proveniente da aplicação de cinetina, contribuindo no aumento da eficiência do regulador de crescimento.

Para o número de vagem por planta (Figura 5), nota-se, crescimento linear quando aplicada a cinetina de forma isolada e também na interação com as doses 20 e 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Na interação com as doses 10 e 40 kg ha⁻¹ de N as maiores doses de cinetina resultaram em queda no número de vagem. A dose 1,50 g ha⁻¹ de cinetina com 20 kg ha⁻¹ de N apresentou maior média (19 vagens), com ganho de 24% em relação à testemunha. Aplicação de nitrogênio sem cinetina resultou em crescimento até a dose 30 kg ha⁻¹ de N.

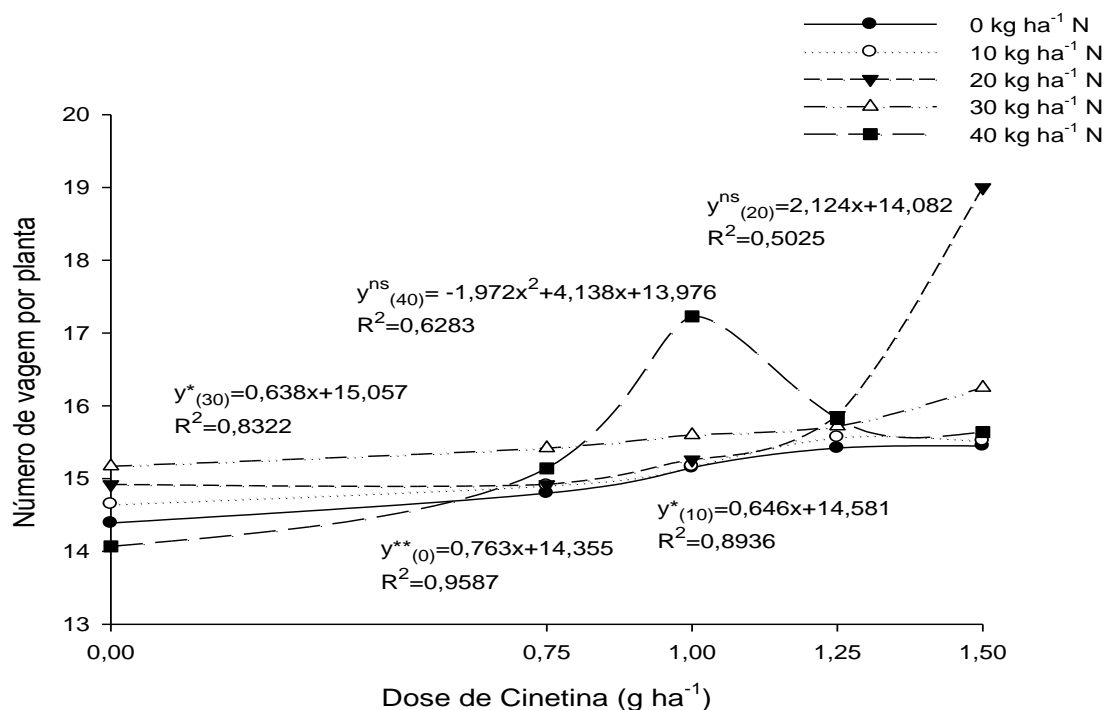


Figura 5. Variação do número de vagem por planta, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3, obtidos no experimento Efeito da cinetina e nitrogênio nas características agrônômicas da soja cultivada em solos de elevada acidez. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

O elevado número de botões florais e de legumes jovens abortados ainda limita o rendimento na cultura da soja. Segundo Fioreze et al. (2013), atividade da citocinina condiciona a força de dreno de tecidos reprodutivos jovens. O uso de citocinina sintética e seus análogos exógenos desempenham ação determinante na diminuição do aborto de flor, aumento de vagens e maior rendimento de colheita (NONOKAWA et al., 2007). O que corrobora com o aumento no número de vagem por planta para todas as doses de cinetina aplicada de forma isolada. Que foi potencializado quando na interação com nitrogênio os ganhos de rendimento foram ainda maiores (24%), resultante da dose 1,50 g ha⁻¹ de cinetina com 20 kg ha⁻¹ de N. O nitrogênio está envolvido no aumento da área foliar e nas moléculas de clorofila, o mesmo apresenta propriedades que incrementa a capacidade das plantas em produzir gemas reprodutivas, como exposto por Malavolta (2006).

A resposta da planta em aumento de vagem quando aplicado o nitrogênio sem cinetina ocorreu até a dose 30 kg ha⁻¹ de N, demonstrando que

há decréscimo na fixação biológica nesses estádios reprodutivo, estádios estes que requerem maior demanda de N para formação de vagens e grãos, necessitando então da complementação mineral que foi correspondida até a dose 30 kg ha⁻¹.

