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

**Ação de estimulantes vegetais na produtividade de alguns cultivos
tropicais**

Luis Fernando Paffaro

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fisiologia e Bioquímica de Plantas

**Piracicaba
2017**

**Luis Fernando Paffaro
Engenheiro Agrônomo**

**Ação de estimulantes vegetais na produtividade de alguns cultivos
tropicais**

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

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Fisiologia e Bioquímica de Plantas

**Piracicaba
2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Paffaro, Luis Fernando

Ação de estimulantes vegetais na produtividade de alguns cultivos tropicais / Luis Fernando Paffaro. -- Piracicaba, 2017.

69p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Nano dióxido de titânio 2. Tiametoxam 3. Feijão 4. Cevada 5. Arroz
6. Tomate 7. Rizotron 8. Produtividade I. Título

DEDICATÓRIA

Aos meus pais pelo esforço e dedicação empregados a mim através dos quais me possibilitaram estudar sem ter que trabalhar fora de casa ao mesmo tempo. A eles deixo meu muito obrigado pelo carinho, amor e por tudo mais. É pertinente também pedir desculpas pelos momentos em que não fui grato. Pai e mãe, amo vocês. Obrigado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por me conduzir até onde me encontro e por iluminar os caminhos que tenho escolhido.

Ao professor doutor Paulo Roberto de Camargo e Castro pela orientação, confiança e relevante contribuição em minha formação. Por ter me oferecido a oportunidade de trabalharmos juntos nessa minha etapa na pós-graduação.

Ao Programa de Pós-graduação em Fisiologia e Bioquímica de Plantas.

À Solizete, secretária do meu programa, pela amizade e auxílios prestados durante o curso.

Ao professor doutor Carlos Tadeu dos Santos Dias (ESALQ-USP) pela sua contribuição ao me auxiliar na análise estatística desse trabalho.

À Universidade de São Paulo (USP), representada pelo Campus da Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' (ESALQ).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de pesquisa.

E, por fim, a todos que de algum modo estiveram envolvidos nesse presente trabalho deixo meu agradecimento.

EPÍGRAFE

"O futuro pertence a aqueles que acreditam na beleza de seus sonhos"

Eleanor Roosevelt

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1. A CULTURA DO FEIJÃO.....	11
2.2. A CULTURA DA CEVADA.....	12
2.3. A CULTURA DO ARROZ.....	14
2.4. TOMATE CV. MICRO-TOM.....	15
2.5. ESTIMULANTES.....	16
2.5.1. <i>Stimulate® (GA+IBA+CN)</i>	16
2.5.2. <i>Activity (GA+NAA+BA)</i>	18
2.5.3. <i>Suntech® – nano dióxido de titânio (nano TiO₂)</i>	18
2.5.4. <i>Actara® (Tiametoxam)</i>	20
2.6. SISTEMA RADICULAR EM RIZOTRON.....	23
3. OBJETIVOS.....	25
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
4.1. MATERIAL VEGETAL.....	27
4.2. TRATAMENTO DE SEMENTES EM FEIJOEIRO	29
4.2.1. <i>Teste em rizotron</i>	29
4.2.2. <i>Teste em vasos longos</i>	29
4.3. APLICAÇÃO VIA FOLIAR DE ESTIMULANTES EM FEIJOEIRO	30
4.4. APLICAÇÃO VIA FOLIAR DE ESTIMULANTES EM CEVADA.....	30
4.5. APLICAÇÃO VIA FOLIAR DE ESTIMULANTES EM ARROZ.....	31
4.6. APLICAÇÃO VIA FOLIAR DE ESTIMULANTES EM TOMATEIRO	31
4.7. PARÂMETROS DE ANÁLISE PARA OS TRATAMENTOS DE PULVERIZAÇÃO FOLIAR.....	32
4.8. PARÂMETROS DE ANÁLISE PARA OS TRATAMENTOS EM RIZOTRON E VASOS LONGOS	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1. EFEITOS DOS ESTIMULANTES VIA APLICAÇÃO FOLIAR EM FEIJOEIRO, CEVADA, ARROZ E TOMATEIRO.	35
5.2. EFEITO DOS ESTIMULANTES NO DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RADICULAR EM FEIJOEIRO.	47
6. CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS.....	55
ANEXOS	65

