**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Ação de bioestimulante nas culturas do amendoimzeiro, sorgo e trigo e
interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas**

Stella Consorte Cato

**Tese apresentada, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia**

**Piracicaba
2006**

Stella Consorte Cato

Engenheiro Agrônomo

Ação de bioestimulante nas culturas do amendoimzeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas

Orientador:

Prof. Dr. **PAULO ROBERTO DE CAMARGO E CASTRO**

Tese apresentada, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba

2006

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Cato, Stella Consorte

Ação de bioestimulante nas culturas do amendoimzeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas / Stella Consorte Cato. - - Piracicaba, 2006.

73 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.
Bibliografia.

1. Amendoim 2. Estimulantes de crescimento vegetal 3. Hormônios vegetais 4. Produtividade 5. Reguladores de crescimento vegetal 6. Sorgo 7. Trigo I. Título

CDD 635.659

À minha mãe Maria e
à memória de meu pai Zauri,
pelos ensinamentos de vida e
constante apoio em meus estudos.
Às minhas irmãs Jussara e Mariana,
pela amizade e incentivo.
Aos meus sobrinhos Caio e Manoela,
pela alegria e molecagem.
Ao Marcos pelo companheirismo,
afeto e presença.

DEDICO E OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas bênçãos recebidas durante mais esta jornada e por guiar os meus passos em cada fase da minha vida.

Ao Prof. Dr. Paulo Roberto de Camargo e Castro, pela orientação, incentivo e amizade durante a execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Lázaro Eustáquio Pereira Peres pelo apoio, colaboração e ensinamentos.

À Prof^a. Dr^a. Sônia Maria Stefano Piedade do Departamento de Ciências Exatas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, e à Pesquisadora Científica Ivani Pozar Otsuk, do Instituto de Zootecnia, pelo apoio para a realização das análises estatísticas.

À colega Helena M. C. P. Chamma pelo auxílio na instalação, condução e avaliação dos testes de germinação de sementes e vigor de plântulas.

Aos colegas Sílvio Tavares e Rogério Falleiros Carvalho pelo apoio na instalação e condução dos experimentos.

Ao colega Elvis Lima Vieira e a Lorival Fante Júnior pelos ensinamentos sobre avaliação de crescimento de raízes e digitalização de imagens.

Aos funcionários Alexandre Vendemiatti pelas fotografias e Maria das Graças Ongarelli pelo apoio na avaliação dos experimentos.

Ao Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade oferecida para a realização deste trabalho.

Aos professores, funcionários e alunos da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pelos ensinamentos transmitidos, apoio e coleguismo durante minha formação profissional.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos, que me possibilitou a realização do curso de pós-graduação.

À Stoller do Brasil Ltda pelo apoio tecnológico e divulgação dos trabalhos.

À bibliotecária Sílvia Zinsly pela competência e eficiência na correção da tese.

Aos meus amigos de curso Pedro Abel Vieira Júnior, Chryz M. Serciloto, Ana Cláudia Pacheco, Angélica Maria C. M. Pitelli, André L. M. Fusatto, pela amizade e companheirismo.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Revisão Bibliográfica	11
1.1.1 Auxinas, citocininas e giberelinas: regulação hormonal de processos fisiológicos dos vegetais	11
1.1.2 O uso de bioestimulantes em agricultura	14
Referências	16
2 ESTUDO DO SINERGISMO ENTRE AUXINAS, GIBERELINAS E CITOCININAS NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E NA FRUTIFICAÇÃO DE <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. cv. MICRO-TOM	19
2.1 Introdução	20
2.2 Material e métodos	22
2.3 Resultados e discussão	22
2.4 Conclusões	26
Referências	26
3 GERMINAÇÃO DE SEMENTES, VIGOR DE PLÂNTULAS, CRESCIMENTO RADICULAR E PRODUÇÃO DE PLANTAS DE AMENDOINZEIRO INFLUENCIADAS POR BIOESTIMULANTE	28
3.1 Introdução	29
3.2 Material e métodos	31
3.2.1 Teste de germinação de sementes e vigor de plântulas	31
3.2.2 Avaliação do crescimento do sistema radicular	32
3.2.3 Avaliação da produção das plantas	33
3.3 Resultados e discussão	33
3.4 Conclusões	41
Referências	41

4 GERMINAÇÃO DE SEMENTES, VIGOR DE PLÂNTULAS, CRESCIMENTO RADICULAR E PRODUÇÃO DE PLANTAS DE SORGO INFLUENCIADAS POR BIOESTIMULANTE.....	44
4.1 Introdução	45
4.2 Material e métodos	46
4.2.1 Teste de germinação de sementes e vigor de plântulas	47
4.2.2 Avaliação do crescimento do sistema radicular	47
4.2.3 Avaliação da produção das plantas	48
4.3 Resultados e discussão	49
4.4 Conclusões	56
Referências	56
5 GERMINAÇÃO DE SEMENTES, VIGOR DE PLÂNTULAS, CRESCIMENTO RADICULAR E PRODUTIVIDADE DE PLANTAS DE TRIGO INFLUENCIADAS POR BIOESTIMULANTE	59
5.1 Introdução	60
5.2 Material e métodos	61
5.2.1 Teste de germinação de sementes e vigor de plântulas	62
5.2.2 Avaliação do crescimento do sistema radicular	63
5.2.3 Avaliação da produção das plantas	64
5.2.4 Avaliação da produtividade de plantas de trigo em campo	64
5.3 Resultados e discussão	64
5.4 Conclusões	71
Referências	72

RESUMO

Ação de bioestimulante nas culturas do amendoimzeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas

Hormônios vegetais têm o papel de controlar os diversos processos do desenvolvimento vegetal. A aplicação tanto de biorreguladores quanto de bioestimulantes pode promover alterações durante o desenvolvimento vegetal e, têm sido utilizados com a finalidade de incrementar a produtividade de culturas de interesse econômico. Com o objetivo de avaliar o efeito sobre a germinação de sementes, vigor de plântulas, desenvolvimento radicular e produção de plantas de trigo, amendoimzeiro e sorgo, um bioestimulante líquido contendo cinetina, ácido indolbutírico e ácido giberélico, foi aplicado em concentrações crescentes, via tratamento de sementes. Também, para melhor elucidar as interações entre as classes hormonais dos componentes do bioestimulante, aplicações isoladas e combinadas de auxinas, citocininas e giberelinas foram realizadas utilizando-se de plantas teste de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) do cultivar Micro-Tom. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação no Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP de janeiro de 2004 a agosto de 2005. Os resultados obtidos foram submetidos à regressão polinomial e ao teste de Tukey através do programa SAS. A aplicação conjunta de ácido giberélico, ácido indolbutírico e cinetina ou de Stimulate[®] promoveu incrementos significativos sobre o acúmulo de matéria seca nas raízes e nas massas de matéria fresca e seca dos frutos do tomateiro 'Micro-Tom' com relação ao controle. Stimulate[®] nas concentrações de 3,5 a 5,0ml kg⁻¹ de sementes de amendoimzeiro proporcionou aumentos significativos na porcentagem de plântulas normais, no comprimento do hipocótilo e da raiz primária de plântulas, no crescimento radicular vertical e total, na velocidade de crescimento radicular vertical, na massa de matéria seca e número de vagens e grãos por planta do cultivar IAC-Tatu ST. Nos experimentos para avaliação da produção de plantas do híbrido de sorgo 822 da Dow AgroScience, no intervalo de concentrações de 10 a 13ml kg⁻¹ de sementes, o Stimulate[®] proporcionou aumentos significativos na massa de matéria seca de parte aérea, de panículas e de grãos e no comprimento de panículas. Stimulate[®], aplicado via tratamento de sementes, no intervalo de concentrações de 3,5 a 5,0ml kg⁻¹ de sementes de trigo, proporcionou aumentos significativos na altura e massa de matéria seca de parte aérea, número de perfilhos e de espigas por planta. Concentrações crescentes do produto proporcionaram aumentos lineares no crescimento radicular vertical e total e na velocidade de crescimento radicular vertical. A porcentagem de plântulas normais, o vigor de plântulas, a produção de grãos por planta e a produtividade não foram influenciadas.

Palavras-chave: balanço hormonal; reguladores vegetais; produtividade; sinergismo

ABSTRACT

Biostimulant action on peanut, sorghum and wheat crops and hormonal interactions among auxins, cytokinins and gibberellins

Plant hormones can control several processes of plant development. Application of bioregulators or biostimulants can promote changes during plant development and have been used to increase yield of crops. Aiming to evaluate the effects on seed germination, seedling vigor, root growth and yield of wheat, peanut and sorghum plants, a liquid biostimulant containing kinetin, indolbutyric acid and gibberellic acid, was applied at increasing concentrations, through seed treatment. Also, to better elucidate the interactions among the hormonal classes of the components of the biostimulant, isolated and combined applications of auxin, cytokinin and gibberellin were accomplished on tomato test plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) from Micro-Tom cultivar. Experiments were carried out in the greenhouse of the Department of Biological Sciences at ESALQ/USP from January 2004 to August 2005. Data were submitted to polynomial regression and Tukey's test through SAS program. Combined applications of gibberellic acid, indolbutyric acid and kinetin or Stimulate[®] promoted significative increases on dry matter accumulation on roots and fresh and dry matter mass of fruit of 'Micro-Tom' tomato plants compared to the control. Stimulate[®] at the concentrations of 3.5 to 5.0ml kg⁻¹ of peanut seeds significantly increased the percentage of normal seedlings, hypocotyl and primary root length of seedlings, vertical and total root growth, vertical root growth speed, number and dry matter mass of pods and grains per plant of IAC-Tatu ST cultivar. On the experiments to determine production of sorghum plants Dow AgroScienc hybrid 822, Stimulate[®] at the concentrations of 10 to 13ml kg⁻¹ of seeds significantly increased dry matter mass of shoot, panicles and grains and panicle length. Stimulate[®], applied by seed treatment, from 3.5 to 5.0ml kg⁻¹ of wheat seeds, promoted significative increases on plant height and shoot dry matter mass, number of tillers and spikes per plant. Increasing concentrations of the product promoted linear increases on vertical and total root growth and vertical root growth speed. The percentage of normal seedlings, seedling vigor, grain production per plant and yield were not influenced.

Key words: hormonal balance; plant regulators; yield; synergism

1 INTRODUÇÃO

O metabolismo, crescimento e morfogênese de plantas superiores dependem de sinais transmitidos de uma parte à outra da planta por mensageiros químicos, e por hormônios endógenos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Segundo Castro (1998), hormônio vegetal é um composto orgânico não nutriente, de ocorrência natural, produzido na planta, e que em baixas concentrações (10^{-4} M) promove, inibe ou modifica processos morfológicos e fisiológicos do vegetal. Até recentemente, apenas seis tipos de hormônios eram considerados: auxinas, giberelinas, citocininas, retardadores, inibidores e etileno. Contudo, hoje outras moléculas com efeitos similares têm sido descobertas, tais como, brassinosteróides, ácido jasmônico (jasmonatos), ácido salicílico e poliaminas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Para que haja resposta, promoção, inibição ou alteração metabólica, do vegetal a um determinado hormônio, este deve: a) estar na quantidade suficiente nas células adequadas; b) ser reconhecido e capturado por receptores específicos localizados na membrana plasmática de células vegetais; c) ter seus efeitos amplificados por mensageiros secundários (SALISBURY; ROSS, 1994).

Processos como germinação, crescimento vegetativo, florescimento, frutificação e maturação são afetados por diversos fatores, sendo que os hormônios vegetais desempenham um papel importante no controle do desenvolvimento dos componentes da produtividade. Portanto, conhecer a respeito dos locais de produção, biossíntese, vias de transporte, estrutura química, mecanismos de ação e efeitos fisiológicos destas substâncias é importante para estudos que visem alterar as respostas fisiológicas das plantas, através da manipulação destas substâncias e/ou a aplicação de seus similares.

Biorreguladores ou reguladores vegetais são compostos orgânicos, naturais ou sintéticos, que em pequenas quantidades, inibem ou modificam de alguma forma processos morfológicos e fisiológicos do vegetal (CALDAS et al., 1990; CASTRO; VIEIRA, 2001). Essas substâncias podem ser aplicadas diretamente nas plantas (folhas, frutos, sementes), provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita. Quando aplicadas nas sementes ou nas folhas, podem interferir em processos como germinação, enraizamento, floração, frutificação e senescência. (CASTRO; MELOTTO, 1989).

Com os inúmeros benefícios obtidos a partir da aplicação de reguladores vegetais sobre as plantas cultivadas, combinações desses produtos têm sido estudadas. A mistura de dois ou mais reguladores vegetais ou de reguladores vegetais com outras substâncias (aminoácidos, nutrientes, vitaminas), é chamada de estimulante vegetal ou bioestimulante. Segundo Casillas et al. (1986), essas substâncias são eficientes quando aplicadas em pequenas doses, favorecendo o bom desempenho dos processos vitais da planta, permitindo obter maiores e melhores colheitas, mesmo sob condições ambientais adversas.

Analisando-se a bibliografia referente aos efeitos de biorreguladores ou bioestimulantes sobre as plantas cultivadas, nota-se uma grande variabilidade nos resultados obtidos em função da cultura, do ambiente e das práticas agrícolas empregadas. Além disso, raramente os hormônios vegetais agem sozinhos, mesmo quando uma resposta no vegetal é atribuída à aplicação de um único regulador vegetal, o tecido que recebeu a aplicação contém hormônios endógenos que contribuem para as respostas obtidas.

Isso justifica a necessidade de se avaliar a eficácia de um regulador vegetal ou de um bioestimulante, assim como, determinar a concentração adequada do mesmo, a fim de incrementar a produtividade de culturas de interesse econômico.

O objetivo desta pesquisa foi estabelecer as concentrações adequadas do bioestimulante líquido, Stimulate[®] (0,09% de cinetina, 0,05% de ácido giberélico e 0,05% de ácido indolbutírico), aplicado via semente nas culturas do amendoimzeiro, sorgo e trigo, avaliando o efeito deste na germinação de sementes, no vigor de plântulas, no crescimento radicular, no desenvolvimento vegetativo e na produção dessas culturas. Por conter em sua formulação ácido indolbutírico, ácido giberélico e cinetina, um experimento objetivando estudar o sinergismo entre essas classes de biorreguladores foi realizado com plantas teste de tomateiro do cultivar Micro-Tom.

1.1 Revisão Bibliográfica

1.1.1 Auxinas, citocininas e giberelinas: regulação hormonal de processos fisiológicos dos vegetais

Entre os processos regulados pelas auxinas estão alongação celular, fototropismo, geotropismo, dominância apical, iniciação radicular, diferenciação dos tecidos vasculares,

embriogênese, produção de etileno, desenvolvimento dos frutos, partenocarpia, abscisão e expressão sexual (ARTECA, 1996).

As giberelinas são mais freqüentemente associadas à promoção de crescimento da haste e, a aplicação de giberelinas pode induzir grandes aumentos na altura das plantas. Elas atuam em diversos fenômenos fisiológicos, no entanto, o gênero ou a espécie, somados a outros fatores, podem determinar o efeito específico na resposta. Os processos fisiológicos envolvidos pelas giberelinas são germinação de sementes, mobilização de reservas armazenadas no endosperma, crescimento da parte aérea, florescimento, desenvolvimento de flores e frutificação (HIGASHI, et al., 2002).

As citocininas podem estimular ou inibir uma variedade de processos metabólicos, fisiológicos e bioquímicos em plantas superiores. Elas estão envolvidas na regulação do crescimento e diferenciação, incluindo a divisão celular, dominância apical, formação de órgãos, retardamento da quebra de clorofila, desenvolvimento dos cloroplastos, senescência das folhas, abertura e fechamento dos estômatos, desenvolvimento das gemas e brotações, metabolismo dos nutrientes e como reguladores da expressão dos genes (VIEIRA; MONTEIRO, 2002).

As sementes constituem o principal veículo de multiplicação de espécies cultivadas. Além disso, a população de plantas, um dos componentes da produtividade, em uma determinada área cultivada, é determinada, entre outros fatores, pela germinação das sementes, que começa com a absorção de água e termina com a alongação do eixo embrionário. Práticas de manejo que permitam maximizar o potencial fisiológico das sementes após a semeadura são de grande importância para a obtenção de elevadas produtividades (MARCOS FILHO, 2005).