Depois dos benefícios da aplicação de cinetina com nitrogênio que promoveram ganhos nas características, fica evidente o baixo número de vagem por planta como também a baixa altura de planta e número de haste, encontrados após o cultivo da soja em solo não corrigido. Fato que pode ser atribuído pela baixa eficiência da FBN promovido pela baixa fertilidade do solo, baixo teor de cálcio, magnésio, matéria orgânica, pH ácido e alta concentração de H⁺. Nessas condições, a eficiência de absorção de nitrogênio do ar pelo rizóbio é comprometida, restringindo o envio de nitrogênio para a parte aérea da planta, resultando em menores ganhos de produção. O conteúdo de cálcio é importante no desenvolvimento reprodutivo, pois o mesmo está relacionado ao crescimento e desenvolvimento, alongamento celular, defesa e resposta da planta a estresses bióticos e abióticos (WHITE e BROADLEY, 2003). Atua também no controle de remoção de estruturas reprodutivas em conjunto com a citocinina (LIU et al., 2004b), e no crescimento do tubo polínico (KRICHEVSKY et al., 2007).

O cultivo da soja de primeiro ano em solos não corrigidos deve ser evitado por restringir a nodulação e o envio de nutrientes para parte aérea da planta, porém a prática de aplicação do regulador de crescimento na interação com nitrogênio reduziu esses efeitos provando ser eficiente em solo com baixa fertilidade. A prática de correção do solo é fundamental, pois promove diminuição da acidez e aumenta a disponibilidade de alguns nutrientes como o cálcio, fósforo, magnésio e molibdênio, que de regra aumenta a nodulação, a fixação de N₂ e a produção de soja (TANAKA e MASCARENHAS, 1992). Silva et al. (2002) verificaram que aplicação de 2 toneladas por hectare de calcário em solo ácido beneficiou a atividade da nitrogenase, resultando em melhoria na biomassa seca e no teor de nitrogênio acumulado na parte aérea, quando usada a estirpe SEMIA 542 na soja.

Em relação ao número de grãos por planta (Figura 6), doses crescentes de cinetina tiveram comportamento linear quando aplicadas sem nitrogênio e na interação com as doses 10, 20 e 30 kg ha⁻¹ de N. Quando em

interação com a dose 40 kg ha⁻¹ de N aumentou-se o número de grãos por planta até a dose 1,00 g ha⁻¹ de cinetina. A interação das doses 1,50 g ha⁻¹ de cinetina com 20 kg ha⁻¹ de N apresentou maior média (19,7 grãos por planta), com ganho de 22,5% em relação à testemunha. Aplicação de doses crescentes de nitrogênio sem cinetina corresponderam ao aumento no número de grãos por planta até a dose 30 kg ha⁻¹ de N, constatando que há demanda pela planta nos estádios reprodutivos que por vez não foram supridos pela FBN.

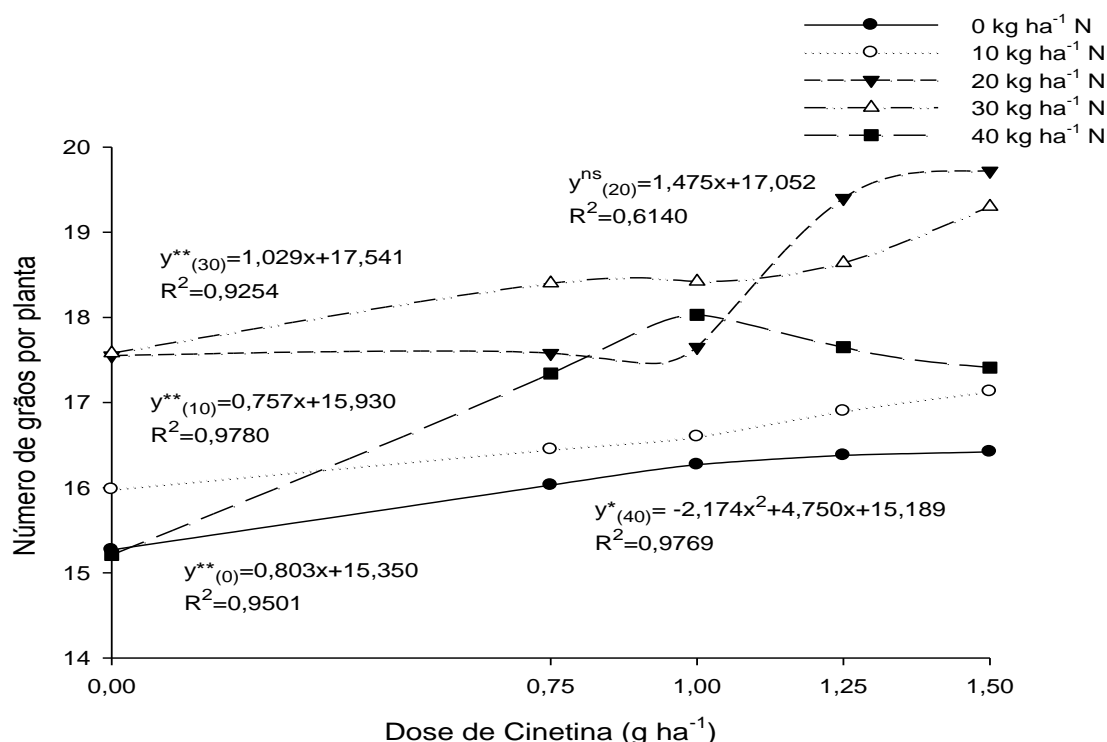


Figura 6. Variação do número de grãos por planta, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3, obtidos no experimento Efeito da cinetina e nitrogênio nas características agrônômicas da soja cultivada em solos de elevada acidez. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