RESUMO

Ação de estimulantes vegetais na produtividade de alguns cultivos tropicais

Cereais como a cevada e o arroz e leguminosas como o feijão, são importantes fontes de alimento no mundo. Alcançar maiores índices de produtividade não é apenas um fator econômico, mas social. Os reguladores vegetais têm o papel de estimular os diversos processos do desenvolvimento vegetal. Defensivos agrícolas passaram a serem estudados também como estimulantes vegetais, ao ser verificado que certas substâncias promoviam efeitos positivos na produtividade de cultivos. A fim de estudar esses efeitos em parâmetros de produtividade, quanto ao uso de substância específica e se ocorre diferença quando se modifica a fonte de reguladores vegetais numa formulação, foi realizada pulverização foliar com doses fixas dos produtos: (GA+NAA+BA), (GA+IBA+CN), nano TiO_2 (nano dióxido de titânio) e tiametoxam em plantas de feijoeiro, cevada, arroz e em tomateiro cultivar Micro-Tom. Além disso, foi instalado um experimento com feijão via tratamento de sementes, com doses fixas dos produtos já citados, em rizotron e em vasos para avaliar o crescimento radicular. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação no Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ/USP. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Duncan através do software estatístico SAS. Em feijoeiro (aplicação via foliar) e tomateiro não foram encontrados efeitos significativos dos produtos na produtividade das plantas, contudo, alguns parâmetros foram influenciados por determinados tratamentos. Foi observada possível fitotoxidez no cultivo de tomate com o uso de tiametoxam ao se avaliar sua produtividade em relação ao controle. Em cevada, a aplicação de nano TiO_2 aumentou a altura das plantas, o índice SPAD e o índice de colheita. Em arroz o tratamento GA+NAA+BA aumentou a altura das plantas e o tratamento tiametoxam promoveu maior número de perfilhos. Na análise do tratamento de sementes em vasos os resultados não foram significativos. Entretanto, o uso de nano TiO_2 influenciou na área radicular. Em rizotron foi observado o maior CRV (crescimento radicular vertical) no tratamento com GA+NAA+BA. Ao final dos experimentos pode-se constatar também que o tratamento com GA+NAA+BA teve desempenho semelhante ao tratamento GA+IBA+CN.

Palavras-chave: Nano dióxido de titânio; Tiametoxam; Feijão; Cevada; Arroz; Tomate; Rizotron; Produtividade

ABSTRACT

Plant stimulants performance on some tropical crops yield

Cereals like barley, rice and legumes like beans are important sources of food in the world. To achieve higher rates of productivity is not just an economic but a social factor. Plant regulators have the role of stimulating the various processes of plant development. Agricultural defensives were also studied as plant stimulants, as it was verified that certain substances promoted positive effects on crop productivity. In order to study these effects in productivity parameters, regarding the use of specific substance and if difference occurs when the source of plant regulators in a formulation is modified, a fixed dose of foliar spray was carried out: (GA+NAA+BA), (GA+IBA+CK), nano TiO₂ (nano titanium dioxide) and thiamethoxam in common bean, barley, rice and tomato (Micro-Tom cultivar) plants. In addition, a bean experiment was installed through seed treatment with fixed doses of the mentioned products, in rhizotron and in pots to evaluate root growth. The experiments were conducted in a greenhouse at the Biological Sciences Department of ESALQ/USP. The results were submitted to analysis of variance and the Duncan test through SAS statistical software. In bean (foliar application) and tomato, no significant effects of the products were found on plant productivity; however, some parameters were influenced by certain treatments. Possible phytotoxicity was observed in tomato leaves with the use of thiamethoxam when evaluating its productivity in relation to the control. In barley the application of nano TiO₂ increased the plant height, SPAD chlorophyll and the harvest indexes. In rice, the treatment GA+NAA+BA increased the plant height and the treatment with thiamethoxam increased the number of tillers. In the seed treatment in pots, analyses of the results were not significant. However, the use of nano TiO₂ influenced the root area. In rhizotron, the highest CRV (vertical root growth) was observed in the GA+NAA+BA treatment. At the end of the experiments, it could be seen that the GA+NAA+BA treatment performed similarly to GA+IBA+CK treatment.