Morfológicamente, a germinação é a transformação do embrião contido na semente em uma plântula. Fisiologicamente, é a reativação do metabolismo e crescimento, os quais foram anteriormente atenuados ou suspensos, e a mudança na transcrição de novas etapas do programa genético. Bioquimicamente, é uma diferenciação sequencial de oxidação e caminhos biossintéticos e restauração de típicos caminhos bioquímicos e de crescimento vegetativo e desenvolvimento (JANN; AMEN, 1977).

Dentre os fatores que regulam o processo germinativo, a presença de hormônios e o equilíbrio entre eles, promotores e inibidores, exercem um papel fundamental. O desenvolvimento do eixo embrionário é mediado por auxinas e citocininas e o aumento tanto no

número como no tamanho das células é decorrente da síntese protéica realizada pelo embrião. De maneira geral, as giberelinas estão envolvidas na transcrição genética, as citocininas na tradução e as auxinas na permeabilidade das membranas (JANN; AMEN, 1977).

Tem sido verificado que o ácido giberélico regula a expressão do gene da α -amilase, a qual hidrolisa o amido, na germinação de sementes. Dessa forma, o ácido giberélico tem a função de regulação na mobilização de reservas do endosperma durante o desenvolvimento das plântulas (ARTECA, 1996; BEWLEY, 1997).

Bewley e Black (1994) sugeriram três etapas principais durante o processo de germinação: reativação – embebição, ativação da respiração e das demais etapas do metabolismo; indução do crescimento – fase de repouso, como preparo ao crescimento; crescimento – protrusão da raiz primária.

As raízes das plantas terrestres estão envolvidas na aquisição de água e nutrientes disponíveis no solo, ancoramento da planta, síntese de hormônios vegetais e funções de armazenamento.

Como os recursos dos solos, água e nutrientes, estão irregularmente distribuídos, um sistema radicular bem desenvolvido é de grande importância para a produtividade das plantas. Em regiões de clima tropical, o sistema radicular é um dreno a ser priorizado, pois água e nutrientes são, geralmente, fatores limitantes, podendo afetar a produtividade das culturas.

O desenvolvimento do sistema radicular envolve estratégias que são comuns na formação de órgãos de plantas e outras particulares às raízes, sendo estas profundamente influenciadas pelos hormônios vegetais. Dentre os hormônios envolvidos no processo de crescimento de raízes encontram-se: as citocininas, as auxinas, as giberelinas, o etileno e os inibidores. Porém, há uma grande dificuldade na interpretação dos efeitos de aplicações exógenas de biorreguladores nas taxas hormonais internas, ocorrendo grande controvérsia na literatura atual.

Segundo diversos autores, o ácido indolilacético é o hormônio que exerce maior influência sobre o crescimento das raízes. Tem sido confirmado que a distribuição assimétrica do IAA nas raízes desempenha papel de fundamental importância no processo de reação à gravidade (YOUNG; EVANS, 1996).

A concentração ótima de auxina para induzir o alongamento das raízes está entre 10^{-10} M. Além dessa concentração, a auxina inibe o crescimento da raiz, inibição esta atribuída à

biossíntese de etileno induzida por auxina. Porém, a iniciação de raízes laterais e adventícias é estimulada por altos níveis de citocininas. O efeito de estímulo da auxina na formação de raízes adventícias tem sido muito útil para a propagação vegetativa de plantas por estaquia (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As inúmeras substâncias de crescimento endógenas desempenham um importante papel na determinação dos componentes da produtividade das culturas.

Na maioria das plantas, o crescimento da gema apical inibe o crescimento das gemas axilares, fenômeno denominado de dominância apical. A auxina, hormônio sintetizado nos meristemas apicais e transportado em direção basípeta, é responsável por este fenômeno. Inibidores do transporte de auxina, como o ácido 2,3,5-triodobenzóico (TIBA), podem eliminar a inibição das gemas axilares (TAIZ; ZEIGER, 2004; GELDNER et al., 2001).

Também, aplicações diretas de citocininas em gemas axilares de muitas espécies estimulam divisão celular e o crescimento das mesmas, reduzindo os efeitos da dominância apical.

Quanto à produção de grãos, a relação fonte/dreno tem sido a principal determinante. Neste caso, sabe-se do papel das citocininas na promoção do movimento de nutrientes, fenômeno este denominado de mobilização induzida pela citocinina. Inúmeros trabalhos mostram que os nutrientes são preferencialmente transportados e acumulados em tecidos tratados com citocininas, havendo uma provável alteração na relação fonte-dreno (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O ácido giberélico quando aplicado antes do florescimento, induz a um crescimento vegetativo intenso em diversas culturas, o qual é maior do que o necessário para a máxima produtividade. Neste caso, nutrientes e fotossintetizados são direcionados ao crescimento vegetativo, em detrimento ao desenvolvimento de estruturas reprodutivas (LEITE et al., 2003).

1.1.2 O uso de bioestimulantes em agricultura

Castro et al. (1998) efetuaram pulverizações com o bioestimulante Stimulate[®] em pomar uniforme de laranja 'Pêra' (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Com a aplicação de 1L ha⁻¹ do produto verificou-se, 69 dias após a aplicação, aumento no número de ramos e incremento na massa média de frutos por árvore na colheita, em relação ao controle.

Milléo (2000) avaliou a eficiência agrônômica do Stimulate® quando aplicado em sementes e via foliar na cultura da soja. Verificou-se que o produto foi eficiente agronomicamente, proporcionando maior produção de vagens e de grãos quando a concentração de 500ml ha⁻¹ do produto foi aplicado em pulverização foliar no estágio V5.

Reghin et al. (2000) avaliaram o efeito da aplicação de Stimulate Mo nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0ml L⁻¹, sobre o pré-enraizamento de mudas de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), com e sem cobertura dos canteiros com tecido de polipropileno. Notou-se que o Stimulate Mo aumentou significativamente o número e o comprimento de raízes de acordo com o aumento da concentração do bioestimulante até o limite de 7,5ml L⁻¹. Não foram verificados quaisquer efeitos de fitotoxidez. Tais resultados indicaram que o produto pode ser utilizado como estimulador de crescimento radicular de plantas.

Vieira (2001) observou que a aplicação do Stimulate®, via semente, na concentração de 7,0ml kg⁻¹ de sementes favoreceu significativamente a germinação de sementes e o vigor de plântulas de soja, feijoeiro e arroz. Tal resultado confirma um possível efeito sinérgico entre estes hormônios vegetais.

A aplicação de Stimulate® em soja, via tratamento de semente e/ou via foliar foi avaliada por Rodrigues et al. (2002). Esses autores concluíram que o tratamento de sementes com o produto na concentração de 4ml kg⁻¹ de sementes, combinado com a aplicação foliar 30 dias após a semeadura de 750ml 120L⁻¹ de água, geraram maiores valores de área foliar e maiores incrementos na produtividade da cultura.

Geiss et al. (2005a) verificaram que, em gerânio, a pulverização foliar de Stimulate® na concentração de 258ml 100L⁻¹ de água promoveu um aumento de 53% no número de flores por umbela. Também, foi verificado um ligeiro aumento no número de umbelas por planta, porém sem diferenças estatisticamente significativas. Esses resultados demonstraram a potencialidade de utilização de bioestimulantes para melhoria de qualidade em plantas ornamentais. Estes mesmos autores obtiveram um aumento de 76% no número de botões florais por planta de gerbera com a pulverização foliar de Stimulate®, na concentração de 301ml 100L⁻¹ de água, possibilitando a obtenção de plantas com maior potencial ornamental e maior demanda pelo mercado (GEISS et al., 2005b).

Aplicações foliares de Stimulate® nas concentrações de 1,7 e 3,4ml L⁻¹, no estágio de desenvolvimento V5, proporcionaram aumentos significativos na área e massa de matéria seca de

raízes e diminuição na área foliar e massa de matéria seca de parte aérea em plantas de soja, sugerindo uma possível interação entre auxinas, giberelinas e citocininas, presentes no Stimulate[®], favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular (CATO et al., 2005).

Embora outros produtos classificados como bioestimulantes sejam utilizados comercialmente no Brasil, estes geralmente não informam em seus rótulos os biorreguladores presentes em suas formulações, assim como, os teores dos mesmos, dificultando associar os efeitos dos mesmos aos benefícios proporcionados pela aplicação de reguladores vegetais das diferentes classes hoje reconhecidas.

Referências

ARTECA, R.N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: Chapman & Hall, 1996. 332p.

BEWLEY, J.D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, Rockville, v.9, n.3, p.1055-1056, 1997.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seed: physiology of development and germination**. 2nd.ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

CALDAS, L.S.; HARIDASAN, P.; FERREIRA, M.E. Meios nutritivos. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília: ABCTP; Embrapa CNPH, 1990. p. 37-70.

CASSILAS, V.J.C.; LONDOÑO, I.J.; GUERRERO, A.H.; BUITRAGO, G.L.A. Análisis cuantitativo de la aplicación de cuatro bioestimulantes en el cultivo del rabano (*Raphanus sativus* L.). **Acta Agronomica**, Palmira, v.36, n.32, p.185-195, 1986.

CASTRO, P.R.C. **Utilização de reguladores vegetais na fruticultura, na horticultura e em plantas ornamentais**. Piracicaba: ESALQ-DIBD, 1998. 92p.

CASTRO, P.R.C.; MELOTTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. In: BOARETO, A.E.; ROSOLEM, C.A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill, v.1, cap.8, 1989. p.191-235.

CASTRO, P.R.C.; PACHECO, A.C.; MEDINA, C.L. Efeitos de Stimulate e de micro-citros no desenvolvimento vegetativo e na produtividade da laranjeira 'Pêra' (*Citrus sinensis* L. Osbeck). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.2, p.338-341, 1998.

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

CATO, S.C.; CASTRO, P.R.C.; OLIVEIRA, R.F. Desenvolvimento radicular de plantas de soja (*Glycine max* L. Merrill) influenciado por bioestimulante. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Cornélio Procópio: Embrapa Soja, 2005. p.493-493.

GEISS, J.; MIELKE, E.C.; CUQUEL, F.L. Ação do bioestimulante Stimulate na cultura do gerânio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 15., 2005, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade de Olericultura do Brasil, 2005a. p.528.

GEISS, J.; MIELKE, E.C.; CUQUEL, F.L. Efeito de bioestimulante em gérbera. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 15., 2005, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade de Olericultura do Brasil, 2005b. p.528.

GELDNER, N.; FRIML, J.; STIERHOF, Y.D.; JURGENS, G.; PALME, K. Auxin transport inhibitors block PIN1 cycling and vesicle trafficking. **Nature**, London, n.413, p.425-428, 2001.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; GOUVÊA, C.F.; BASSO, L.H. Ação fisiológica de hormônios vegetais na condição hídrica, metabolismo e nutrição mineral. In: CASTRO, P.R.C.; SENA, J.O.A.; KLUGE, R.A.. **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: Eduem, 2002. cap 9, p. 139-158.

JANN, R.C.; AMEN, R.D. What is germination? In: KHAN, A.A. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. Amsterdam: North Holland Publ., 1977. cap.2, p.7-28.

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MILLÉO, M.V.R.; VENANCIO, W.S.; MONFERDINI, M.A. Avaliação da eficiência agrônômica do produto stimulate aplicado no tratamento de sementes e no sulco de plantio sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.7 (supl.), 145 p, 2000.

REGHIN, M.Y.; OTTO, R.F.; SILVA, J.B.C. Stimulate Mo e proteção com 'tecido não tecido' no pré-enraizamento de mudas de mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Botucatu, v.18, n.1, p.53-56, 2000.

RODRIGUES, J.D.; DOMINGUES, M.C.S.; MOREIRA, R.C. Incrementos de produtividade na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill) cv. IAC-18 com a aplicação do biorregulador Stimulate. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE FISIOLÓGÍA VEGETAL, 11., 2002, Punta del Este. **Actas...** Punta del Este: Sociedade Latinoamericana de Fisiologia Vegetal, 2002. p.124-124.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiología vegetal**. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994. 759p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VIEIRA, E.L. **Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.)**. 2001. 122p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VIEIRA, E.L.; MONTEIRO, C.A. Hormônios vegetais. In: CASTRO, P.R.C.; SENA, J.O.A.; KLUGE, R.A. **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá:Eduem, 2002. cap.6, p. 79-104.

YOUNG, L.M.; EVANS, M.L. Patterns of auxin and abscisic acid movement in the tips of gravistimulated primary roots of maize. **Plant Growth Regulation**, Netherlands, v.20, n.3, p.253-258, 1996.

2 ESTUDO DO SINERGISMO ENTRE AUXINAS, GIBERELINAS E CITOCININAS NO DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO E NA FRUTIFICAÇÃO DE *Lycopersicon esculentum* Mill. cv. MICRO-TOM.

Resumo

Freqüentemente discute-se a ação dos hormônios vegetais como se eles agissem independentemente, mas as inter-relações no desenvolvimento vegetal resultam da combinação de muitos sinais, da ação conjunta de muitas dessas substâncias. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação isolada e combinada do ácido giberélico (giberelina), ácido indolbutírico (auxina) e cinetina (citocinina) sobre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de plantas teste de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) do cultivar Micro-Tom, para melhor elucidar as interações entre essas classes hormonais. O experimento foi realizado em casa de vegetação no Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP. Através de pulverização foliar os seguintes tratamentos foram realizados: ácido giberélico (5 mg L^{-1}); ácido indolbutírico (5 mg L^{-1}); cinetina (9 mg L^{-1}); ácido giberélico + ácido indolbutírico ($5 \text{ mg L}^{-1} + 5 \text{ mg L}^{-1}$); ácido giberélico + cinetina ($5 \text{ mg L}^{-1} + 9 \text{ mg L}^{-1}$); ácido indolbutírico + cinetina ($5 \text{ mg L}^{-1} + 9 \text{ mg L}^{-1}$); ácido giberélico + ácido indolbutírico + cinetina ($5 \text{ mg L}^{-1} + 5 \text{ mg L}^{-1} + 9 \text{ mg L}^{-1}$) e Stimulate[®] (diluído dez vezes). As plantas do controle foram pulverizadas com água. Stimulate[®] é um bioestimulante líquido formulado com uma combinação de cinetina (90 mg L^{-1}), ácido giberélico (50 mg L^{-1}) e ácido indolbutírico (50 mg L^{-1}). As variáveis analisadas foram as massas de matéria seca da parte aérea e das raízes para se obter a relação entre elas, as massas de matéria fresca e seca dos frutos e o tamanho dos frutos. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com nove tratamentos e quinze repetições. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey. A aplicação conjunta de ácido giberélico, ácido indolbutírico e cinetina ou de Stimulate[®] promoveu incrementos significativos sobre o acúmulo de matéria seca nas raízes e nas massas de matéria fresca e seca dos frutos com relação ao controle. Palavras-chave: balanço hormonal; reguladores vegetais; sinergismo.

EVALUATION OF THE SINERGISM AMONG AUXINS, GIBBERELLINS AND CYTOKININS ON VEGETATIVE GROWTH AND FRUIT SET OF *Lycopersicon esculentum* Mill. cv. MICRO-TOM.

Abstract

The action of plant hormones is often discussed as if they acted independently, but plant development results from the combination of many signals, the combined action of these substances. The aim of this study was to evaluate the effect of isolated and combined applications of gibberellic acid (gibberellin), indolbutyric acid (auxin) and kinetin (cytokinin) on vegetative and reproductive development of tomato test plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) from Micro-Tom cultivar, to better elucidate the interactions among these hormonal classes. Experiment was carried out in the greenhouse of the Department of Biological Sciences at ESALQ/USP. Foliar application of the following treatments were accomplished: gibberellic acid (5 mg L^{-1}); indolbutyric acid (5 mg L^{-1}); kinetin (9 mg L^{-1}); gibberellic acid + indolbutyric acid ($5 \text{ mg L}^{-1} + 5 \text{ mg L}^{-1}$); gibberellic acid + kinetin ($5 \text{ mg L}^{-1} + 9 \text{ mg L}^{-1}$); indolbutyric acid + kinetin ($5 \text{ mg L}^{-1} + 9 \text{ mg L}^{-1}$); gibberellic acid + indolbutyric acid + kinetin ($5 \text{ mg L}^{-1} + 5 \text{ mg L}^{-1} + 9 \text{ mg L}^{-1}$) and Stimulate[®] (ten times diluted). Plants from the control were sprayed with water. Stimulate[®] is a liquid biostimulant containing kinetin (90 mg L^{-1}), gibberellic acid (50 mg L^{-1}) and indolbutyric

acid (50 mg L^{-1}). Shoot and root dry matter mass, to calculate the relation between them, fresh and dry matter mass of fruits and fruit size were evaluated. The experimental design was completely randomized with 9 treatments and 15 replications. Data were submitted to Tukey's test through SAS program. Combined applications of gibberellic acid, indolbutyric acid and kinetin or Stimulate[®] promoted significative increases on dry matter accumulation on roots and fresh and dry matter mass of fruit compared to the control.