Na interação da dose 1,50 g ha⁻¹ de cinetina com 20 kg ha⁻¹ de N a planta é mais responsiva à aplicação, comprovado pelos aumentos nas características altura de planta, altura de inserção de primeira vagem, número de haste, número de vagem por planta e número de grãos por planta, refletindo em maior produtividade de grãos (Figura 9). Resultando em ganhos de 10,6%; 14%; 51,1%; 24% e 22,5%, respectivamente, e com incremento de 38,6% na produtividade, comprovando eficácia do regulador de crescimento em

proporcionar a planta maior área foliar, fixação de legumes, produção de fotoassimilados e melhor utilização do mesmo para formação de vagens e grãos. Que foi maximizada pela complementação de nitrogênio que supriu a planta ao aumento da demanda, promovido pelo incremento nas estruturas reprodutivas.

Ambientes ácidos podem inibir o desenvolvimento de nódulos e interferir na eficiência da fixação biológica de nitrogênio e no envio para parte aérea, como também prejudicar a biossíntese de citocinina que são formadas nos ápices da raiz e transportadas para parte aérea. Estudos devem ser aprofundados quanto à comprovação da eficiência do uso de reguladores de crescimento do grupo das citocininas em proporcionar melhorias à planta em condições adversa de acidez, e experimentos devem ser testados com aplicações em estádios fisiológicos que possam aumentar a eficiência do produto e diminuir o efeito do alumínio, sem, contudo, a prática corretiva de calagem deve ser sempre utilizada.

Aplicação de doses elevadas na interação cinetina e nitrogênio resultaram em incrementos na altura de plantas e inserção de primeira vagem. Porém, doses elevadas de cinetina na interação com a dose máxima de nitrogênio (40 kg ha^{-1} de N) promoveram queda no número de haste, número de vagem por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de cem grãos e produtividade de grãos, mostrando que, dose elevada de nitrogênio compromete a FBN, mesmo estando à planta em estádios fisiológicos avançados, portanto, não sendo recomendado como prática de complementação mineral. Doses altas de citocinina na soja estimula a maior atividade das enzimas do estresse oxidativo (GIDROL et al., 1994), e da enzima citocinina oxidase a qual restringe ação da citocinina (TAIZ e ZEIGER, 2009). O parcelamento das doses em estádios vegetativos e reprodutivos deve ser recomendado para minimizar esses efeitos.

O número de grãos por vagem (Figura 7), apresentou aumento quando aplicado a cinetina sem nitrogênio até a dose $1,25 \text{ g ha}^{-1}$ e também na interação com 10 kg ha^{-1} de nitrogênio. Na interação com as doses 20 e 30 kg ha^{-1} de nitrogênio resultou em crescimento linear. As doses 20 e 40 kg ha^{-1} de nitrogênio apresentaram maior média (1,83 grãos por vagem) na interação com as doses 1,50 e $1,00 \text{ g ha}^{-1}$ de cinetina, respectivamente, com ganho de 6,5%

em relação à testemunha. Doses de nitrogênio diferiram da testemunha (3,4%), mas não entre si quando aplicadas sem cinetina.