Keywords: Nano titanium dioxide; Thiametoxam; Bean; Barley; Rice; Tomato; Rhizotron; Yield

1. INTRODUÇÃO

O uso de defensivos agrícolas é uma prática comum em culturas de interesse econômico que visam melhor qualidade e maior produção. Alguns produtos, além de controlar insetos e pragas, apresentam efeito estimulante nas plantas, melhorando seu desenvolvimento e vigor. Porém, esses efeitos secundários são pouco conhecidos (REDDY et al., 1990).

Na agricultura moderna é necessário fazer o uso de tecnologias que favoreçam não só a quantidade produzida, mas a qualidade dos alimentos e também o uso consciente de combustíveis renováveis a fim de se reduzir desperdícios (SPIERTZ; EWERT, 2009). A tecnologia de tratar sementes com agroquímicos, além da já consagrada e difundida técnica de aplicação foliar, é fundamental para a proteção dos produtores e para que as plântulas tenham melhores condições de defesa relacionadas com melhor desenvolvimento inicial da cultura (CASTRO et al., 2008b).

Estimulantes vegetais são produtos sintetizados que quando aplicados exogenamente e em quantidades adequadas podem propiciar ações similares aos grupos de hormônios vegetais naturalmente encontrados nas plantas. Hormônios vegetais são moléculas de baixo peso molecular produzidas na planta, as quais, em baixas concentrações (10^{-15} - 10^{-4} M), promovem, retardam ou modificam processos morfofisiológicos do vegetal (CASTRO, 2006).

Quando os estimulantes são aplicados em concentrações relativamente baixas, se tornam eficientes nos processos de desenvolvimento e reprodução das plantas, possibilitando uma melhor produção na colheita (CASILLAS et al., 1986). As aplicações de estimulantes permitiram observar alterações positivas durante o desenvolvimento das plantas, como aumentar a produtividade de culturas de interesse econômico.

Cereais como a cevada e o arroz e leguminosas como o feijão, são importantes fontes de alimento no mundo, principalmente o arroz, estando presente na alimentação de milhões de pessoas. Portanto, alcançar maiores índices de produtividade não é apenas um fator econômico, mas social.

Observa-se, ao se pesquisar na literatura sobre os efeitos de estimulantes em plantas cultivadas, grande variação nos resultados provocada por mudanças no

local do experimento, alterações climáticas e edáficas e até na técnica utilizada, para um mesmo produto. Essas peculiaridades justificam pesquisar mais a ação desses produtos para determinar a dosagem e o momento de aplicação para culturas de importância econômica, na qual venha a ocorrer aumento de produtividade sem efeito fitotóxico para as plantas.

Adicionalmente, tão importante quanto elevar a produtividade, é reduzir os custos dos estimulantes utilizados, relatar a ação de cada produto e, para isso, estudar diferentes fontes de matéria prima que fornecem um mesmo tipo de produto, para reduzir os custos dos produtores e incentivá-los a usar insumos que incrementem a produção, que foi objetivo desse trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura do feijão

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) tem histórico de domesticação entre os nativos do Peru antes de 6000 a. C., segundo estudos arqueológicos. Contudo, sua diferenciação ocorreu em altitudes entre 1500 e 5000 metros no Norte da América do Sul e em regiões da América Central (EVANS, 1976).

Economicamente, a produção mundial de feijão, baseada no período de 2010 a 2014, se concentrou em quatro países: Índia, Brasil, Estados Unidos e Mianmar representando 51 % do total produzido nesse período. O Brasil colheu entre 2012 e 2014 uma média de 3 milhões de ton ano⁻¹, sendo os principais Estados produtores: Paraná (23%), Minas Gerais (20%) e Goiás (11%) (SALVADOR, 2016).

O gênero *Phaseolus* possui 4 espécies comestíveis. As espécies cultivadas são *P. acutifolius*, *P. lunatus*, *P. coccineus* e *P. vulgaris*, sendo essa última a mais cultivada, contribuindo com 95% da produção mundial de feijão (YOKOYAMA, 2002).

Na classificação botânica, o feijoeiro é uma dicotiledônea pertencente à família Fabaceae, sub-família Faboideae (CRONQUIST, 1988). Seu ciclo vegetativo pode variar de 75 a 120 dias. É uma planta autógama (realiza autofecundação), e por suas sementes não possuírem albúmem, as reservas nutricionais estão nos cotilédones (CASTRO et al. 2008a).