Key words: hormonal balance; plant regulators; synergism.

2.1 Introdução

Há muito tempo sabe-se que substâncias químicas podem controlar o crescimento e desenvolvimento das plantas. Por volta da segunda metade do século XIX, o botânico Júlio Sachs iniciou estudos propondo que o crescimento e desenvolvimento das plantas e de seus órgãos seriam controlados por substâncias de distribuição localizada e ação específica, as quais poderiam ser afetadas por condições ambientais. Tais substâncias são hoje classificadas como hormônios vegetais, definidos como compostos orgânicos, não nutrientes, produzidos nas plantas, capazes de promover, inibir ou modificar processos morfológicos e fisiológicos do vegetal, mesmo em baixíssimas concentrações (10^{-4}M) (CASTRO, 1998). Até recentemente, apenas seis tipos de hormônios eram considerados: auxinas, giberelinas, citocininas, retardadores, inibidores e etileno. Contudo, hoje outras moléculas com efeitos similares têm sido descobertas, tais como, brassinosteróides, ácido jasmônico (jasmonatos), ácido salicílico e poliaminas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Biorreguladores ou reguladores vegetais são compostos orgânicos, naturais ou sintéticos, que aplicados exogenamente em pequenas quantidades, possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos (CALDAS et al., 1990; CASTRO; VIEIRA, 2001). Essas substâncias podem ser aplicadas diretamente nas plantas (folhas, frutos, sementes), provocando alterações nos processos vitais e estruturais, com a finalidade de incrementar a produção, melhorar a qualidade e facilitar a colheita. Podem interferir em processos como germinação, enraizamento, floração, frutificação e senescência. (CASTRO; MELOTTO, 1989).

Embora biorreguladores tenham sido utilizados extensivamente com o objetivo de incrementar a produtividade de culturas de interesse econômico, analisando a bibliografia nota-se uma grande variabilidade nos resultados obtidos em função da cultura, do ambiente e das práticas agrícolas empregadas. Além disso, sabe-se que raramente os hormônios vegetais agem sozinhos, mesmo quando uma resposta no vegetal é atribuída à aplicação de um único regulador vegetal, o

tecido que recebeu a aplicação contém hormônios endógenos que contribuem para as respostas obtidas.

Freqüentemente discute-se a ação dos hormônios vegetais como se eles agissem independentemente, mas as inter-relações no desenvolvimento vegetal resultam da combinação de muitos sinais, mensageiros secundários e da ação conjunta de muitas dessas substâncias. Estudos com plantas intactas ou com tecidos vegetais isolados têm evidenciado a existência de interações sinérgicas, antagônicas e aditivas entre dois ou mais hormônios vegetais.

Auxinas e citocininas atuam sinergicamente para regular divisão celular e antagonicamente para controlar a formação de gemas e raízes laterais, sugerindo múltiplos mecanismos de interação (COENEN; LOMAX, 1997).

Auxinas e giberelinas controlam processos separados que juntos contribuem para o alongamento da haste, sugerindo um efeito aditivo, sendo que a auxina estimula o crescimento pela expansão celular e a giberelina atua tanto na expansão quanto no número de células (YANG et al., 1996).

Valio e Schwabe (1978) observaram uma interação negativa entre giberelina e citocinina sobre o alongamento da haste de feijoeiro. Leite et al. (2003) também notaram que estes dois fitorreguladores quando aplicados separadamente promoveram alongamento da haste de plantas de soja, mas quando aplicados juntos, a citocinina inibiu os efeitos da giberelina, diminuindo o porte das plantas, as quais apresentaram uma diminuição no número de nós, no diâmetro do caule, na área foliar e na produção de matéria seca, sem quaisquer efeitos sobre o número de folhas, ramificações e matéria seca de raízes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação isolada e combinada do ácido giberélico (giberelina), ácido indolbutírico (auxina) e cinetina (citocinina) sobre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de plantas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Micro-Tom), para melhor elucidar as interações entre essas classes hormonais.

O chamado cultivar Micro-Tom foi proposto por Meissner et al. (1997) como um modelo genético em função de seu pequeno porte (8cm) e ciclo de vida curto (70 a 90 dias). Segundo Peres (2002) a utilização de tomateiro 'Micro-Tom', bem como mutações apresentando alterações no metabolismo e sensibilidade a diversas classes de hormônios vegetais é o melhor modelo para se estudar as diferentes classes de biorreguladores e suas interações.

2.2 Material e métodos

Plântulas do cultivar Micro-Tom de tomateiro, *Lycopersicon esculentum* Mill., foram plantadas em pequenos vasos de 150 ml, contendo como substrato uma mistura, na proporção de 1:1, de vermiculita e Plantmax[®], calcário e nitrogênio, fósforo e potássio. Estes vasos foram mantidos em casa de vegetação no Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP em um sistema de irrigação por canaleta, no período de 16 de setembro a 8 de dezembro de 2004.

Os seguintes tratamentos foram pulverizados por três vezes nas plantas de tomateiro, com intervalo de uma semana, sendo uma pulverização durante a fase vegetativa e duas durante o florescimento: ácido giberélico (5 mg L⁻¹); ácido indolbutírico (5 mg L⁻¹); cinetina (9 mg L⁻¹); ácido giberélico + ácido indolbutírico (5 mg L⁻¹ + 5 mg L⁻¹); ácido giberélico + cinetina (5 mg L⁻¹ + 9 mg L⁻¹); ácido indolbutírico + cinetina (5 mg L⁻¹ + 9 mg L⁻¹); ácido giberélico + ácido indolbutírico + cinetina (5 mg L⁻¹ + 5 mg L⁻¹ + 9 mg L⁻¹) e Stimulate[®] (diluído dez vezes). As plantas do controle foram pulverizadas com água.

Stimulate[®] é um bioestimulante líquido formulado com uma combinação de cinetina (90 mg L⁻¹), ácido giberélico (50 mg L⁻¹) e ácido indolbutírico (50 mg L⁻¹).

Antes do florescimento determinou-se a massa de matéria seca da parte aérea e das raízes para se obter a relação entre elas. Com a colheita dos frutos maduros avaliaram-se a massa de matéria fresca e seca dos frutos e o tamanho dos frutos.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com nove tratamentos e quinze repetições. Os dados obtidos foram submetidos ao teste F para verificação dos efeitos dos tratamentos sobre os parâmetros avaliados. Em seguida, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey.

2.3 Resultados e discussão

Conforme os resultados apresentados na Tabela 2.1, verifica-se que sempre que o ácido indolbutírico esteve presente, isolado, em dupla ou com outros dois biorreguladores, houve um incremento em comparação ao controle, na massa de matéria seca das raízes com relação à massa de matéria seca da parte aérea, provavelmente devido modificação na relação fonte-dreno, sugerindo que o ácido indolbutírico incrementa a força de dreno de carboidratos para o sistema radicular em função do teor de auxina aplicada.

Somente o efeito sinérgico dos três biorreguladores ácido giberélico, ácido indolbutírico e cinetina ou Stimulate[®] promoveu incrementos no sistema radicular capazes de fazer a relação entre a massa de matéria seca das raízes e da parte aérea diferir do controle (Tabela 2.1).

A massa de matéria fresca dos frutos do tomateiro 'Micro-Tom' também foi aumentada significativamente devido ao sinergismo entre os três biorreguladores (ácido giberélico, ácido indolbutírico e cinetina ou Stimulate[®]), sendo que a aplicação do ácido giberélico isoladamente também aumentou este parâmetro com relação ao controle (Tabela 2.1).

Quanto à massa de matéria seca dos frutos, acúmulo de carboidratos, esta foi maior no tratamento com os três biorreguladores (ácido giberélico, ácido indolbutírico e cinetina ou Stimulate[®]), sendo que para este parâmetro, os tratamentos com ácido giberélico; ácido giberélico + cinetina; ácido indolbutírico + cinetina; ácido giberélico + ácido indolbutírico também diferiram do controle, conforme a Tabela 2.1.

A utilização dos três biorreguladores (ácido giberélico, ácido indolbutírico e cinetina ou Stimulate[®]) e de ácido indolbutírico + cinetina aumentou o tamanho dos frutos em relação ao tratamento ácido giberélico + cinetina, de acordo com a Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Relação entre as massas de matéria seca de parte aérea e de raízes, massa de matéria seca e fresca de frutos e tamanho de frutos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Micro-Tom)

Tratamentos	MSAérea/ MSRaiz	MSRaiz/ MSAérea	Massa Fresca Frutos	Massa Seca Frutos	Tamanho Frutos
	g	g	g	g	cm
Controle	9,65 a	0,11 c	39,27 cde	4,65 d	1,76 abc
GA	7,00 abc	0,17 bc	47,10 ab	13,55 ab	1,70 bc
IBA	5,67 bc	0,18 abc	46,35 abc	8,14 cd	1,89 abc
CN	9,06 ab	0,11 c	42,45 bcd	8,25 cd	1,85 abc
GA+IBA	4,90 c	0,22 abc	38,37 de	9,71 bc	1,83 abc
GA+CN	6,36 abc	0,18 bc	34,62 e	13,65 ab	1,66 c
IBA+CN	6,27 c	0,16 bc	43,75 bcd	13,34 ab	2,13 ab
GA+IBA+CN	3,11 c	0,35 a	51,45 a	15,75 a	2,16 a
Stimulate®	3,54 c	0,35 ab	51,70 a	15,00 a	2,17 a
F (Trat)	6,86**	5,50**	13,23**	17,17**	4,56**
C.V. (%)	30,64	40,55	8,98	19,70	11,89

Médias seguidas de uma mesma letra dentro de uma mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

MSAérea = massa de matéria seca da parte aérea; MSAraiz = massa de matéria seca das raízes; GA = ácido giberélico; IBA = ácido indolbutírico; CN = cinetina.

Na Figura 2.1, verifica-se, em plantas tratadas com ácido giberélico (GA₃) isoladamente, internódios mais longos e atraso na emissão de flores. Segundo relatado por Taiz e Zeiger (2004), por promover alongamento e divisão celular, a giberelina estimula alongamento de internódios. Também, há evidências de que o ácido giberélico atrasou a emissão de flores nas plantas de tomateiro ‘Micro-Tom’.

Quanto às aplicações isoladas de ácido indolbutírico (IBA), ao contrário do ocorrido nas plantas tratadas com cinetina (CN), verificou-se ausência de brotações laterais (dominância apical), fenômeno este associado às auxinas (Figura 2.1).

As plantas tratadas com cinetina (CN) isoladamente, exibiram um porte mais baixo e excesso de estímulo ao desenvolvimento de gemas laterais (Figura 2.1).

Figura 2.1 – Plantas de tomateiro do cultivar Micro-Tom, submetidas a diferentes tratamentos, comparadas ao controle

GA₃ = ácido giberélico; IBA = ácido indolbutírico; CN = Cinetina.

Quando aplicados em dupla, GA₃ + IBA; GA₃ + CN e IBA + CN ou os três, GA₃ + IBA + CN ou Stimulate[®], parece ter havido uma combinação dos efeitos de cada um dos reguladores vegetais promovendo um desenvolvimento de parte aérea mais equilibrado.

Este trabalho mostra a possibilidade de estudos futuros para avaliar morfológicamente as alterações ocorridas nos tecidos vegetais de plantas tratadas com reguladores vegetais, assim como, estudos sobre alterações na arquitetura de parte aérea e de sistema radicular.

2.4 Conclusões

A aplicação conjunta de ácido giberélico, ácido indolbutírico e cinetina ou de Stimulate[®] promoveu incrementos significativos sobre o acúmulo de matéria seca nas raízes e nas massas de matéria fresca e seca dos frutos com relação ao controle.

Referências

CALDAS, L.S.; HARIDASAN, P.; FERREIRA, M.E. Meios nutritivos. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S. **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas**. Brasília: ABCTP; Embrapa CNPH, 1990. p. 37-70.

CASTRO, P.R.C. **Utilização de reguladores vegetais na fruticultura, na horticultura e em plantas ornamentais**. Piracicaba: ESALQ-DIBD, 1998. 92p.

CASTRO, P.R.C.; MELOTTO, E. Bioestimulantes e hormônios aplicados via foliar. In: BOARETO, A.E.; ROSOLEM, C.A. **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. v.1, cap.8, p.191-235.

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

COENEN, C.; LOMAX, T.L. Auxin-cytokinin interactions in higher plants: old problems and new tools. **Trends in Plant Science**, New York, v. 2, n. 9, p. 351-356, 1997.

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

MEISSNER, R.; JACOBSON, Y.; MELAMED, S.; LEVYATUV, S.; SHALEV, G.; ASHRI, A.; ELKIND, Y.; LEVY, A. A new model system for tomato genetics. **The Plant Journal**, Gainesville, v. 12, p. 1465-1472, 1997.

PERES, L.E.P. Uso de mutantes e plantas transgênicas de micro-tomateiro (*Lycopersicon esculentum* cv. Micro-Tom) no estudo do controle hormonal múltiplo do desenvolvimento. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE FISIOLÓGÍA VEGETAL, 11., 2002, Punta del Este. **Actas...** Punta del Este: Sociedade Latinoamericana de Fisiología Vegetal, 2002. p.36.

VALIO, I.F.M.; SCHWABE, W.W. Correlative growth in seedlings of *Phaseolus vulgaris* L.: inhibition of stem growth by the primary leaves. **Annals of Botany**, Bristol, v. 42, p. 263-268, 1978.

YANG, T.; DAVIES, P.J.; REID, J.B. Genetic dissection of the relative roles of auxin and gibberellin in the regulation of stem elongation in intact light-grown peas. **Plant Physiology**, Rockville, v. 110, p. 1029-1034, 1996.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

3 GERMINAÇÃO DE SEMENTES, VIGOR DE PLÂNTULAS, CRESCIMENTO RADICULAR E PRODUÇÃO DE PLANTAS DE AMENDOINZEIRO INFLUENCIADAS POR BIOESTIMULANTE

Resumo

Hormônios vegetais têm o papel de controlar os diversos processos do desenvolvimento vegetal. A aplicação tanto de biorreguladores quanto de bioestimulantes pode promover alterações durante o desenvolvimento vegetal e, têm sido utilizados com a finalidade de incrementar a produtividade de culturas de interesse econômico. Objetivou-se avaliar os efeitos do bioestimulante Stimulate[®] (90 mg L⁻¹ de cinetina, 50 mg L⁻¹ de ácido giberélico e 50 mg L⁻¹ de ácido indolbutírico) sobre a germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produção de plantas do amendoineiro cultivar IAC-Tatu ST, aplicado nas concentrações de 0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0 ml kg⁻¹ de sementes. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Sementes do Departamento de Produção Vegetal e em casa de vegetação no Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP de janeiro de 2004 a dezembro de 2005. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 4 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial através do programa SAS. Stimulate[®] nas concentrações de 3,5 a 5,0 ml kg⁻¹ de sementes proporcionou aumentos significativos na porcentagem de plântulas normais, no comprimento do hipocótilo e da raiz primária de plântulas de amendoineiro, no crescimento radicular vertical e total, na velocidade de crescimento radicular vertical, na massa de matéria seca e número de vagens e grãos por planta do cultivar IAC-Tatu ST.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L.; reguladores vegetais; produtividade

SEED GERMINATION, SEEDLING VIGOR, ROOT GROWTH AND YIELD OF PEANUT PLANTS AFFECTED BY BIOSTIMULANT

Abstract

Plant hormones can control several processes of plant development. Application of both bioregulators and biostimulants can promote changes during plant development and, they had been used aiming to enhance yield of crops. The objective was to evaluate the effects of the biostimulant Stimulate[®] (90 mg L⁻¹ of kinetin, 50 mg L⁻¹ of gibberellic acid and 50 mg L⁻¹ of indolbutyric acid) on seed germination, seedling vigor, root growth and yield of peanut plants cultivar IAC-Tatu ST, applied on seeds at 0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 and 10.0 ml kg⁻¹ of seeds. Experiments were carried out on the Laboratory of Seeds of the Department of Plant Production and in the greenhouse of the Department of Biological Sciences at ESALQ/USP from January, 2004 to December, 2005. The experimental design was completely randomized with 6 treatments and 4 replications. Data were submitted to variance analysis and polynomial regression through SAS program. Stimulate[®] at the concentrations of 3.5 to 5.0 ml kg⁻¹ of seeds significantly increased the percentage of normal seedlings, hypocotyl and primary root length of peanut seedlings, vertical and total root growth, vertical root growth speed, number and dry matter mass of pods and grains per plant of IAC-Tatu ST cultivar.