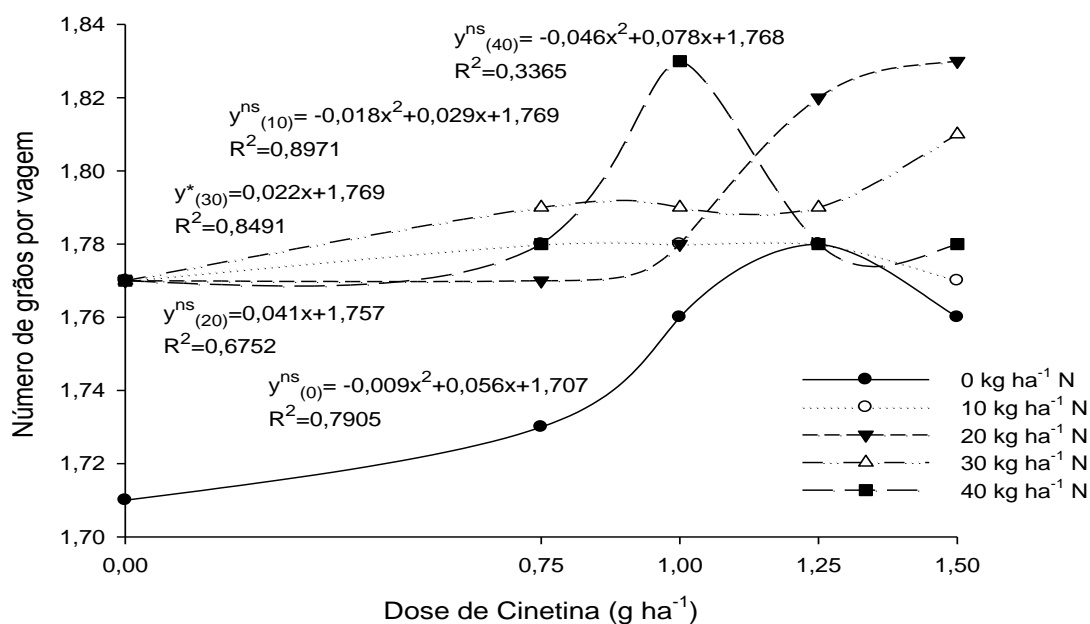


Figura 7. Variação do número de grãos por vagem, em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3, obtidos no experimento Efeito da cinetina e nitrogênio nas características agrônômicas da soja cultivada em solos de elevada acidez. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

A má distribuição de precipitação durante a fase de florescimento e enchimento de grãos (Figura 1) provocou menor formação e enchimento de grãos. Na soja, o consumo de água tende a aumentar à medida que avança o seu crescimento com auge no florescimento até o início da formação de legumes, mantendo o alto consumo até a maturação fisiológica (THOMAS e COSTA, 2010). Em condições ambientais desfavoráveis o fluxo transpiratório da planta é limitado, o que restringe o movimento de cálcio via xilema (WHITE e BROADLEY, 2003). Assim, a baixa precipitação aliado ao baixo teor de cálcio e a limitação ao envio deste para formação de estruturas reprodutivas contribuíram para o menor número de vagens e grãos formados. Aplicação de cinetina com nitrogênio atenuou estas perdas atribuído a maior produção de fotoassimilados.

Observa-se, para massa de cem grãos (Figura 8) crescimento linear até a dose 1,00 g ha⁻¹ de cinetina na interação com as doses 10 e 20 kg ha⁻¹ N,

na interação com a dose 30 kg ha⁻¹ N resultou em crescimento até a dose 1,25 g ha⁻¹ de cinetina. A maior dose de cinetina diminuiu a massa de cem grãos, e a maior dose de nitrogênio apresentou menores médias quando em interação com as doses crescentes de cinetina. Aplicação das doses de cinetina sem nitrogênio resultou em crescimento até 1,25 g ha⁻¹ procedendo a maior média (15,68 g), com ganho de 7,2% em relação à testemunha. A dose 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio teve maior incremento (3,6%) em relação à testemunha, quando aplicado sem cinetina, demonstrando a baixa participação do nitrogênio no incremento da massa.

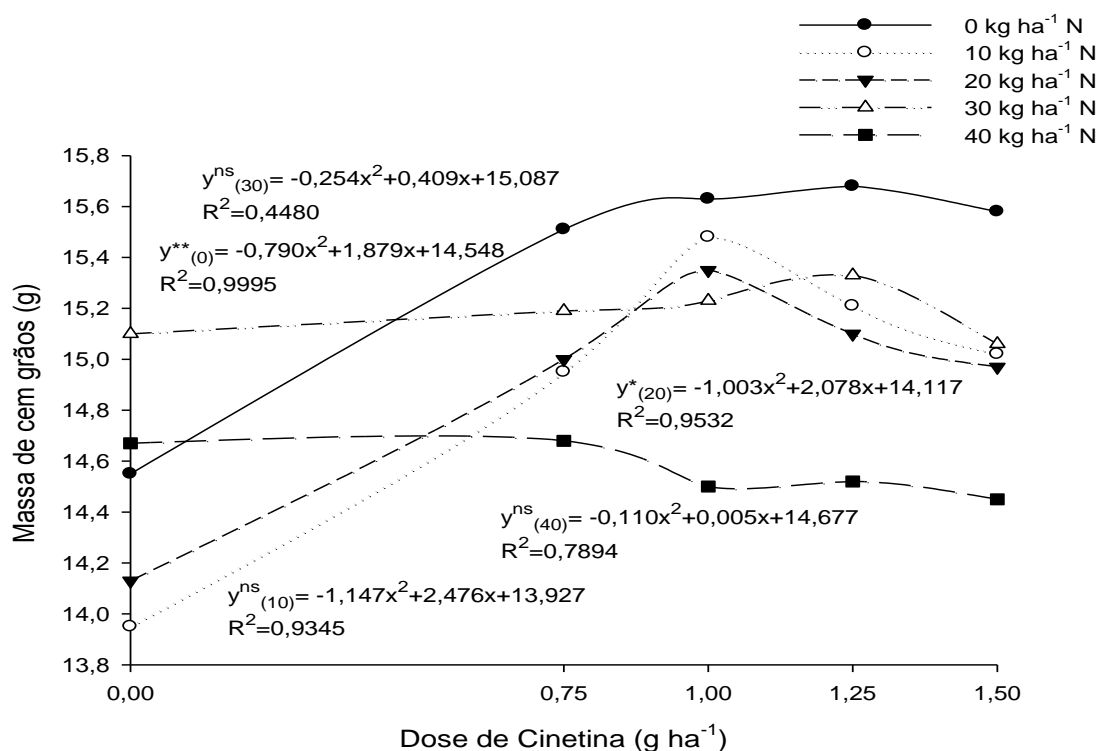


Figura 8. Variação da massa de cem grãos (g), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estágio R3, obtidos no experimento Efeito da cinetina e nitrogênio nas características agrônômicas da soja cultivada em solos de elevada acidez. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