Sobre a fenologia do feijoeiro, as raízes possuem sistema radicular do tipo ramificado com presença de pelos absorventes que aumentam a absorção de água e nutrientes. De acordo com Castro et al. (2008a), o rendimento em produção está relacionado com o índice de área foliar na fase de florescimento, porque com uma maior área foliar ocorre uma maior interceptação de luz e como consequência, uma maior produtividade de grãos e massa seca.

Segundo Fancelli (1990) a temperatura ideal para cultivo do feijoeiro está entre 17° e 29°C. Altas temperaturas podem propiciar o abortamento de flores e vagens por elevar a concentração de etileno nas folhas. Baixas temperaturas prejudicam a formação de ramos laterais e o desenvolvimento das sementes. Quanto à irrigação, o feijoeiro tem moderada tolerância à seca, sendo as fases de

maior sensibilidade ao déficit hídrico a floração e a fase de formação de vagens. Por isso, o feijoeiro tem sensibilidade ao excesso de água e não tolera solo encharcado, mesmo que por curto período de tempo.

A translocação e reserva de nutrientes são semelhantes às demais leguminosas, com a principal fonte de matéria seca para a produção de sementes sendo obtida durante o período após a floração. A massa média por unidade de grão é acentuadamente afetada a partir do estágio de abertura da primeira flor (R6), por estresse hídrico. Redução de área foliar pode levar à redução do metabolismo de carboidratos, que levará à redução na quantidade de fotoassimilados que são drenados para o grão (FANCELLI; DOURADO-NETO, 2000). Quanto aos frutos e sementes, as vagens têm seu desenvolvimento completo entre 9 a 13 dias após o florescimento. Nessa fase, a maior parte dos fotoassimilados é direcionada para os grãos que passam a serem os drenos preferenciais (CASTRO et al., 2008a).

Com relação à fitossanidade, o feijoeiro, possui diversas pragas que afetam sua produtividade. As principais são a mosca-branca (*Bemisia tabaci*) que provoca o vírus do mosaico dourado, a mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) cuja larva provoca galerias na epiderme das folhas e o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) que causa necroses na parte aérea, entre outras pragas, dependendo da região e época de plantio (QUINTELA et al., 2005).

A espécie *P. vulgaris*, em condições ideais, livre de pragas e doenças, pode alcançar uma produtividade de 5 a 6 ton ha⁻¹. Porém, tão importante quanto à quantidade, é a qualidade do grão. Variações na coloração do tegumento desvalorizam o produto, quanto mais escuro for o grão, menor valor terá no mercado. Colheita tardia pode contribuir no escurecimento dos grãos.

2.2. A cultura da cevada

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) foi um dos primeiros cereais domesticados pelo homem. O Oriente Médio é seu centro de origem, entretanto China e Etiópia foram considerados centros secundários da cultura (HARLAN, 1979). Tem ampla distribuição, ocorrendo em grande parte das regiões temperadas do mundo. Há evidências de que a cevada evoluiu mais rapidamente do que outras culturas, assim,

uma cevada silvestre (*Hordeum spontaneum*) originou a espécie comum (*Hordeum vulgare* L.) cultivada atualmente (SMITH, 1995).

No cenário econômico e mundial, os países Rússia, Ucrânia e Canadá são os que mais produziram cevada no período de 2007 a 2011. No Brasil, nesse mesmo período, os principais estados produtores foram: Paraná com 62,6% da produção e Rio Grande do Sul com 34,9% da produção nacional (DE MORI et al., 2012).

Por possuir características de produção semelhantes ao trigo, a cevada constitui importante opção para rotação de culturas, principalmente na Região Sul.

Segundo Arias (1995), o uso de cultivares precoces aliados à antecipação do plantio, colabora para se colher a safra e seguir com o plantio das demais culturas. A colheita deve ser realizada em período seco, com baixa umidade e seus grãos não deverão ter teor de proteína superior a 12 %, característica essa indesejada pela indústria de cervejas.

A cevada é uma gramínea da família Poaceae. Seu colmo é cilíndrico, constituído de 5 a 7 entrenós. A lígula e principalmente a aurícula, permitem diferenciar a cevada dos demais cereais porque são glabras (sem pelos), envolvem o colmo e pode haver presença de antocianinas. Cultivares de cevada cervejeira produzem menor massa verde do que cultivares para forragem, porque suas folhas são menos largas e compridas. A inflorescência desse cereal é em espiga, cuja espiguetas possui duas ou seis fileiras. A espiga de cevada cervejeira é dística com ausência de espiguetas terminal o que permite sua diferenciação com o trigo. De modo geral, cultivares de cevada de seis fileiras são considerados forrageiras, ou seja, produzem significativa quantidade de massa verde e os grãos tendem a possuir maior porcentagem de proteína, propiciando seu uso na alimentação animal (EMBRAPA, 2012).