Key words: *Arachis hypogaea* L.; plant regulators; yield

3.1 Introdução

O cultivo do amendoimzeiro destina-se, principalmente, à obtenção de sementes para extração de óleo. As sementes também são consumidas “in natura”, torradas ou empregadas na arte culinária na confecção de doces. O óleo além do seu consumo direto na alimentação humana é utilizado na indústria de conservas, de alimentos enlatados e de produtos medicinais. A torta, subproduto da extração do óleo, tem elevado valor comercial, pois devido à sua riqueza em proteína, é destinada à alimentação animal, sob a forma de farelo. As ramas da planta (hastes e folhas) em culturas bem conduzidas representam excelente alimento para ser usado como forragem na forma de feno. Com o advento das pesquisas sobre biodiesel a partir de óleos vegetais, a cultura do amendoimzeiro, dentre outras, passa a ter maior importância (CAMARA, 2004).

Os componentes da produtividade do amendoimzeiro, tais como, número de plantas por unidade de área, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e massa média de sementes, são determinados por processos fenológicos como germinação, desenvolvimento vegetativo, florescimento, frutificação e maturação. Dentre os diversos fatores que podem afetar essas fases do desenvolvimento das culturas, os reguladores vegetais desempenham um papel importante podendo uniformizar a germinação, controlar o desenvolvimento vegetativo, aumentar a fixação de flores e frutos e antecipar ou atrasar a maturação.

A principal razão para o uso de reguladores vegetais em amendoimzeiro tem sido reduzir o crescimento vegetativo, o qual é maior do que o necessário para a máxima produtividade. Neste caso, nutrientes e fotossintetizados são direcionados ao crescimento vegetativo, em detrimento ao desenvolvimento de estruturas reprodutivas. Outro fator importante a se considerar é que o excessivo desenvolvimento vegetativo, principalmente sob condições de alta umidade relativa, favorece a maior incidência de doenças.

Na década de 70 o uso de daminozide tornou-se prática intensiva na estratégia de manejo para a produção do amendoimzeiro (GORBET; KNAUFT, 1990), visando reduzir o crescimento vegetativo excessivo. Este retardador de crescimento que inibe a ação da triptamina oxidase e, consequentemente, a passagem da triptamina a 3-indolilacetaldeído, na biossíntese endógena do ácido indolilacético, alterava a arquitetura da copa através da redução dos entrenós, suprimindo consistentemente o crescimento vegetativo excessivo, porém com variáveis respostas à

produtividade e qualidade (BROWN; ETHREDGE, 1974; BROWN et al., 1973; GORBET; RHOADS, 1975; WU; SANTELMANN, 1977; WYNNE et al., 1974).

Porém, devido aos resíduos nos produtos colhidos, o daminozide deixou de ser utilizado e outros biorreguladores passaram a ser estudados, entre eles o prohexadione-cálcio, um retardador de crescimento, capaz de reduzir o entrenó de diversas monocotiledôneas e dicotiledôneas, interferindo na formação de giberelinas.

Prohexadione-cálcio tem mostrado reduzir o crescimento vegetativo independentemente do cultivar utilizado (CULPEPPER et al., 1997). Também, a produtividade de vagens, de grãos extra grandes, o valor de mercado e o valor bruto aumentaram quando este retardador foi aplicado (MITCHEM et al., 1996; CULPEPPER et al., 1997).

Outro retardador de crescimento extensivamente estudado na cultura do amendoimzeiro é o chlormequat, que restringe a biossíntese de giberelinas. Alguns dos resultados obtidos referem-se a aumento na produção de grãos (SINGH et al., 1978; SORTE et al., 1989; KELAIYA et al., 1991), maior número de ramificações primárias e secundárias e diminuição do crescimento da haste principal (REDDY; PATYL, 1981; NIGAM et al., 1983; CASTRO; APPEZATO-DA-GLÓRIA, 1993).

Alguns autores também fazem menção ao uso do ácido giberélico (GA_3) aplicado via semente ou foliar. Quando sementes de amendoimzeiro foram tratadas com 10mg L^{-1} de GA_3 verificou-se maior teor de óleo nas sementes colhidas (RAO, 1975). Quando aplicado via foliar, antes do florescimento, verificou-se aumento na altura das plantas, incrementando o comprimento da haste principal e das ramificações (NIGAM et al., 1983). Quando aplicado durante o florescimento e produção de ginóforos notou-se aumento na massa de vagens e tamanho de sementes, mostrando-se mais eficiente quando aplicado na fase de produção de ginóforos. Esta variabilidade observada nos resultados obtidos é devido à época de aplicação, pois os níveis hormonais endógenos e o número de receptores ao regulador vegetal variam em função dos diferentes estádios de desenvolvimento.

O tratamento de sementes com ácido indolilacético a 10mg L^{-1} aumentou a porcentagem de germinação, a produção de óleo e de sementes (SANJEEVAIAH et al., 1967). Kelaiya et al. (1991) notaram que a pulverização do amendoimzeiro com ácido naftalenacético a 40mg L^{-1} , 25 e 50 dias após a semeadura, aumentou a produção de vagens, o índice de área foliar, a massa da matéria seca, a porcentagem de casca, a massa de 100 sementes e o teor de óleo.

A grande variabilidade nos resultados obtidos nos inúmeros trabalhos de pesquisa relatando o uso de reguladores vegetais em amendoazeiro e a necessidade de buscar um tratamento para promoção de um maior equilíbrio entre crescimento vegetativo e reprodutivo, justificou a condução deste trabalho de pesquisa.

3.2 Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Sementes do Departamento de Produção Vegetal e em casa de vegetação do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, no período de janeiro de 2004 a dezembro de 2005. Foram avaliados os efeitos de um bioestimulante líquido sobre parâmetros relacionados à germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produção de plantas de amendoazeiro (*Arachis hypogaea* L. cv. IAC-Tatu ST).

Como bioestimulante foi utilizado um produto líquido, Stimulate[®], contendo 90mg L⁻¹ de cinetina (citocinina), 50mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (auxina), 50mg L⁻¹ de ácido giberélico (giberelina) e 99,98% de ingredientes inertes.

As sementes de amendoazeiro foram tratadas com Stimulate[®] nas concentrações de 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0ml kg⁻¹, completando-se o volume aplicado para 20 ml com água destilada, para evitar a absorção do produto por uma quantidade mínima de sementes e favorecer a uniformização do tratamento. Como tratamento controle foram aplicados 20ml de água destilada em 1,0kg de sementes.

3.2.1 Teste de germinação de sementes e vigor de plântulas

Para a realização do teste de germinação de sementes utilizou-se como substrato papel toalha para germinador, umedecido na proporção de duas vezes e meia o volume de água em relação à massa do papel (MARCOS FILHO et al., 1987). Os rolos compostos por três folhas, sendo duas como base para distribuição das 50 sementes e uma para cobertura das mesmas, foram levados ao germinador à temperatura de 25°C. As avaliações de sementes e plântulas ocorreram aos 5 e 10 dias após a semeadura, de acordo com aos critérios definidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Os resultados foram calculados em porcentagem média de plântulas normais para cada concentração do bioestimulante.

As condições para proceder as avaliações do vigor de plântulas foram as mesmas adotadas para o teste de germinação, exceto o número de sementes que foi de 10 por repetição, as quais foram distribuídas no terço superior do substrato pré-umedecido.

Decorridos 5 dias após a semeadura, determinaram-se os seguintes parâmetros: comprimento da raiz primária e do hipocótilo e massa seca das plântulas de amendoimzeiro.

Para a avaliação da massa seca foram retirados os restantes das sementes com auxílio de uma lâmina e, em seguida, as plântulas foram colocadas em sacos de papel identificados e levados para secar em estufa a 80°C, durante 24 horas. Após este período as amostras foram pesadas em balança de precisão de 0,001g.

3.2.2 Avaliação do crescimento do sistema radicular

Para o acompanhamento e a avaliação do crescimento do sistema radicular foram utilizados rizotrons semicirculares, construídos a partir de tubos de PVC, com altura de 0,59m e diâmetro igual a 0,24m, apresentando uma face plana de vidro com espessura de 4,0mm. Esta face plana foi protegida por uma folha de compensado de madeira, colocada em canaletas laterais de alumínio.

Os rizotrons foram preenchidos com solo corrigido para saturação de bases de 60%, e umedecido próximo à capacidade de campo, a fim de evitar qualquer impedimento ao crescimento do sistema radicular, sendo colocados em casa de vegetação sobre mesa de madeira e inclinados a 25° em sua face de vidro para favorecer o crescimento e o espalhamento das raízes sobre a face interna do vidro e, facilitar a visualização, mensurações e a obtenção dos desenhos dos sistemas radiculares.

Cada rizotron recebeu 4 sementes, as quais foram distribuídas em contato com a face interna do vidro na parte superior central. Imediatamente após o surgimento das primeiras raízes iniciou-se a medição do comprimento das raízes em 2 plântulas por rizotron. Folhas plásticas transparentes, identificadas e afixadas na face externa do vidro foram utilizadas para registrar diariamente o crescimento das raízes. A partir destes desenhos foi possível determinar o crescimento radicular vertical (CRV) em cm e a velocidade de crescimento radicular vertical (VCRV) diário da raiz primária em cm dia^{-1} .

As faces de vidro dos rizotrons também foram fotografadas, sendo as imagens utilizadas para a determinação do comprimento radicular total (CRT), empregando-se o processamento das

imagens por meio do software SIARCS (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), desenvolvido pela EMBRAPA/CNPDI – São Carlos, SP (CESTANA et al., 1994).

Simultaneamente, nas mesmas condições ambientais e utilizando-se o mesmo tipo de substrato dos rizotrons, foi instalado um ensaio de acompanhamento, promovendo-se a semeadura em tubetes de polietileno preto com capacidade de 5,0L. Em cada tubete, duas plantas foram conduzidas com o objetivo de avaliar o acúmulo de massa seca nas raízes e parte aérea, durante o mesmo período das mensurações do crescimento das raízes nos rizotrons. Tanto a parte aérea quanto o sistema radicular destas plântulas foram colocados em sacos de papel e deixados em estufa a 80°C por 72 horas. Após este período, o material foi pesado em balança com precisão de 0,001g, para a obtenção da massa seca.

3.2.3 Avaliação da produção das plantas

Em casa de vegetação, utilizando-se vasos com capacidade de 20kg, realizou-se a semeadura das sementes tratadas. Mantiveram-se as condições de fertilização e irrigação adequadas ao amendoimzeiro. Ao final do ciclo, avaliou-se o número e a massa de matéria seca de vagens e grãos por planta e a massa de matéria seca de parte aérea por planta.

A parte aérea (folhas e hastes), vagens e os grãos das plantas de amendoimzeiro foram colocados em sacos de papel e levados para secar em estufa a 80°C, durante 72 horas, para a obtenção da massa de matéria seca.

O delineamento experimental, nos testes de germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produção de plantas de amendoimzeiro, foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e quatro repetições, constituindo 24 parcelas.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F para verificação dos efeitos dos tratamentos sobre os parâmetros avaliados. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial para o estabelecimento da melhor concentração de Stimulate® para cada uma das variáveis avaliadas.

3.3 Resultados e discussão

Nos testes de germinação de sementes e de vigor de plântulas de amendoimzeiro, verificaram-se, através da análise de variância, efeitos significativos das concentrações de

Stimulate[®] sobre a porcentagem de plântulas normais, comprimento do hipocótilo e da raiz primária de plântulas, conforme apresentado na Tabela 3.1.

Verificam-se efeitos quadráticos sobre a porcentagem de plântulas normais, comprimento do hipocótilo e da raiz primária de plântulas de amendoimzeiro, de acordo com os modelos de regressão polinomial propostos na Figura 3.1.

Tabela 3.1 - Porcentagem de plântulas normais, comprimento do hipocótilo, da raiz primária e massa de matéria seca das plântulas do cultivar de amendoim IAC-Tatu ST, em função de doses de Stimulate[®], avaliados durante os testes de germinação de sementes e vigor de plântulas

Concentração	Plântulas normais	Comprimento do hipocótilo	Comprimento da raiz primária	Massa seca das plântulas
(ml kg ⁻¹)	%	cm	cm	mg
0	83,0	2,97	8,38	83,38
2	89,0	3,39	10,41	100,93
4	94,0	3,59	10,81	85,91
6	89,0	3,20	8,87	82,24
8	88,0	3,11	8,61	74,42
10	84,5	2,86	8,32	88,21
F	3,29*	8,51**	1,77**	1,25^{n.s.}
CV (%)	4,86	5,65	5,60	18,21

^{n.s.}, ** e * - não significativo e significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, de acordo com o teste F da análise de variância.

Figura 3.1 - Porcentagem de plântulas normais, comprimento do hipocótilo e da raiz primária de plântulas do cultivar de amendoimzeiro IAC-Tatu ST, em função de doses de Stimulate[®], avaliados durante os testes de germinação de sementes e vigor de plântulas

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade, de acordo com o modelo de regressão polinomial proposto.

Os maiores incrementos na porcentagem de plântulas, comprimento do hipocótilo e da raiz primária de plântulas de amendoimzeiro foram obtidos com as concentrações estimadas de Stimulate[®] de 4,99; 4,36 e 4,14 ml kg⁻¹ de sementes, respectivamente.

Quanto aos parâmetros avaliados no sistema radicular nos testes conduzidos em rizotrons, verificaram-se, através da análise de variância, efeitos significativos das concentrações de Stimulate[®] sobre todos os parâmetros, crescimento radicular vertical, velocidade de crescimento radicular vertical e crescimento radicular total. Porém, para os parâmetros avaliados durante o teste de acompanhamento em tubetes, massa de matéria seca de parte aérea e de raízes, não se verificaram efeitos significativos, conforme apresentado na Tabela 3.2.

É provável que os efeitos positivos do Stimulate[®] observados sobre a porcentagem de plântulas normais e o comprimento do hipocótilo e da raiz primária tenham sido em função do papel e das interações entre auxinas, citocininas e giberelinas presentes neste bioestimulante, pois, de acordo com Marcos Filho (2005), dentre os fatores internos que influenciam a velocidade, a porcentagem e a uniformidade de germinação de uma população de sementes estão os fitormônios. Durante a germinação, as auxinas favorecem a permeabilidade das membranas e o crescimento da raiz primária e do caule. As giberelinas atuam durante a digestão, estimulando a síntese e a atividade de enzimas. As citocininas estimulam a divisão e o alongamento celular e, também, atenuam efeitos de substâncias inibidoras da germinação, como o ácido abscísico e cumarinas.

Tabela 3.2 - Crescimento radicular vertical (CRV), velocidade de crescimento radicular vertical (VCRV) e crescimento radicular total (CRT), massa de matéria seca de parte aérea e de raízes de plantas do cultivar de amendoimzeiro IAC-Tatu ST, em função de doses de Stimulate[®], desenvolvidas em rizotrons e em tubetes

Concentração	CRV	VCRV	CRT	Massa seca aérea	Massa seca raízes
(ml kg ⁻¹)	cm	cm dia ⁻¹	cm	mg	mg
0	43,77	4,37	573,23	424,50	170,17
2	43,12	4,31	401,05	421,16	155,50
4	44,83	4,48	600,62	452,66	163,00
6	47,45	4,75	647,88	381,50	136,50
8	49,48	4,95	647,43	373,66	179,33
10	47,43	4,74	1012,72	430,17	140,50
F	7,40^{**}	7,40^{**}	2,00[*]	1,69^{n.s.}	0,25^{n.s.}
CV (%)	4,44	4,44	43,96	12,59	47,79

n.s., ** e * - não significativo e significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, de acordo com o teste F da análise de variância.