A massa de cem grãos é motivada pela genética da cultivar, que para o material em estudo é em média (14,5 g), podendo sofrer influência do ambiente. Doses de cinetina estimularam a maior massa de cem grãos, tanto na interação com nitrogênio quanto aplicada de forma isolada, sendo que na dose 1,25 g ha⁻¹ de cinetina sem nitrogênio resultou na maior média (15,68 g). Aplicação de cinetina estimulou a planta ao melhor aproveitamento da matéria

seca pela sua capacidade de aumentar a força de dreno, fazendo com que a matéria seca proveniente dos estágios vegetativos fosse destinada para maiores incrementos na massa dos grãos. Segundo Ritchie et al. (1997), há translocação da matéria seca nos estádios de formação de vagem e formação da semente. Corroborando que aplicação de cinetina no estádio de formação de vagem tenha proporcionado maior acúmulo de massa nos grãos.

Mesmo nas condições adversas de baixa fertilidade do solo e precipitação as aplicações de cinetina isolada e na interação com nitrogênio foram suficientes em suprir a demanda da planta por fotoassimilados, promover aumentos no número de vagens, de grãos e na massa.

Quanto à produtividade de grãos (Figura 9), doses crescentes de cinetina promoveram aumentos significativos até a dose $1,25 \text{ g ha}^{-1}$ quando aplicada sem nitrogênio, e na interação com a dose 40 kg ha^{-1} de nitrogênio o crescimento ocorreu até a dose $1,00 \text{ g ha}^{-1}$ de cinetina, ambos apresentaram resposta quadrática ao incremento na produção de grãos. Apresenta crescimento linear as interações das doses de cinetina com as doses 10, 20 e 30 kg ha^{-1} de nitrogênio. A maior produtividade ($1.118,06 \text{ kg ha}^{-1}$) ou 18 sacos de 60 kg ha^{-1} , foi obtida na dose $1,50 \text{ g ha}^{-1}$ de cinetina com 20 kg ha^{-1} de nitrogênio, com ganho de 38,6% ou 7 sacos de 60 kg ha^{-1} em relação à testemunha. Comparando essa maior produtividade, com a produtividade na mesma dose de cinetina, mas sem nitrogênio, nota-se ganho de 26,5% ou 5 sacos de 60 kg ha^{-1} . Aplicação de nitrogênio em interação com cinetina correspondeu a incrementos na produtividade, e quando aplicado sem cinetina resultou em crescimento linear até a dose 20 kg ha^{-1} de N, com ganho de 23% ou 3 sacos de 60 kg ha^{-1} em relação a testemunha, não diferindo da maior média obtida pela dose 40 kg ha^{-1} de N, constatando resposta cúbica.