Verificam-se efeitos lineares sobre todos os parâmetros avaliados no sistema radicular de plantas desenvolvidas em rizotrons, de acordo com os modelos de regressão polinomial propostos na Figura 3.2.

Figura 3.2 - Crescimento radicular vertical, velocidade de crescimento radicular vertical e crescimento radicular total de plantas do cultivar de amendoimzeiro IAC-Tatu ST, em função de doses de Stimulate[®], avaliados durante os ensaios conduzidos em rizotrons

** e * - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, de acordo com o modelo de regressão polinomial proposto.

Para os parâmetros apresentados na Figura 3.2, não foi possível estabelecer os valores máximos dentro das concentrações do bioestimulante avaliado, sugerindo que concentrações superiores a 10ml kg⁻¹ de sementes podem ser testadas em experimentos futuros.

Houve incrementos de 0,57 e 42,6cm no crescimento radicular vertical e no crescimento radicular total, para cada 1ml de Stimulate® acrescido no tratamento de sementes de amendoim. No caso da velocidade de crescimento radicular vertical, este acréscimo foi de 0,06cm dia⁻¹.

Aumentos de 6,6; 6,6 e 49,1% no crescimento radicular vertical, na velocidade de crescimento radicular vertical e no crescimento radicular total de plantas de amendoimzeiro, respectivamente, foram registrados com a concentração de Stimulate® de 5ml kg⁻¹ de sementes, em relação ao controle.

Os incrementos observados no desenvolvimento do sistema radicular podem exercer fortes influências na produtividade das culturas, pois como os recursos dos solos, água e nutrientes, estão irregularmente distribuídos, quanto maior a habilidade das plantas em distribuir seu sistema radicular no solo, melhor sua capacidade em explorar eficientemente estes recursos.

Principalmente, as auxinas e citocininas presentes no Stimulate® podem ter contribuído para proporcionar maior crescimento do sistema radicular, pois de acordo com Taiz e Zeiger (2004), as giberelinas aumentam tanto o alongamento quanto a divisão celular, tendo efeito sobre o desenvolvimento do sistema radicular. As auxinas e citocininas exercem regulação da alongação da raiz principal e na formação de raízes laterais. Uma alta relação auxina:citocinina favorece a formação de raízes laterais.

No experimento para avaliação de parâmetros relacionados à produção de plantas, verificaram-se, através da análise de variância, efeitos significativos das concentrações de Stimulate® sobre a massa de matéria seca e o número de vagens e de grãos por planta, conforme apresentado na Tabela 3.3. Não se verificou efeito significativo sobre a massa seca de parte aérea por planta.

Tabela 3.3 - Massa de matéria seca e número de vagens e de grãos por planta e massa de matéria seca de parte aérea por planta do cultivar de amendoimzeiro IAC-Tatu ST, em função de doses de Stimulate[®], desenvolvidas em vasos em casa de vegetação

Concentração	Massa seca parte aérea	Massa seca vagens	Massa seca grãos	Nº de vagens	Nº de grãos
(ml kg ⁻¹)	g	g	g	---	---
0	29,06	24,62	21,63	26,2	46,20
2	26,25	25,46	22,05	32,00	55,20
4	30,09	31,16	27,40	34,60	57,40
6	24,70	27,81	23,39	31,5	54,40
8	32,13	23,87	18,38	27,10	41,40
10	31,17	20,39	15,61	26,20	34,60
F	1,13^{n.s.}	4,79^{**}	6,07^{**}	1,48[*]	4,87^{**}
CV (%)	21,04	14,61	17,28	22,15	18,96

n.s., ** e * - não significativo e significativo ao nível de 1% e 5 % de probabilidade, respectivamente, de acordo com o teste F da análise de variância.

Para as variáveis, massa de matéria seca e número de vagens e de grãos por planta, verificam-se efeitos quadráticos das concentrações de Stimulate[®], de acordo com os modelos de regressão polinomial propostos na Figura 3.3.

Conforme verificado na Tabela 3.3, não houve efeito das concentrações de Stimulate[®] sobre a massa seca de matéria seca de parte aérea, mas incremento de 17% na massa de matéria seca de grãos por planta foi obtido com a concentração estimada do bioestimulante de 3,74 ml kg⁻¹ de sementes.

Os maiores incrementos na massa de matéria seca e no número de vagens por planta, sendo de 19,6 e 20,8%, respectivamente, foram obtidos com as concentrações de Stimulate[®] de 4,2 e 4,54ml kg⁻¹ de sementes, respectivamente.

Figura 3.3 - Massa de matéria seca das vagens e dos grãos e número de vagens e grãos por planta do cultivar de amendoineiro IAC-Tatu ST, em função de doses de Stimulate[®], avaliados o experimento conduzido em vasos em casa de vegetação

** e * - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, de acordo com o modelo de regressão polinomial proposto.

Isto sugere que o Stimulate[®] aumentou a eficiência das plantas de amendoineiro, provavelmente favorecendo a translocação de fotossintetizados para o desenvolvimento de estruturas reprodutivas.

Vieira e Castro (2001) obtiveram resultados semelhantes para a aplicação de Stimulate[®] via tratamento de sementes de soja. A concentração de Stimulate[®] de 7,0ml kg⁻¹ de sementes proporcionou a máxima quantidade de plântulas normais. Obteve-se, também, incremento de 55,3% na massa seca de plântulas com a concentração de 8,2ml kg⁻¹ de sementes. O crescimento radicular vertical foi máximo na concentração de 1,3ml e, incrementos de 2ml de Stimulate[®]/kg de sementes proporcionaram acréscimos significativos na produção de grãos e de massa seca de grãos por planta.

A produção de qualquer cultura é determinada pela interceptação de luz solar, a conversão de matéria seca e a produção de biomassa, dependendo das características específicas das plantas, da comunidade vegetal e da interação do processo de crescimento com os fatores ambientais. Hampton (2002) considera inegável que o vigor das sementes exerce profunda influência na produção econômica, mediante seus efeitos sobre o estabelecimento do estande, o desenvolvimento das plantas e a produção final.

3.4 Conclusões

Pode-se concluir que o Stimulate[®], aplicado via tratamento de sementes, no intervalo de concentrações de 3,5 a 5,0ml kg⁻¹ de sementes, proporcionou aumentos significativos na porcentagem de plântulas normais, no comprimento do hypocótilo e da raiz primária de plântulas de amendoimzeiro, no crescimento radicular vertical e total, na velocidade de crescimento radicular vertical, na massa de matéria seca e número de vagens e grãos por planta do cultivar IAC-Tatu ST.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. 2.ed. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal, 1992. 365p.

BROWN, R.H.; ETHREDGE, W.J. Effects of succinic acid 2,2-dimethylhydrazide on yield and other characteristics of peanut cultivars. **Peanut Science**, Stillwater, v. 1, p. 20-23, 1974.

BROWN, R.H.; ETHREDGE, W.J.; KING, J.W. Influence of succinic acid 2,2-dimethylhydrazide on yield and morphological characteristics of Starr peanut. **Crop Science**, Madison, v. 13, p. 507-510, 1973.

CAMARA, G.M.S. **Introdução ao agronegócio do amendoim**. Piracicaba: USP/ESALQ, 2004. 17p.

CASTRO, P.R.C.; APPEZZATO-DA-GLORIA, B. Efeitos de reguladores vegetais no desenvolvimento e na produtividade do amendoimzeiro (*Arachis hypogaea L.*). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 50, n. 2, p. 176-184, 1993.

CESTANA, S.; GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; RALISCH, R.; TOZZI, C.L.; TORRE, A.; VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliado por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.365-371, 1994.

CULPEPPER, A.S.; JORDAN, D.L.; BATTS, R.B.; YORK, A.C. Peanut response to prohexadione calcium as affected by cultivar and digging date. **Peanut Science**, Stillwater, v. 24, p. 85-89, 1997.

GORBET, D.W.; KNAUFT, D.A. Agronomic response of Virginia and runner market type peanuts to the growth regulator SADH. **Soil & Crop Science Society of Florida**, Gainesville, v. 49, p. 132-134, 1990.

GORBET, D.W.; RHOADS, F.M. Response of two peanut cultivars to irrigation and Kylar. **Agronomy Journal**, Madison, v. 67, p. 373-376, 1975.

HAMPTON, J.G. What is seed quality? **Seed Science and Technology**, Zurich, v.30, n.1, p. 1-10, 2002.

KELAIYA, V.V.; JETHWA, M.G.; PATEL, J.C.; SADARIA, S.G. Effect of growth regulators and their spraying schedules on groundnut. **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v. 36, n. 1, p. 111-113, 1991.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade fisiológica das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

MITCHEM, W.E.; YORK, A.C.; BATTS, R.B. Peanut response to prohexadione calcium, a new plant growth regulator. **Peanut Science**, Stillwater, v. 23, p. 1-9, 1996.

NIGAM, R.K.; VARKEY, M.; REUBEN, D.E. Effects of gibberellic acid B-9 and CCC on the growth and flower sex in *Arachis hypogaea*. **Indian Journal of Agricultural Research**, New Delhi, v. 17, n. ½, p. 17-24, 1983.

RAO, S.P. Effects of seed treatment with phytohormones on seed yield and quality of peas and groundnuts. **Indian Journal of Agricultural Research**, New Delhi, v. 9, n. 3, p. 121-126, 1975.

REDDY, S.C.V.; PATYL, S.V. Effect of growth retardants on yield and yield attributes of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). **Mysore Journal Agricultural Science**, Bangalore, v. 15, n. 2, p. 238-241, 1981.

SANJEEVAIAH, B.S.; PHANISHAYI, G.; RAJASHEKARA, B.G. Response of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) to plant growth regulators. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 1, n. 2, p. 81-87, 1967.

SINGH, G.; SEKHON, N.; KAUR, M. Effect of growth-regulators on some yield contributing parameters in *Arachis hypogaea* L. **Journal of Research**, Ludhiana, v. 15, n. 12, p. 106-111, 1978.

SORTE, N.V.; DEOTALE, R.D.; RATNAPARKHI, V.P.; SHASTRI, N.R. Effect of foliar application of Cycocel on peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Annals of Plant Physiology**, Maharashtra, v. 3, n. 2, p. 203-211, 1989.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.23, n.2, p.222-228, 2001.

WU, C.H.; SANTELMANN, P.W. Influence of six plant growth regulators on spanish peanuts. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, p. 521-522, 1977.

WYNNE, J.C.; BAKER, W.R.Jr.; RICE, W. Effects of spacing and a growth regulator, Kylar, on size and yield of fruit of Virginia-type peanut cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v. 66, p. 192-194, 1974.

4 GERMINAÇÃO DE SEMENTES, VIGOR DE PLÂNTULAS, CRESCIMENTO RADICULAR E PRODUÇÃO DE PLANTAS DE SORGO INFLUENCIADAS POR BIOESTIMULANTE

Resumo

O uso de biorreguladores e bioestimulantes pode promover alterações ao longo do desenvolvimento vegetal e, estes têm sido aplicados com a finalidade de incrementar a produtividade de várias culturas de interesse econômico. Objetivou-se, com este trabalho, avaliar os efeitos do bioestimulante Stimulate® (90mg L⁻¹ de cinetina, 50mg L⁻¹ de ácido giberélico e 50mg L⁻¹ de ácido indolbutírico) sobre a germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produção de plantas do híbrido de sorgo 822 da Dow AgroScience, aplicado nas concentrações de 0; 4,0; 8,0; 12,0; 16,0 e 20,0ml kg⁻¹ de sementes. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Sementes do Departamento de produção Vegetal e em casa de vegetação no Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP de janeiro de 2004 a dezembro de 2005. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 4 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial através do programa SAS. Os resultados mostraram que o Stimulate®, aplicado via tratamento de sementes, em concentrações crescentes, gerou incrementos na massa de matéria seca de plântulas, no crescimento radicular vertical e total, na velocidade de crescimento radicular vertical e na massa de matéria seca de parte aérea de plantas de sorgo desenvolvidas em tubetes, porém, com redução na massa de matéria seca de raízes. Nos experimentos para avaliação da produção por planta, no intervalo de concentrações de 10 a 13ml kg⁻¹ de sementes, o Stimulate® proporcionou aumentos significativos na massa de matéria seca de parte aérea, de panículas e de grãos e no comprimento de panículas de plantas do híbrido de sorgo 822 da Dow AgroScience.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor* (L.) Moench; reguladores vegetais; produtividade

SEED GERMINATION, SEEDLING VIGOR, ROOT GROWTH AND YIELD OF SORGHUM PLANTS AFFECTED BY BIOSTIMULANT

Abstract

Application of both bioregulators and biostimulants can promote changes during plant development and, they had been used aiming to enhance yield of crops. The objective was to evaluate the effects of the biostimulant Stimulate® (90mg L⁻¹ of kinetin, 50mg L⁻¹ of gibberellic acid and 50mg L⁻¹ of indolbutyric acid) on seed germination, seedling vigor, root growth and yield of sorghum plants Dow AgroScienc hybrid 822, applied on seeds at 0, 4.0, 8.0, 12.0, 16.0 and 20.0ml kg⁻¹ of seeds. Experiments were carried out on the Laboratory of Seeds of the Department of Plant Production and in the greenhouse of the Department of Biological Sciences at ESALQ/USP from January, 2004 to December, 2005. The experimental design was completely randomized with 6 treatments and 4 replications. Results showed that Stimulate® at increasing concentrations enhanced seedling dry matter mass, vertical and total root growth, vertical root growth speed and shoot dry matter mass of sorghum plants developed in tubes, but reduced root dry matter mass. On the experiments to determine plant production, Stimulate® at the concentrations of 10 to 13ml kg⁻¹ of seeds significantly increased dry matter mass of shoot, panicles and grains and panicle length of sorghum plants Dow AgroScienc hybrid 822.

Key words: *Arachis hypogaea* L.; plant regulators; yield

4.1 Introdução

O sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench é um cereal de grande importância na obtenção de alimentos em alguns países, principalmente em regiões onde a deficiência hídrica ou a distribuição irregular de chuva constituem fatores limitantes ao cultivo de outros cereais. Está entre os cereais de maior importância no mundo, juntamente com o trigo, milho, arroz e cevada, apresentando grande potencial para produção de grãos, forragem e álcool. O sorgo é utilizado no Brasil, em quase sua totalidade, na alimentação animal como feno ou silagem e como substituto parcial do milho. A decisão de substituir o milho utilizado em rações animais pelo sorgo, adotada no México e Argentina, tem sido um dos fatores responsáveis pela expansão da cultura (AGRIANUAL, 2005).

Sua capacidade de produzir mais do que outros cereais, em condições de elevada temperatura e estresse hídrico, ocorre em função das seguintes características: sistema radicular profundo e extenso permitindo explorar grande volume de solo; cerosidade nas folhas e colmos que reduzem a perda de água; rápida regulação estomática e utilização de assimilados acumulados na pré-antese para enchimento dos grãos (PASTERNAK; WILSON, 1973; TURNER, 1974; LIANG et al., 1975).

O sorgo é considerado uma das culturas que apresentam maior grau de tolerância ao estresse hídrico, altas temperaturas, e condições marginais de fertilidade do solo (BALIGAR et al., 1995; BALIGAR et al., 1993). No Brasil, a difusão desta cultura ocorre em regiões de clima semi-árido, onde as condições climáticas exigem culturas resistentes a bruscas variações de umidade, determinadas pela distribuição irregular das chuvas (EMBRAPA, 1994). Devido a isso, a cultura não tem expressado todo o seu potencial genético para a produção de grãos e massa verde para forragem.

O uso de bioestimulantes pode promover alterações ao longo do desenvolvimento vegetal e, estes têm sido aplicados com a finalidade de incrementar a produtividade de várias culturas de interesse econômico.

A pulverização de plantas de sorgo com 1000 ou 2000mg L⁻¹ de Cycocel, aos 30 e 45 dias após a semeadura, proporcionou incrementos significativos na produtividade da cultura (PAULPANDI et al., 1998). O cloreto de 2-cloroetiltrimetil amônio, também conhecido como chlormequat ou CCC, é um retardador de crescimento, cuja ação está relacionada à inibição da

síntese de giberelina endógena. Em algodoeiro e trigo este retardador é amplamente utilizado no Brasil (HERTWIG, 1983).

O tratamento de sementes de sorgo com brassinosteróides foi muito eficaz em aumentar a porcentagem de germinação e vigor de plântulas submetidas a estresse osmótico (VARDHINI; RAO, 2003).

Redução nos efeitos adversos da salinidade sobre a taxa de germinação de sementes e crescimento de plântulas foi verificada por Ismail (2003) em sementes de sorgo tratadas com citocinina ou ácido giberélico a 100mg L^{-1} . Aplicações exógenas de citocininas ou ácido giberélico promoveram aumentos no metabolismo de plantas de sorgo e a tolerância delas ao estresse salino.

Visando propor alternativas para maximizar a expressão do potencial genético de plantas de sorgo, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia de um bioestimulante aplicado via tratamento de sementes, sobre a germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produção de plantas de sorgo.

4.2 Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Sementes do Departamento de Produção Vegetal e em casa de vegetação do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, no período de janeiro de 2004 a dezembro de 2005. Foram avaliados os efeitos de um bioestimulante líquido sobre parâmetros relacionados à germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produção de plantas de *Sorghum bicolor* (L.) Moench (sorgo).

Como bioestimulante foi utilizado um produto líquido, Stimulate[®], contendo 90mg L^{-1} de cinetina (citocinina), 50mg L^{-1} de ácido indolbutírico (auxina), 50mg L^{-1} de ácido giberélico (giberelina) e 99,98% de ingredientes inertes.

As sementes de sorgo foram tratadas com Stimulate[®] nas concentrações de 4,0; 8,0; 12,0; 16,0 e 20,0ml kg^{-1} , completando-se o volume aplicado para 20ml com água destilada, para evitar a absorção do produto por uma quantidade mínima de sementes e favorecer a uniformização do tratamento. Como tratamento controle foram aplicados 20ml de água destilada em 1,0kg de sementes.

4.2.1 Teste de germinação de sementes e vigor de plântulas

Para a realização do teste de germinação de sementes utilizou-se como substrato papel toalha para germinador, umedecido na proporção de duas vezes e meia o volume de água em relação à massa do papel (MARCOS FILHO et al., 1987). Os rolos compostos por três folhas, sendo duas como base para distribuição das 50 sementes e uma para cobertura das mesmas, foram levados ao germinador à temperatura de 25°C. As avaliações de sementes e plântulas ocorreram aos 4 e 7 dias após a semeadura, de acordo com aos critérios definidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Os resultados foram calculados em porcentagem média de plântulas normais para cada concentração do bioestimulante.

As condições para proceder as avaliações do vigor de plântulas foram as mesmas adotadas para o teste de germinação, exceto o número de sementes que foi de 10 por repetição, as quais foram distribuídas no terço superior do substrato pré-umedecido.

Decorridos 4 dias após a semeadura, determinaram-se os seguintes parâmetros: comprimento da raiz primária e do coleóptilo e massa de matéria seca das plântulas de sorgo.

Para a avaliação da massa de matéria seca foram retirados os restantes das sementes com auxílio de uma lâmina e, em seguida, as plântulas foram colocadas em sacos de papel identificados e levados para secar em estufa a 80°C, durante 24 horas. Após este período as amostras foram pesadas em balança de precisão de 0,001g.

4.2.2 Avaliação do crescimento do sistema radicular

Para o acompanhamento e a avaliação do crescimento do sistema radicular foram utilizados rizotrons semicirculares, construídos a partir de tubos de PVC, com altura de 0,59m e diâmetro igual a 0,24m, apresentando uma face plana de vidro com espessura de 4,0mm. Esta face plana foi protegida por uma folha de compensado de madeira, colocada em caneletas laterais de alumínio.

Os rizotrons foram preenchidos com solo corrigido para saturação de bases de 60%, e umedecido próximo à capacidade de campo, a fim de evitar qualquer impedimento ao crescimento do sistema radicular, sendo colocados em casa de vegetação sobre mesa de madeira e inclinados a 25° em sua face de vidro para favorecer o crescimento e o espalhamento das raízes sobre a face interna do vidro e, facilitar a visualização, mensurações e a obtenção dos desenhos dos sistemas radiculares.

Cada rizotron recebeu 4 sementes, as quais foram distribuídas em contato com a face interna do vidro na parte superior central. Imediatamente após o surgimento das primeiras raízes iniciou-se a medição do comprimento das raízes em 2 plântulas por rizotron. Folhas plásticas transparentes, identificadas e afixadas na face externa do vidro foram utilizadas para registrar diariamente o crescimento das raízes. A partir destes desenhos foi possível determinar o crescimento radicular vertical (CRV) em cm e a velocidade de crescimento radicular vertical (VCRV) diário da raiz primária em cm dia^{-1} .

As faces de vidro dos rizotrons também foram fotografadas, sendo as imagens utilizadas para a determinação do comprimento radicular total (CRT), empregando-se o processamento das imagens por meio do software SIARCS (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), desenvolvido pela EMBRAPA/CNPDIA – São Carlos, SP (CESTANA et al., 1994).

Simultaneamente, nas mesmas condições ambientais e utilizando-se o mesmo tipo de substrato dos rizotrons, foi instalado um ensaio de acompanhamento, promovendo-se a semeadura em tubetes de polietileno preto com capacidade de 5,0L. Em cada tubete, duas plantas foram conduzidas com o objetivo de avaliar o acúmulo de massa seca nas raízes e parte aérea, durante o mesmo período das mensurações do crescimento das raízes nos rizotrons. Tanto a parte aérea quanto o sistema radicular destas plântulas foram colocados em sacos de papel e deixados em estufa a 80°C por 72 horas. Após este período, o material foi pesado em balança com precisão de 0,001g, para a obtenção da massa seca.

4.2.3 Avaliação da produção das plantas

Em casa de vegetação, utilizando-se vasos com capacidade de 20kg, realizou-se a semeadura das sementes tratadas. Ao final do ciclo, avaliou-se a massa de matéria seca da parte aérea, da panícula e dos grãos por planta e o comprimento da panícula.

A parte aérea (folhas e colmos), panículas e os grãos das plantas de sorgo foram colocados em sacos de papel e levados para secar em estufa a 80°C, durante 72 horas, para a obtenção da massa de matéria seca.

O delineamento experimental, nos testes de germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produção de plantas de sorgo, foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e quatro repetições, constituindo 24 parcelas.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F para verificação dos efeitos dos tratamentos sobre os parâmetros avaliados. Em seguida, os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão polinomial para o estabelecimento da melhor concentração de Stimulate® para cada uma das variáveis avaliadas.

4.3 Resultados e discussão

Nos testes de germinação de sementes e de vigor de plântulas de sorgo, não houve efeito significativo sobre a porcentagem de plântulas normais, comprimento do coleóptilo e da raiz primária, mostrando que, para as condições nas quais os testes foram realizados, as concentrações testadas de Stimulate® não afetaram o processo germinativo de sementes de sorgo, bem como o desenvolvimento inicial das plântulas. Porém, verificou-se efeito significativo das concentrações do bioestimulante sobre a massa de matéria seca de plântulas (Tabela 4.1).

Maior velocidade de emergência foi verificada por Milléo et al. (2000), em sementes de milho, o que não se verificou para o sorgo no presente trabalho.

O modelo de regressão linear, apresentado na Figura 4.1, para a massa de matéria seca de plântulas de sorgo, revelou um incremento de 10% nessa variável para a maior concentração, 20ml kg⁻¹ de sementes, do produto. Este incremento na massa de matéria seca de plântulas, à medida que se elevou a concentração de Stimulate®, sugere um possível acúmulo de carboidratos que poderão se transformar em grãos na colheita. Esses resultados concordam com os obtidos em milho, por Dario e Baltieri (1998), que obtiveram aumento da massa seca de plântulas de milho ‘AG – 510’ em relação ao controle aos 6 dias após a semeadura, com a aplicação de Stimulate® nas sementes na concentração de 250ml ha⁻¹.

Tabela 4.1 - Porcentagem de plântulas normais, comprimento do coleóptilo, da raiz primária e massa de matéria seca das plântulas do híbrido de sorgo 822 da Dow AgroScience, em função de doses de Stimulate[®], avaliados durante os testes de germinação de sementes e vigor de plântulas

Concentração	Plântulas normais	Comprimento do coleóptilo	Comprimento da raiz primária	Massa seca das plântulas
(ml kg ⁻¹)	%	cm	cm	mg
0	94,0	6,20	10,58	8,60
4	94,0	5,49	7,60	8,28
8	94,5	6,30	11,23	8,97
12	94,5	5,84	9,37	8,19
16	97,0	6,43	10,35	8,79
20	96,0	6,25	10,03	9,66
F	0,48^{n.s.}	4,22^{n.s.}	1,83^{n.s.}	2,83[*]
CV (%)	3,73	5,65	18,97	7,28

^{n.s.}, e ^{*} - não significativo e significativo ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente, de acordo com o teste F da análise de variância.

Figura 4.1 – Massa de matéria seca de plântulas do híbrido de sorgo 822 da Dow AgroScience, em função de doses de Stimulate[®], avaliados durante os testes de germinação de sementes e vigor de plântulas

^{*} - significativo ao nível de 5% de probabilidade, de acordo com o modelo de regressão polinomial proposto.

Para todas as variáveis avaliadas durante os testes conduzidos em rizotrons e nos ensaios de acompanhamento, verificaram-se, através da análise de variância, efeitos significativos das concentrações de Stimulate[®], conforme apresentado na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Crescimento radicular vertical (CRV), velocidade de crescimento radicular vertical (VCRV) e crescimento radicular total (CRT), massa de matéria seca de parte aérea e de raízes de plantas do híbrido de sorgo 822 da Dow AgroScience, em função de doses de Stimulate[®], desenvolvidas em rizotrons e em tubetes

Concentração	CRV	VCRV	CRT	Massa seca aérea	Massa seca raízes
(ml kg ⁻¹)	cm	cm dia ⁻¹	cm	mg	mg
0	42,35	5,29	225,23	120	60
4	44,61	5,58	244,03	132	54
8	47,95	5,99	248,48	146	52
12	47,77	5,97	273,49	134	28
16	50,04	6,25	272,79	200	30
20	50,17	6,27	286,37	168	28
F	4,40^{**}	4,40^{**}	2,68[*]	2,83[*]	4,94^{**}
CV (%)	7,00	7,00	12,09	26,03	35,58

^{**} e ^{*} - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, de acordo com o teste F da análise de variância.

De acordo com a Figura 4.2, notam-se efeitos lineares sobre todos os parâmetros avaliados no sistema radicular de plantas desenvolvidas em rizotrons, e na massa de matéria seca de parte aérea e de raízes de plantas desenvolvidas em tubetes durante o ensaio de acompanhamento.

Figura 4.2 - Crescimento radicular vertical, velocidade de crescimento radicular vertical, crescimento radicular total, massa de matéria seca de parte aérea e de raízes de plantas do híbrido de sorgo 822 da Dow AgroScience, em função de doses de Stimulate[®], avaliados durante os ensaios conduzidos em rizotrons e tubetes

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade, respectivamente, de acordo com o modelo de regressão polinomial proposto.

Incrementos de 18,2; 20,6 e 18,2% no crescimento radicular vertical e total e na velocidade de crescimento radicular vertical, respectivamente, foram obtidos com a maior concentração (20ml kg⁻¹ de sementes) do bioestimulante. Sugerindo, que concentrações acima daquelas avaliadas, podem promover incrementos ainda maiores.

Com relação à massa de matéria seca de parte aérea os incrementos chegaram a até 51,8% com a concentração de Stimulate[®] de 20ml kg⁻¹. Porém, a massa de matéria seca de raízes foi influenciada negativamente com o aumento das concentrações de Stimulate[®].

Como o crescimento radicular total foi incrementado pelo bioestimulante, o menor acúmulo de matéria seca nas raízes pode ter ocorrido em função de o produto estimular o desenvolvimento de radículas, as quais permitem explorar um volume de solo maior e são as responsáveis pela absorção de água e nutrientes.

Castro e Vieira (1999) observaram em sementes de soja tratadas com Stimulate[®], maior velocidade de crescimento radicular vertical, mas, também, maior acúmulo de matéria seca nas raízes. Em trabalho semelhante, Vieira et al. (2003) observaram que a aplicação de Stimulate[®], via sementes, proporcionou maior velocidade de crescimento radicular de plantas de soja, mas não causou efeitos significativos sobre a qualidade fisiológica das sementes.

Como no Brasil, a cultura do sorgo é instalada em regiões de clima semi-árido, onde os recursos dos solos, água e nutrientes, estão irregularmente distribuídos, os incrementos observados no crescimento do sistema radicular podem exercer fortes influências na produtividade desta cultura, permitindo melhor exploração destes recursos.

Para todas as variáveis avaliadas no experimento relacionado à produção de plantas, massa de matéria seca de parte aérea, de panículas e de grãos por planta e comprimento da panícula, verificou-se, através da análise de variância, efeitos significativos das concentrações de Stimulate[®], conforme apresentado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Massa de matéria seca de parte aérea, de panículas e grãos por planta e comprimento da panícula de plantas do híbrido de sorgo 822 da Dow AgroScience, em função de doses de Stimulate[®], desenvolvidas em vasos em casa de vegetação

Concentração	Massa seca parte aérea	Massa seca Panícula	Massa seca grãos	Comprimento Panícula
(ml kg ⁻¹)	g	g	g	cm
0	99,77	72,9	48,8	25,1
4	88,36	85,5	52,8	27,4
8	78,37	95,1	71,5	28,2
12	76,94	95,6	59,4	28,9
16	95,13	85,5	60,3	27,7
20	89,94	88,1	56,4	28,1
F	3,05*	2,12*	2,58*	3,82**
CV (%)	14,38	16,05	20,47	6,01

n.s., ** e * - não significativo e significativo ao nível de 1% e 5 % de probabilidade, respectivamente, de acordo com o teste F da análise de variância.

Através da Figura 4.3, constatam-se efeitos quadráticos das concentrações de Stimulate[®], sobre todas as variáveis relacionadas à produção por planta.

Figura 4.3 - Massa de matéria seca de parte aérea, de panículas e de grãos por planta e comprimento da panícula de plantas do híbrido de sorgo 822 da Dow AgroScience, em função de doses de Stimulate®, avaliados no experimento conduzido em vasos em casa de vegetação

** e * - significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, de acordo com o modelo de regressão polinomial proposto.

O acúmulo de matéria seca na parte aérea foi 18,6% menor com a concentração estimada de Stimulate® de 10,7ml kg⁻¹ de sementes. Ao passo que a massa seca de grãos, teve um incremento de 33,3% com a concentração estimada de 11,4ml kg⁻¹ de sementes.

Concentrações estimadas de Stimulate® de 11,9 e 13ml kg⁻¹ de sementes proporcionaram aumentos de 27,5 e 13,1% na massa de matéria seca e comprimento de panículas, respectivamente.

Isto sugere que o Stimulate® aumentou a eficiência das plantas de sorgo, provavelmente favorecendo a translocação de fotossintetizados para o desenvolvimento de estruturas reprodutivas.

Milléo (2002), em trabalhos com Stimulate® nas concentrações de 5 e 10ml kg⁻¹ de sementes de milho 'XL 214', conseguiu aumento no número de fileiras de grãos por espiga, sendo que Stimulate® nas concentrações de 500 e 1000 ml ha⁻¹, pulverizado na linha de semeadura, também aumentou esse parâmetro.

4.4 Conclusões

Os resultados mostraram que o Stimulate®, aplicado via tratamento de sementes, em concentrações crescentes, gerou incrementos na massa de matéria seca de plântulas, no crescimento radicular vertical e total, na velocidade de crescimento radicular vertical e na massa de matéria seca de parte aérea de plantas de sorgo desenvolvidas em tubetes, porém, com redução na massa de matéria seca de raízes. Nos experimentos para avaliação da produção por planta, no intervalo de concentrações de 10 a 13ml kg⁻¹ de sementes, o Stimulate® proporcionou aumentos significativos na massa de matéria seca de parte aérea, de panículas e de grãos e no comprimento de panículas de plantas do híbrido de sorgo 822 da Dow AgroScience.