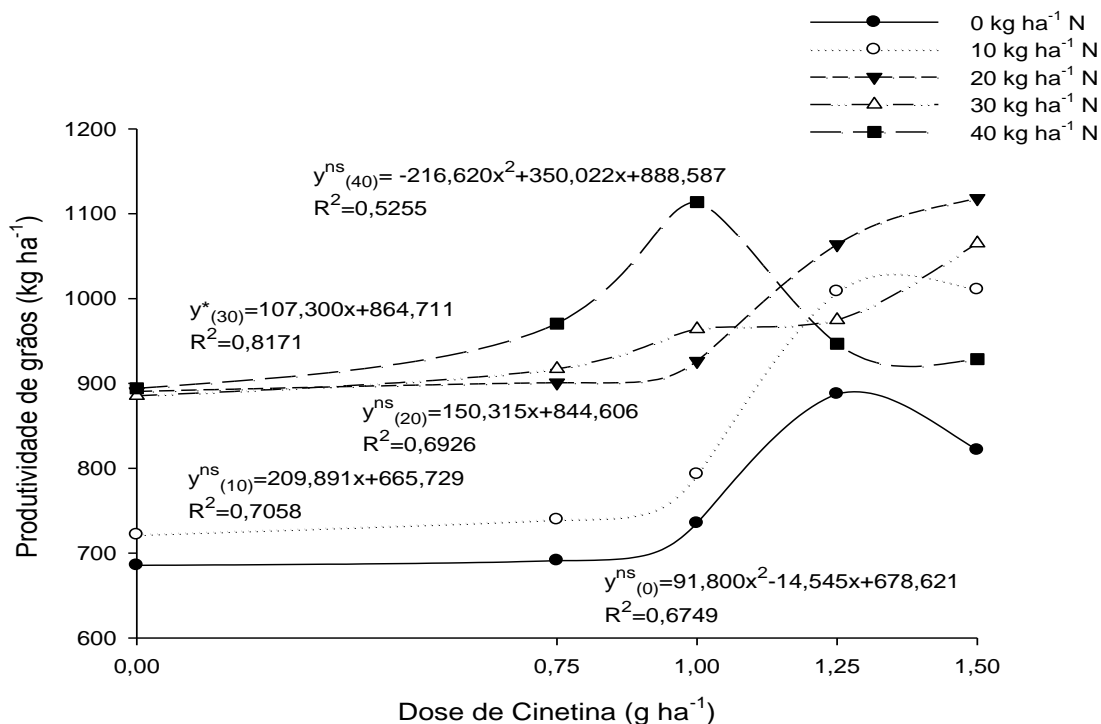


Figura 9. Variação da produtividade de grãos (kg ha⁻¹), em função da interação entre diferentes doses de cinetina e nitrogênio, aplicados no estádio R3, obtidos no experimento Efeito da cinetina e nitrogênio nas características agrônômicas da soja cultivada em solos de elevada acidez. Gurupi-TO, safra 2014/2015.

Os solos de cerrado são naturalmente ácidos em função do seu material de origem apresentam problemas de deficiência nutricional, baixa retenção de água e baixo teor de bases trocáveis. Nessas condições o crescimento e desenvolvimento da planta são comprometidos e a produtividade limitada. O que foi presenciado neste trabalho, porém, ficou evidente a eficiência da aplicação do regulador de crescimento em promover benefícios para planta mesmo em condições de cultivo em solo não corrigido. Aplicação de cinetina em interação com nitrogênio proporcionaram ganhos significativos para as características agrônômicas da soja, quando comparado com a testemunha, o que pode até ter sido limitado pelas condições adversas do solo e clima. A interdependência da interação cinetina com nitrogênio estimulou esses benefícios pelo aumento da área foliar, da eficiência na produção de fotoassimilados pelo aumento da taxa fotossintética e a melhor utilização destes para formação de vagens e grãos. Esses indícios fortalecem a

importância da interação para uso em novas técnicas de manejo, inclusive em solos não corrigidos, com intuito de aumentar a produtividade de grãos na soja.

A complementariedade da interação resultou no ganho de resposta do nitrogênio com a cinetina, que pelo aumento nas características da planta imposto pela aplicação de cinetina proporcionou maior demanda do elemento, que foi correspondido pela aplicação de 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio resultando nos maiores ganhos para todas as características, exceto para massa de cem grãos. A baixa atividade da FBN atribuído pela condição do solo contribuiu no aumento da demanda pela planta e na eficiência da complementação mineral. O que pode ser evidenciado quando aplicado o nitrogênio sem cinetina, onde na adição de 20 kg ha⁻¹ de N resultou em 23% no incremento da produtividade, demonstrando a não interferência da dose na fixação biológica de nitrogênio. Resultados corroborados por Mendes et al. (2008), que constataram aumento na produtividade de até 258 kg ha⁻¹ quando aplicado nitrato de amônio e sulfato de amônio, nas fases de pré-florescimento e enchimento de grãos, em Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho sob plantio direto e convencional. Petter et al. (2012) avaliando diferentes doses de nitrogênio na forma de uréia aplicados em R1 em três cultivares, constataram que aplicação de 20 e 40 kg ha⁻¹ de N resultaram em incremento (360 kg ha⁻¹) na produtividade em todos os cultivares, porém, aplicações de 80 e 160 kg ha⁻¹ de N diminuíram o rendimento de grãos. Hungria et al. (2006b) confirmam que aplicação acima de 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio reduz a produtividade na cultura da soja.

A baixa produtividade obtida neste trabalho (1.118,06 kg ha⁻¹) é inferior comparada com a produtividade do Estado do Tocantins (2.918 kg ha⁻¹), com a média nacional (3.066 kg ha⁻¹) e a média da região de MATOPIBA (2.875 kg ha⁻¹), médias estimadas para safra 2015/16 (CONAB, 2015). Estudo testando práticas de manejo na soja a fim de obter nova alternativa de manejo em áreas que apresentam talhões não corrigidos, ou corrigidos, mas sem tempo para reação do calcário pelo certo tempo ou pela falta de chuva, muito comum na região de cerrado, está sujeito ocorrer baixas produtividades de grãos, visto que ausência do corretivo compromete o desenvolvimento da planta, porém, mesmo nestas condições a nova alternativa de prática alcançou ganhos significativos. Novas técnicas de manejo na soja cultivada no primeiro ano em

solos de cerrado são importantes, principalmente quando se refere à nova fronteira agrícola região de MATOPIBA, onde se encontra áreas recém abertas e que a procura por novas tecnologias é crescente, a fim de elevar ao máximo o potencial do solo e a obtenção de maiores patamares de produtividade. Aplicação de cinetina em interação com nitrogênio em solo de cerrado com baixa fertilidade se mostrou com potencial em aumentar a produtividade, evidenciado neste ensaio, devendo ser comprovado em outros trabalhos, para fins de uso comercial.

Nota-se, que o ganho crescente no número de vagem por planta (24%) impulsionou o aumento na produtividade de grãos (38,6%). Corroboram com os ganhos obtidos, em soja, em solos corrigidos, na literatura internacional (LIU et al., 2004a; YASHIMA et al., 2005; NONOKAWA et al., 2007), nacional (PASSOS et al., 2011) e com bioestimulante (BERTOLIN, 2008).

Após obter resposta linear e maiores ganhos em todas as características, exceto massa de cem grãos, recomenda-se a dose $1,50 \text{ g ha}^{-1}$ de cinetina com 20 kg ha^{-1} de nitrogênio para testes experimentais. A utilização desta dose é alternativa tecnológica de manejo em áreas corrigidas como também em áreas de primeiro ano agrícola que apresentam talhões não corrigidos, ou corrigidos tardiamente que aliado ao atraso das chuvas não apresentam efeito esperado do corretivo, comuns na região, levando a incremento de produtividade na cultura da soja.

A utilização do nitrogênio como nova técnica de suplementação no estágio reprodutivo se mostrou com potencial de suprir a demanda e elevar a produtividade da soja até a dose 20 kg ha^{-1} de nitrogênio. Na interação com cinetina o ganho foi maior, visto que aumentou a eficiência do regulador de crescimento, evidenciado pelo ganho de resposta nas características agronômicas da soja.

CONCLUSÕES

A tecnologia de uso de cinetina aplicado no início da formação de vagens tem potencial para se tornar nova técnica de manejo na cultura da soja, por promover ganhos significativos em todas as características agronômicas

estudadas, de forma isolada e também na interação com nitrogênio, em solo não corrigido.

Na interação entre cinetina e nitrogênio, a dose recomendada é de 1,50 g ha⁻¹ de cinetina com 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio, pois, resultou em aumentos nas características agrônômicas estudadas, exceto para massa de cem grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREW, C.S. Effect of calcium, pH and nitrogen on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pastures legumes. I. Nodulation and growth. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.27, n.5, p.611-623, 1976.

BARROS, H.B.; PELUZIO, J.M.; SANTOS, M.M.; BRITO, E.L.; ALMEIDA, R.D. Efeito das épocas de semeadura no comportamento de cultivares de soja, no sul do estado do Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v.50, n.291, p.565-572, 2003.

BERTOLIN, D.C. **Produção e qualidade de sementes de soja convencional e geneticamente modificada em relação à aplicação via sementes e foliar de produto bioestimulante**. 2008. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008, 73p.

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

CONAB. Campanha Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2015/2016 – Primeiro levantamento - Monitoramento Agrícola - Cultivos de verão, 2ª safra e de inverno – p. 1-104, v.3 – Safra 2015/16. Outubro/2015.** Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_10_28_17_24_01_bol_etim_graos_outubro_2015.pdf. Acesso em: 12 de novembro 2015.

CUQUEL, F.L.; CLARK, D.G.; MINAMI, K. Horticultural performance of transgenic *Petunia* x hybrid plants containing the P_{SAG12}^{-ipt} gene grown under nutritional deficiency. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.7, n.1, p.41-48, 2001.

CHEN, Z.; MACKENZIE, A.F.; FANOUS, M.A. Soybean nodulation and grain yield the influenced by N-fertilizer rate, population of site and to cultivate in southern Quebec. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa,v.72, n.4, p.1049-1056, 1992.

CLINE, G.R.; KAUL, K. Inhibitory effects of acidified soil on the soybean/*Bradyrhizobium* symbiosis. **Plant and Soil Science**, v.127, n.2, p.243-249. 1990.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ª ed, revista e ampliada, Brasília, DF: Embrapa, 2013, 353p.

FEI, H.; VESSEY, J.K. Further investigation of the roles of auxin and cytokinin in the NH_4^+ - induced stimulation of nodulation using white clover transformed with the auxin-sensitive reporter GH3: gusA. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen,v.121, n.4, p.674–681, 2004.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIOREZE, S.L.; RODRIGUES, J.D.; CARNEIRO, J.P.C.; SILVA, A.A.; LIMA, M.B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.11, p.1432-1439, 2013.

GIDROL, X.; LIN, W.S.; DEGOUSEE, N.; YIP, S.F.; KUSH, A. Accumulation of reactive oxygen species and oxidation of cytokinin in germinating soybean seeds. **European Journal of Biochemistry**, Berlin, v.224, n.1, p.21-28, 1994.

GRAHAM, P.H.; VITERI, S.E.; MACKIE, F.; VARGAS, A.T.; PALACIOS, A. Variation in acid soil tolerance among strains of *Rhizobium phaseoli*. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.5, n.2, p.121-128, 1982.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001, 48p.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C.; GRAHAM, P.H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* (L.) Merr) in South America. In: SINGH, R.P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P.K. (Ed.). **Nitrogen nutrition in plant productivity**. Houston: Studium Press, 2006a, p.43-93.