Referências

BALIGAR, V.C.; ANGHINONI, I.; PITTA, G.V.E. Aluminum effects on plant and nutrient uptake parameters of soil and solution grown sorghum genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 18, n. 11, p. 2325-2338, 1995.

BALIGAR, V.C.; SCHAFFERT, R.E.; SANTOS, H.L. dos. Growth and nutrient uptake parameters in sorghum as influenced by aluminum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 5, p. 1068-1074, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. 2.ed. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal, 1992. 365p.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. Utilização de rizotrons para a avaliação do desenvolvimento do sistema radicular de sementes de soja (*Glycine max* L.) sob pré-tratamentos com Stimulate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 7., 1999, Brasília. **Resumos...** Brasília: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 1999. p.60.

CESTANA, S.; GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; RALISCH, R.; TOZZI, C.L.; TORRE, A.; VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliado por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.365-371, 1994.

DARIO, G.J.A.; BALTIERI, E.M. **Avaliação da eficiência do regulador vegetal Stimulate (citocinina + ácido indolbutírico + ácido giberélico) na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Agricultura, 1998. 12p. (Relatório Técnico).

EMBRAPA. **Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1994. 342p.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Sorgo. In: _____. **Agrianual 2005**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2005. p. 491-494.

HERTWIG, K.V. **Manual de herbicidas, desfolhantes, dessecantes, fitorreguladores e bioestimulantes**. São Paulo: Ceres, 1983. 669p.

ISMAIL, A. Physiological studies on the influence of cytokinin or GA₃ in the alleviation of salt stress in sorghum plants. **Acta Agronomica Hungarica**, Martonvásár, v. 51, n. 4, p. 371-380, 2003.

LIANG, G.H.; DAYTON, A.D.; CHU, C.C.; CASADY, A.J. Heritability of stomatal density and distribution on leaves of grain sorghum. **Crop Science**, Madison, v. 15, n. 4, p. 567-570, 1975.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade fisiológica das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

MILLÉO, M.R.V. **Avaliação da eficácia agronômica de diferentes doses e formas de aplicação de Stimulate na cultura do milho**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2002. 16p. (Relatório Técnico).

MILLÉO, M.V.R.; VENANCIO, W.S.; MONFERDINI, M.A. Avaliação da eficiência agronômica do produto stimulate aplicado no tratamento de sementes e no sulco de plantio sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.7 (supl.), 145 p., 2000.

PAULPANDI, V.K.; PALANIAPPAN, S.P.; SOLAIAPPAN, U. Effect of cycocel on different crop geometry and nutrient levels in sorghum (*Sorghum bicolor*). **Indian Journal of Agronomy**, New Delhi, v. 43, n. 3, p.524-527, 1998.

PASTERNAK, D.; WILSON, G.L. Illuminance stomatal opening and photosynthesis in sorghum and cotton. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 24, n. 4, p. 527-532, 1973.

TURNER, N.G. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum and tobacco, under field conditions. **Plant Physiology**, Rockville, v. 53, n. 3, p.360-365, 1974.

VARDHINI, B.; RAO, S.S.R. Amelioration of osmotic stress by brassinosteróides on seed germination and seedling growth of three varieties of sorghum. **Plant Growth Regulation**, Netherlands, v. 41, n. 1, p.25-31, 2003.

VIEIRA, E.L.; MARTINS, M.C.; VENDEMIATTI, A.; SPINOLA, M.C.M.; CASTRO, P.R.C. Ação de Stimulate e inoculante na qualidade fisiológica de sementes de soja e no crescimento radicular inicial de plantas em condições de rizotron. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 9., 2003, Atibaia. **Resumos...** Atibaia: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2003. p.225.

5 GERMINAÇÃO DE SEMENTES, VIGOR DE PLÂNTULAS, CRESCIMENTO RADICULAR E PRODUTIVIDADE DE PLANTAS DE TRIGO INFLUENCIADAS POR BIOESTIMULANTE

Resumo

Hormônios vegetais têm o papel de controlar os diversos processos do desenvolvimento vegetal. A aplicação tanto de biorreguladores quanto de bioestimulantes pode promover alterações durante o desenvolvimento vegetal e, têm sido utilizados com a finalidade de incrementar a produtividade de culturas de interesse econômico. Objetivou-se avaliar os efeitos do bioestimulante Stimulate® (90mg L⁻¹ de cinetina, 50mg L⁻¹ de ácido giberélico e 50mg L⁻¹ de ácido indolbutírico) sobre a germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produção de plantas de trigo cultivar BRS177, aplicado nas concentrações de 0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0ml kg⁻¹ de sementes. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Sementes do Departamento de Produção Vegetal e em casa de vegetação no Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP de janeiro de 2004 a dezembro de 2005. Em um experimento a campo, avaliou-se, também, a massa de grãos e a produtividade de plantas de trigo cultivar Codetec 104. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 4 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial através do programa SAS. Stimulate®, aplicado via tratamento de sementes, no intervalo de concentrações de 3,5 a 5,0ml kg⁻¹ de sementes, proporcionou aumentos significativos na altura e massa de matéria seca de parte aérea, número de perfilhos e de espigas por planta de trigo. Concentrações crescentes do produto proporcionaram aumentos lineares no crescimento radicular vertical e total e na velocidade de crescimento radicular vertical. A porcentagem de plântulas normais, o vigor de plântulas, a produção de grãos por planta e a produtividade não foram influenciadas.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; reguladores vegetais; produtividade

SEED GERMINATION, SEEDLING VIGOR, ROOT GROWTH AND YIELD OF WHEAT PLANTS AFFECTED BY BIOSTIMULANT

Abstract

Plant hormones can control several processes of plant development. Application of both bioregulators and biostimulants can promote changes during plant development and, they had been used aiming to enhance yield of crops. The objective was to evaluate the effects of the biostimulant Stimulate® (90mg L⁻¹ of kinetin, 50mg L⁻¹ of gibberellic acid and 50mg L⁻¹ of indolbutyric acid) on seed germination, seedling vigor, root growth and yield of wheat BRS177 cultivar, applied on seeds at 0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 and 10.0ml kg⁻¹ of seeds. Experiments were carried out on the Laboratory of Seeds of the Department of Plant Production and in the greenhouse of the Department of Biological Sciences at ESALQ/USP from January, 2004 to December, 2005. In a field experiment it was, also, evaluated grain mass and yield of wheat Codetec 104 cultivar. The experimental design was completely randomized with 6 treatments and 4 replications. Data were submitted to variance analysis and polynomial regression through SAS program. Stimulate®, applied by seed treatment, from 3.5 to 5.0ml kg⁻¹ of seeds, promoted significative increases on plant height and shoot dry matter mass, number of tillers and spikes per plant of wheat. Increasing concentrations of the product promoted linear increases on vertical and

total root growth and vertical root growth speed. The percentage of normal seedlings, seedling vigor, grain production per plant and yield were not influenced.

Key words: *Triticum aestivum* L.; plant regulators; yield

5.1 Introdução

Visando reduzir a dependência das importações para o abastecimento do mercado interno, o interesse em maximizar o rendimento de trigo tem estimulado a adoção de práticas, como época de semeadura, espaçamento e densidade de plantio adequados, aumento no nível de fertilidade do solo, controle de doenças e pragas e o uso de reguladores vegetais, visando principalmente, redução no acamamento de plantas.

O acamamento de plantas de trigo, ocasionado pelo crescimento excessivo em altura, normalmente relacionado a excesso de adubações nitrogenadas, causa reduções em produtividade, dificulta a colheita, compromete o enchimento de grãos e pode reduzir a qualidade dos mesmos, por aumentar a umidade e a ação de patógenos.

Vários reguladores vegetais têm sido usados visando reduzir o acamamento de plantas, entre os quais destaca-se o cloreto 2-cloro etil-trimetil amônio, também conhecido como chlormequat (Tuval ou CCC, um retardador de crescimento, cuja ação está relacionada à inibição da síntese de giberelina endógena. Em algodoeiro e trigo este retardador é amplamente utilizado no Brasil (HERTWIG, 1983).

Dentre os inúmeros trabalhos com aplicações de inibidores da síntese de giberelinas em cereais verificaram-se maior crescimento de raízes, influenciando no comprimento e massa das mesmas, e maior relação raiz/parte aérea sob condições de campo (HUMBRIES et al., 1965; DE et al., 1982; BRAAG et al., 1984; STEEN; WÜNSCHE, 1990) e em vasos (YANG; NAYLOR, 1988). Contudo, os resultados em termos de produtividade têm sido bastante inconsistentes.

Uso de doses baixas de ethephon, um liberador de etileno, provoca redução na altura das plantas, minimizando o acamamento em variedades de porte alto, ou em solos de alta fertilidade. Quando aplicado após a formação dos grãos, o ethephon acelera e uniformiza a maturação, permitindo antecipar a colheita.

O rendimento de grão em trigo é determinado por vários componentes: número de espigas por planta, número de espiguetas por espiga, número de grãos por espiga e por espiguetas e massa média de grãos, dependendo diretamente de fatores de origem genética e do ambiente (CRUZ, 2004).

Os hormônios vegetais desempenham um importante papel na determinação dos componentes do rendimento do trigo e em suas interações, mas o conhecimento sobre a ação destes ainda é bastante rudimentar (EVANS et al., 1980).

Como em outras plantas, as auxinas desempenham um papel chave no controle do perfilhamento em trigo, interagindo com o nível de suprimento de assimilados. A tendência do perfilhamento cessar durante o desenvolvimento da espiga pode ser devido ao aumento na produção de auxina pelas espigas jovens, mas um suprimento reduzido de assimilados também pode estar envolvido. Ainda é desconhecida a extensão dos efeitos da produção de auxina pelas espiguetas, primórdios florais e grãos jovens sobre o perfilhamento, alongamento do caule e sobre a fixação e crescimento dos grãos. Os níveis de auxina nos grãos é baixo até aproximadamente o fim do período de granação (TERUEL; SMIDERLE, 1999).

As giberelinas também influenciam muitos processos no crescimento e desenvolvimento do trigo. Níveis máximos de giberelina são encontrados em folhas jovens e em condições de altos níveis nutricionais. As giberelinas estão envolvidas no crescimento dos filamentos e na deiscência das anteras. Desde que as giberelinas não apenas influenciam a expansão celular, mas também muitos outros processos regulatórios, não é surpresa que a aplicação de retardadores de crescimento que inibem a biossíntese de giberelina apresenta uma variedade de efeitos sobre a produtividade do trigo (TERUEL; SMIDERLE, 1999).

Pouco é conhecido da ação das citocininas em trigo, que podem alcançar seu máximo de concentração na antese, caindo rapidamente logo após (TERUEL; SMIDERLE, 1999).

A grande variabilidade nos resultados obtidos nos inúmeros trabalhos de pesquisa relatando o uso de reguladores vegetais em plantas de trigo e a necessidade de buscar um tratamento para promoção de um maior equilíbrio entre crescimento vegetativo e reprodutivo, justificou a condução deste trabalho de pesquisa.

5.2 Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Sementes do Departamento de Produção Vegetal e em casa de vegetação do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, no período de janeiro de 2004 a dezembro de 2005. Foram avaliados os efeitos de um bioestimulante líquido sobre

parâmetros relacionados à germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produção de plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.)

Como bioestimulante foi utilizado um produto líquido, Stimulate[®], contendo 90mg L⁻¹ de cinetina (citocinina), 50mg L⁻¹ de ácido indolbutírico (auxina), 50mg L⁻¹ de ácido giberélico (giberelina) e 99,98% de ingredientes inertes.

As sementes de trigo foram tratadas com Stimulate[®] nas concentrações de 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 e 10,0ml kg⁻¹, completando-se o volume aplicado para 20ml com água destilada, para evitar a absorção do produto por uma quantidade mínima de sementes e favorecer a uniformização do tratamento. Como tratamento controle foram aplicados 20ml de água destilada em 1,0kg de sementes.

5.2.1 Teste de germinação de sementes e vigor de plântulas

Para a realização do teste de germinação de sementes utilizou-se como substrato papel toalha para germinador, umedecido na proporção de duas vezes e meia o volume de água em relação à massa do papel (MARCOS FILHO et al., 1987). Os rolos compostos por três folhas, sendo duas como base para distribuição das 50 sementes e uma para cobertura das mesmas, foram levados ao germinador à temperatura de 20°C. As avaliações de sementes e plântulas ocorreram aos 4 e 8 dias após a semeadura, de acordo com aos critérios definidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Os resultados foram calculados em porcentagem média de plântulas normais para cada concentração do bioestimulante.

As condições para proceder as avaliações do vigor de plântulas foram as mesmas adotadas para o teste de germinação, exceto o número de sementes que foi de 10 por repetição, as quais foram distribuídas no terço superior do substrato pré-umedecido.

Decorridos 4 dias após a semeadura, determinaram-se os seguintes parâmetros: comprimento da raiz primária e do coleóptilo e massa de matéria seca das plântulas de trigo.

Para a avaliação da massa de matéria seca foram retirados os restantes das sementes com auxílio de uma lâmina e, em seguida, as plântulas foram colocadas em sacos de papel identificados e levados para secar em estufa a 80°C, durante 24 horas. Após este período as amostras foram pesadas em balança de precisão de 0,001g.

5.2.2 Avaliação do crescimento do sistema radicular

Para o acompanhamento e a avaliação do crescimento do sistema radicular foram utilizados rizotrons semicirculares, construídos a partir de tubos de PVC, com altura de 0,59m e diâmetro igual a 0,24m, apresentando uma face plana de vidro com espessura de 4,0mm. Esta face plana foi protegida por uma folha de compensado de madeira, colocada em canaletas laterais de alumínio.

Os rizotrons foram preenchidos com solo corrigido para saturação de bases de 60%, e umedecido próximo à capacidade de campo, a fim de evitar qualquer impedimento ao crescimento do sistema radicular, sendo colocados em casa de vegetação sobre mesa de madeira e inclinados a 25° em sua face de vidro para favorecer o crescimento e o espalhamento das raízes sobre a face interna do vidro e, facilitar a visualização, mensurações e a obtenção dos desenhos dos sistemas radiculares.

Cada rizotron recebeu 4 sementes, as quais foram distribuídas em contato com a face interna do vidro na parte superior central. Imediatamente após o surgimento das primeiras raízes iniciou-se a medição do comprimento das raízes em 2 plântulas por rizotron. Folhas plásticas transparentes, identificadas e afixadas na face externa do vidro foram utilizadas para registrar diariamente o crescimento das raízes. A partir destes desenhos foi possível determinar o crescimento radicular vertical (CRV) em cm e a velocidade de crescimento radicular vertical (VCRV) diário da raiz primária em cm dia^{-1} .

As faces de vidro dos rizotrons também foram fotografadas, sendo as imagens utilizadas para a determinação do comprimento radicular total (CRT), empregando-se o processamento das imagens por meio do software SIARCS (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), desenvolvido pela EMBRAPA/CNPDIÁ – São Carlos, SP (CESTANA et al., 1994).

Simultaneamente, nas mesmas condições ambientais e utilizando-se o mesmo tipo de substrato dos rizotrons, foi instalado um ensaio de acompanhamento, promovendo-se a semeadura em tubetes de polietileno preto com capacidade de 5,0L. Em cada tubete, duas plantas foram conduzidas com o objetivo de avaliar o acúmulo de massa seca nas raízes e parte aérea, durante o mesmo período das mensurações do crescimento radicular das raízes nos rizotrons. Tanto a parte aérea quanto o sistema radicular destas plântulas foram colocados em sacos de papel e deixados em estufa a 80°C por 72 horas. Após este período, o material foi pesado em balança com precisão de 0,001g, para a obtenção da massa de matéria seca.

5.2.3 Avaliação da produção das plantas

Em casa de vegetação, utilizando-se vasos com capacidade de 20kg, realizou-se a semeadura das sementes tratadas. Mantiveram-se as condições de fertilização e irrigação adequadas ao trigo. Avaliou-se a altura das plantas antes da iniciação floral. Ao final do ciclo, contabilizou-se o número de perfilhos e de espigas por planta, o número de espiguetas por espiga, e a massa de matéria seca de grãos. A parte aérea (folhas e hastes), espigas e os grãos das plantas de trigo foram colocados em sacos de papel e levados para secar em estufa a 80°C, durante 72 horas, para a obtenção da massa de matéria seca de parte aérea.

5.2.4 Avaliação da produtividade de plantas de trigo em campo

O experimento em campo foi instalado em área experimental da fazenda da Cooperativa Agroindustrial, COAMO, no município de Campo Mourão, no estado do Paraná. A semeadura do cultivar de trigo Codetec 104 ocorreu em 18/05/2004 em parcelas experimentais de 38,4m², sendo 24 linhas de 10m, no espaçamento de 0,16m. As práticas de manejo, como adubações, irrigações, tratamentos fitossanitários, foram mantidas seguindo-se o cronograma de atividades da fazenda experimental. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 6 tratamentos e quatro repetições, constituindo 24 parcelas. Na colheita, em 21/09/2004, avaliaram-se a massa de grãos por parcela e a produtividade.

O delineamento experimental, nos testes de germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produção de plantas de trigo, foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e quatro repetições, constituindo 24 parcelas.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste F para verificação dos efeitos dos tratamentos sobre os parâmetros avaliados. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial para o estabelecimento da melhor concentração de Stimulate[®] para cada uma das variáveis avaliadas.

5.3 Resultados e discussão

Nos testes de germinação de sementes e de vigor de plântulas de trigo, não se verificaram, através da análise de variância, efeitos significativos das concentrações de Stimulate[®] sobre a

porcentagem de plântulas normais, comprimento do coleóptilo e da raiz primária de plântulas e a massa de matéria seca de plântulas, conforme apresentado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Porcentagem de plântulas normais, comprimento do coleóptilo, da raiz primária e massa de matéria seca das plântulas do cultivar de trigo BRS177, em função de doses de Stimulate[®], avaliados durante os testes de germinação de sementes e vigor de plântulas

Concentração	Plântulas normais	Comprimento do coleóptilo	Comprimento da raiz primária	Massa seca das plântulas
(ml kg ⁻¹)	%	cm	cm	mg
0	85,5	1,86	4,69	3,72
2	82,5	1,35	3,34	2,65
4	82,0	1,82	4,78	3,78
6	83,5	1,88	4,99	3,70
8	86,0	1,46	3,81	3,07
10	76,0	1,78	4,73	3,49
F	3,05^{n.s.}	2,02^{n.s.}	2,62^{n.s.}	1,98^{n.s.}
CV (%)	4,98	18,85	18,43	18,84

^{n.s.} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade, de acordo com o teste F da análise de variância.

Quanto aos parâmetros avaliados no sistema radicular nos testes conduzidos em rizotrons, verificaram-se, através da análise de variância, efeitos significativos das concentrações de Stimulate[®] sobre todos os parâmetros, crescimento radicular vertical, velocidade de crescimento radicular vertical e crescimento radicular total. Porém, para os parâmetros avaliados durante o teste de acompanhamento em tubetes, massa de matéria seca de parte aérea e de raízes, não se verificaram efeitos significativos, conforme apresentado na Tabela 5.2.

Os parâmetros avaliados no sistema radicular de plantas desenvolvidas em rizotrons mostraram incrementos lineares com concentrações crescentes de Stimulate[®], de acordo com os modelos de regressão polinomial propostos na Figura 5.1.

Tabela 5.2 - Crescimento radicular vertical (CRV), velocidade de crescimento radicular vertical (VCRV) e crescimento radicular total (CRT), massa de matéria seca de parte aérea e de raízes de plantas do cultivar de trigo BRS177, em função de doses de Stimulate[®], desenvolvidas em rizotrons e em tubetes

Concentração	CRV	VCRV	CRT	Massa seca aérea	Massa seca raízes
(ml kg ⁻¹)	cm	cm dia ⁻¹	cm	mg	mg
0	38,78	3,87	209,6	144,2	22,0
2	41,99	4,19	227,4	139,2	21,6
4	40,63	4,06	220,0	129,8	18,4
6	43,74	4,37	237,8	138,8	14,2
8	50,59	5,06	273,0	134,8	19,4
10	54,29	5,43	296,8	116,8	20,6
F	8,79^{**}	8,81^{**}	7,52^{**}	0,60^{n.s.}	0,72^{n.s.}
CV (%)	10,22	10,21	11,28	20,78	38,98

n.s., ** - não significativo e significativo ao nível de 1% de probabilidade, respectivamente, de acordo com o teste F da análise de variância.

Para os parâmetros apresentados na Figura 5.1, não foi possível estabelecer os valores máximos dentro das concentrações do bioestimulante avaliado, sugerindo que concentrações superiores a 10ml kg⁻¹ de sementes podem ser testadas em experimentos futuros.

Houve incrementos de 1,52 e 8,44cm no crescimento radicular vertical e no crescimento radicular total, para cada 1ml de Stimulate[®] acrescido no tratamento de sementes de trigo. No caso da velocidade de crescimento radicular vertical, este acréscimo foi de 0,15cm dia⁻¹.

Figura 5.1 - Crescimento radicular vertical, velocidade de crescimento radicular vertical e crescimento radicular total de plantas do cultivar de trigo BRS177, em função de doses de Stimulate[®], desenvolvidas em rizotrons

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade, de acordo com o modelo de regressão polinomial proposto.

Com a concentração de Stimulate[®] de 5ml kg⁻¹ de sementes, verificaram-se aumentos de cerca de 20% no crescimento radicular vertical, na velocidade de crescimento radicular vertical e no crescimento radicular total de plantas de trigo, em relação ao controle.

Esses incrementos observados no desenvolvimento do sistema radicular podem favorecer não apenas um melhor aproveitamento dos recursos dos solos, água e nutrientes, mas também, incrementar a síntese de reguladores vegetais, como as citocininas, que exercerão seu papel no desenvolvimento da parte aérea.

Pela ausência de resposta do produto nos testes de germinação de sementes e vigor de plântulas e pelos incrementos lineares observados no crescimento radicular com concentrações crescentes de Stimulate[®], sugere-se que concentrações mais elevadas podem ser necessárias para promover maiores benefícios nesta cultura.

No experimento para avaliação de parâmetros relacionados à produção de plantas em vasos em casa de vegetação, verificaram-se, através da análise de variância, efeitos significativos das concentrações de Stimulate[®] sobre a altura de plantas, a massa de matéria seca de parte aérea e o número de perfilhos e de espigas por planta, conforme apresentado na Tabela 5.3. Não se verificaram efeitos significativos sobre o número de espiguetas por espiga e a massa de matéria seca de grãos.

Tabela 5.3 – Altura de plantas, massa de matéria seca de parte aérea, número de perfilhos e de espigas por planta, número de espiguetas por espiga e massa de matéria seca de grãos de plantas do cultivar de trigo BRS177, em função de doses de Stimulate[®], desenvolvidas em vasos em casa de vegetação

Concentração	Altura plantas	Massa seca parte aérea	N° de perfilhos	N° de espigas	N° de espiguetas	Massa seca de grãos
(ml kg ⁻¹)	cm	g	---	---	---	g
0	61,89	27,16	16,78	15,78	35,75	35,21
2	66,32	34,34	24,38	23,28	41,74	33,52
4	69,64	30,48	21,71	21,57	41,17	33,83
6	67,71	30,23	21,07	19,43	42,11	34,75
8	70,07	25,69	17,64	16,86	39,26	35,83
10	59,36	24,16	16,78	16,21	41,31	35,29
F	3,53**	5,79**	8,49**	5,60**	0,99^{n.s.}	0,57^{n.s.}
CV (%)	4,97	14,27	14,89	17,12	15,89	9,05

^{n.s.} e ^{**} - não significativo e significativo ao nível de 1% de probabilidade, respectivamente, de acordo com o teste F da análise de variância.

Para as variáveis, altura de plantas, massa de matéria seca de parte aérea e o número de perfilhos e de espigas por planta, verificam-se efeitos quadráticos das concentrações de Stimulate[®], de acordo com os modelos de regressão polinomial propostos na Figura 5.2.

Sobre a altura de plantas e a massa de matéria seca de parte aérea, verificaram-se incrementos de 14,1 e 9,1% obtidos com as concentrações estimadas do bioestimulante de 4,93 e 3,57 ml kg⁻¹ de sementes, respectivamente.

Figura 5.2 - Massa de matéria seca de parte aérea, número de perfilhos e de espigas por planta do cultivar de trigo BRS177, em função de doses de Stimulate[®], desenvolvidas em vasos em casa de vegetação

** - significativo ao nível de 1% de probabilidade, de acordo com o modelo de regressão polinomial proposto.

Os incrementos em altura e na massa de matéria seca de parte aérea podem ter sido causados, principalmente, pelos efeitos da giberelina e auxina, presentes no Stimulate[®]. Auxinas e giberelinas controlam processos separados que juntos contribuem para o alongamento da haste, sendo que a auxina estimula o crescimento pela expansão celular e a giberelina atua tanto na expansão quanto no número de células, que também resulta da ação de citocininas. Também, pode-se considerar que esses incrementos resultam do efeito da combinação dos biorreguladores constituintes do bioestimulante através de um novo vetor estabelecido pelo Stimulate[®].

O crescimento em altura é desejável desde que não acarrete o acamamento das plantas, que pode causar reduções em produtividade, por dificultar a colheita e comprometer o enchimento e qualidade de grãos.

Os maiores incrementos no número de perfilhos e de espigas por planta, sendo de 19,9 e 20,76%, foram obtidos com as concentrações de Stimulate® de 4,36 e 4,22ml kg⁻¹ de sementes, respectivamente.

Sabe-se que o balanço hormonal atua em vários processos do desenvolvimento e que o controle da dormência de gemas em perfilhos de gramíneas é efetuado pelo balanço e suprimento de hormônios específicos. As auxinas produzidas em folhas jovens (HUMPHREYS, 1991) e o ácido abscísico atuam na supressão do desenvolvimento de novos perfilhos. Já as citocininas participam na quebra desta dormência e, uma vez iniciado o desenvolvimento, o ácido giberélico juntamente com a sacarose aceleram o crescimento do novo rebento (HUMPHREYS, 1991).

Isto sugere que o balanço entre citocinina, auxina e giberelina, componentes do Stimulate®, pode ter contribuído para aumentar o perfilhamento nas plantas de trigo, cujas sementes foram tratadas com o bioestimulante.

Resultados de Harrison e Kufman (1980) suportam a teoria da dominância apical, principalmente, que a relação citocinina/auxina tem um papel decisivo neste desenvolvimento.

Os aumentos no número de perfilhos e de espigas por planta não contribuíram para aumentos na produção de grãos por planta, evidenciado pela massa de matéria seca de grãos, apresentada na Tabela 5.3.

Os incrementos em perfilhamento têm gerado resultados diversos com relação à produção de grãos. Os resultados são bastante conflitantes, em alguns experimentos o maior perfilhamento resultou em maior produtividade (WADDINGTON; CARTWRIGHT, 1986; PELTONEN; PELTONEN-SAINIO, 1997), enquanto que em outros a produtividade não foi influenciada (FOSTER et al., 1991; RAJALA; PELTONEN-SAINIO, 2001).

No experimento conduzido em campo, não se verificaram efeitos do tratamento de sementes de trigo com Stimulate® sobre a massa de grãos por parcela e a produtividade, de acordo com os dados apresentados na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Massa de matéria seca de grãos e produtividade de plantas do cultivar de trigo Codetec 104, em função de doses de Stimulate[®], desenvolvidas em campo experimental no município de Campo Mourão/PR

Concentração	Massa seca de grãos	Produtividade
(ml kg ⁻¹)	kg	kg ha ⁻¹
0	14,22	3703,13
2	13,64	3553,38
4	14,12	3677,08
6	13,62	3546,87
8	13,62	3546,87
10	13,19	3436,20
F	1,98^{n.s.}	1,98^{n.s.}
CV (%)	3,89	3,89

^{n.s.} - não significativo ao nível de 5% de probabilidade, de acordo com o teste F da análise de variância.

Pela ausência de resposta sobre a produção de grãos por planta, sugere-se que outras concentrações do produto Stimulate[®], assim como, outras formas de aplicação do produto, sejam avaliadas, visando incrementar a produtividade da cultura do trigo.

Alleoni et al. (2000) verificaram que o Stimulate[®], em aplicações foliares, proporcionou incrementos em número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade de plantas de feijoeiro, enquanto que a aplicação via sementes favoreceu o estande inicial de plantas.

5.4 Conclusões

Stimulate[®], aplicado via tratamento de sementes, no intervalo de concentrações de 3,5 a 5,0ml kg⁻¹ de sementes, proporcionou aumentos significativos na altura e massa de matéria seca de parte aérea, número de perfilhos e de espigas por planta de trigo. Concentrações crescentes do produto proporcionaram aumentos lineares no crescimento radicular vertical e total e na velocidade de crescimento radicular vertical. A porcentagem de plântulas normais, o vigor de plântulas, a produção de grãos por planta e a produtividade não foram influenciadas.

Referências

- ALLEONI, B.; BOSQUEIRO, M.; ROSSI, M. Efeito dos reguladores vegetais de Stimulate® no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 23-35, 2000.
- BRAAG, P.L.; RUBINO, P.; HENDERSON, F.K.G.; FILEDING, W.J.; CANNEL, R.Q. A comparison of the root and shoot growth of winter barley and winter wheat, and the effect of early application of chlormequat. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.103, p. 257-264, 1984.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. 2.ed. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal, 1992. 365p.
- CESTANA, S.; GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; RALISCH, R.; TOZZI, C.L.; TORRE, A.; VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliado por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.365-371, 1994.
- CRUZ, P.J.; CARVALHO, F.I.F.; SILVA, S.A.; KUREK, A.J.; BARBIERI, R.L.; CARGNIN, A. Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo. **Agrociência**, Pelotas, v.9, n.1, p. 5-8, 2004.
- DE, R.; GIRI, G.; SARAN, G.; SINGH, R.K.; CHATURVEDI, G.S. Modification of water balance of dryland wheat through the use of chlormequat chloride. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.98, p. 593-597, 1982.
- EVANS, L.T.; WARDLAW, I.F.; FISHER, R.A. Wheat. In: EVANS, L.T. (Ed.). **Crop physiology**, London, 1980. p.101-149.
- FOSTER, K.R.; REID, D.M.; TAYLOR, J.S. Tillering and yield responses to ethephon in three barley cultivars. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 130-134, 1991.
- HARRISON, M. A., KUFMAN, P.B. Hormonal regulation of lateral bud (tiller) release in oats (*Avena sativa* L.). **Plant Physiology**, Rockville, v.66, p.1123-1127, 1980.
- HERTWIG, K.V. **Manual de herbicidas, desfolhantes, dessecantes, fitoreguladores e bioestimulantes**. São Paulo: Ceres, 1983. 669p.

HUMBRIES, E.C.; WELBANK, P.J.; WITTS, K.J. Effects of CCC (chlorocholine chloride) on growth and yield of spring wheat in the field. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 56, p. 351-361, 1965.

HUMPHREYS, L.R. **Tropical pasture utilization**. New York: Cambridge University Press, 1991. 206p.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade fisiológica das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.

PELTONEN, J.; PELTONEN-SAINIO, P. Breaking unculm growth habit of spring cereals at high latitudes by crop management: II. Tillering, grain yield and yield components. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 178, p. 87-95, 1997.

RAJALA, A.; PELTONEN-SAINIO, P. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 936-946, 2001.

STEEN, E.; WÜNSCHE, U. Root growth dynamics of barley and wheat in filed trials after CCC application. **Swedish Journal of Agricultural Research**, Uppsala, v. 20, p. 57-62, 1990.

TERUEL, D.A.; SMIDERLE, O.J. Trigo. In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999. p. 13-40.

YANG, W.; NAYLOR, R.E.L. Effect of tetcyclacis and chlormequat applied to seed on seedling growth of triticale cv. Lasko. **Plant Growth Regulation**, Netherlands, v. 7, p. 289-301, 1988.

WADDINGTON, S.R.; CARTWRIGHT, P. Modification of yield components and stem length in spring barley by the application of growth retardants prior to main shoot elongation. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.107, p. 367-375, 1986.