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; CAMPO, R.J.; CRISPINO, C.C.; MORAES, J.Z.;SIBALDELLI, R.N.R.; MENDES, I.C.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of

soybean in Brazil: contributions of biological N₂ fixation and of N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Ontario, v.86, n.4, p.927-939, 2006b.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Monitoramento das Estações Automáticas, Gurupi - TO, Dados. 2014/2015**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>. Acesso em: 19 de novembro 2015.

KOKUBUN, M.; HONDA, I. Intra-raceme variation in pod-set probability is associated with cytokinin content in soybeans. **Plant Production Science**, Tokyo, v.3, n.4, p.354-359, 2000.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Econômica, México, 1948, 479p.

KLARMANN, P.A. **Influência de plantas de cobertura de inverno na disponibilidade de N, fixação biológica e rendimento da soja sob sistema plantio direto**. 2004. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 142p.

KRICHEVSKY, A.; KOZLOVSKY, S.V.; TIAN, G.W.; CHEN, M.H.; ZALTSMAN, A.; CITOVSKY, V. How pollen tubes grow. **Developmental Biology**, New York, v.303, n.2, p.405-420, 2007.

LAMOND, R.E.; WESLEY, T.L. In season fertilization for high yield soybean production. **Better Crops With Plant Food**, Norcross, v.85, n.2, p.6-7, 2001.

LEITE, L.F.C.; ARAÚJO, A.S.F.; COSTA, C.N.; RIBEIRO, A.M.B. Nodulação e produtividade de grãos do feijão-caupi em resposta ao molibdênio. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.40, n.4, p.492-497, 2009.

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**, Maricopa, v.86, n.1, p.1-13, 2004a.

LIU, F.; JENSEN, C.R.; ANDERSEN, M.N. Pod set related to photosynthetic rate and endogenous ABA in soybeans subjected to different water regimes and exogenous ABA and BA at early reproductive stages. **Annals of Botany**, Oxford, v.94, n.3, p.405-411, 2004b.

- MAEHLER, A.R.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; RAMBO, L. Qualidade de grãos de duas cultivares de soja em função da disponibilidade de água no solo e arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.213-218, 2003.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1 ed. São Paulo: São Paulo, 2006, 638 p.
- MENDES, I.C.; REIS JUNIOR, F.B.; HUNGRIA, M.; SOUSA, D.M.G.; CAMPO, R.J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.1053-1060, 2008.
- 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.
- PAN, W.L.; HOPKINS, A.G.; JACKSON, W.A. Aluminum inhibition of shoot lateral branches of *Glycine max* and reversal by exogenous cytokinin. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.120, n.1, p.1-9, 1989.
- PASSOS, A.M.A.; REZENDE, P.M.; ALVARENGA, A.A.; BALIZA, D.P.; CARVALHO, E.R.; ALCÂNTARA, H.P. Yield per plant and other characteristics of soybean plants treated with kinetin and potassium nitrate. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.5, p.965-972, 2011.
- PETTER, F.A.; PACHECO, L.P.; ALCÂNTARA NETO, F.; SANTOS, G.G. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de Cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.1, p.67-72, 2012.
- PELUZIO, J.M.; VAZ DE MELO, A.; COLOMBO, G.A.; AFFÉRRRI, F.S.; SILVA, R.R.; RIBEIRO, G.R.S.; PIRES, L.P.M. Effect of edaphoclimatic changes in South-Central region of the state of Tocantins on grain yield of soybean cultivars. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, Guarapuava, v.3, n.1, p.33-42, 2010.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E.; BENSON, G.O. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, 1997.20p. (Special Report, n.53).
- SILVA, A.F.; FREITAS, A.D.S.; STAMFORD, N.P. Efeito da inoculação da soja (Cultivar Tropical) com rizóbios de crescimento rápido e lento em solo ácido submetido à calagem. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1327-1333, 2002.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. Efeito do gesso agrícola e do calcário aplicados em solo ácido na composição química das folhas, teores e produtividade de proteína e óleo da soja. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, 1992, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba/SBCS, 1992, p.354-355.
- THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. Estresse hídrico em soja: impacto no potencial de rendimento de grãos. In: THOMAS, A.L.; COSTA, J.A. (Org.). **Soja: manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010, p.141-175.
- WHITE, P.J.; BROADLEY, M.R. Calcium in plants. **Annals of Botany**, Oxford, v.92, n.4, p.487-511, 2003.
- 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.
- ZIMMER, P.D. Fundamentos da qualidade da semente. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3. ed. Revisada e ampliada. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, Cap.2, 2012, p.105-160.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim, o presente estudo forneceu informações importantes sobre a tendência tecnológica de uso de regulador de crescimento e aplicação de nitrogênio no estágio reprodutivo da soja, e o desempenho de ambos os fatores quando em interação na soja cultivada em áreas com solos de Cerrado corrigidos e em áreas de primeiro cultivo que apresentam talhões com solos não corrigidos. Desse modo, as informações obtidas poderão auxiliar os agricultores a novas opções de manejo tecnológico para a cultura da soja na região, bem como em futuras pesquisas e estudos que venham aprimorar a nova técnica de manejo, levando a maiores patamares de produtividade.