Em relação ao clima, a cevada cervejeira se adapta melhor a regiões de alta luminosidade, baixa umidade relativa do ar e temperaturas amenas, as quais propiciam uma melhor formação, enchimento e maturação dos grãos (DE MORI et al., 2012). Quanto à irrigação, Urchei (1992), verificou que o déficit hídrico tem efeito sobre a produção de grãos de cevada e que variou em relação à duração e o estágio fenológico da cultura, sendo o estágio de florescimento o mais sensível ao déficit de água. Mesmo com características semelhantes ao trigo, a cevada é mais exigente aos tratamentos culturais, pois tem menor tolerância à acidez do solo que o trigo.

Sobre o manejo fitossanitário verifica-se que as espécies de pragas que atacam as plantas de cevada são quase as mesmas que atacam outros cereais de inverno, como aveia e trigo. Têm destaque algumas pragas que causam danos econômicos à cevada com maior frequência, as quais são: diversas espécies de pulgões e lagartas assim, como, corós (*Phyllophaga triticophaga*) que vivem próximos à superfície do solo (SALVADORI, 2000).

Assim como o trigo, a cevada pode sofrer com o acamamento. O acamamento pode ocorrer pelo excesso de adubação nitrogenada que promove crescimento excessivo em altura, pela chuva e pelo vento, e com isso, causa prejuízos na produtividade dificultando a colheita, a granação e favorecendo patógenos.

2.3. A cultura do arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um cereal de significativa importância social e econômica no mundo. Historicamente, no período neolítico, com o surgimento da agricultura no Oriente e depois na Europa, iniciou-se a cultura de cereais. No caso do arroz não se têm evidências claras sobre seu centro de origem ser na China ou na Índia (FLANDRIN; MONTANARI, 1998).

O arroz é uma gramínea da família Poaceae. É uma espécie de ciclo anual adaptada naturalmente ao ambiente aquático em virtude do aerênquima presente nos colmos e raízes, estrutura essa que permite a passagem interna de oxigênio para a rizosfera (SOSBAI, 2014). Duas espécies foram domesticadas, as quais são a *O. sativa*, chamada de arroz asiático e *O. glaberrima*, conhecida como arroz africano (VAUGHAN et al., 2003).

Em escala global, os países da China e Índia são os maiores produtores de arroz representando 30% e 21% da produção mundial, respectivamente (EPAGRI-CEPA, 2010). No Brasil, o arroz é a terceira planta mais cultivada em área quando se compara com culturas de ciclo anual (CONAB, 2015), sendo a região sul do país a principal produtora, representando cerca de 73% da produção nacional (EPAGRI-CEPA, 2010).

O cultivo do arroz é encontrado em várias regiões do país, sob diferentes condições de cultivo e sistemas de produção, onde em terras altas prevalece o

sistema de irrigação e em regiões de várzea irrigação por inundação (ALVAREZ et al., 2006). A irrigação utilizada com maior frequência é por inundação contínua, além de ser mais prática, propicia aumento na produtividade, na qualidade dos grãos e maior eficiência no controle de plantas invasoras (MEDEIROS et al. 1997).

A temperatura é um dos fatores climáticos que influenciam na fenologia da planta. Faixas ideais de temperatura oscilam entre 30°C a 33°C para fase de floração e 20°C a 25°C para a maturação. A produção de arroz em regime de sequeiro depende de água, sua ausência na época de floração e granação é potencialmente prejudicial afetando diretamente a produtividade (CONAB, 2015). Sobre fotoperíodo, é uma planta de dias curtos, os quais se presentes, antecipam a floração (SOSBAI, 2014).

As doenças que causam maior prejuízo na cultura do arroz são causadas por fungos. A brusone é considerada a doença fúngica que mais afeta a cultura, no Brasil e no mundo. Causa lesões em folhas e colmos, principalmente na fase de perfilhamento e em panículas, podendo comprometer até 60% da produção em alguns casos. Dentre as pragas que atacam a cultura, as principais são a broca do colo, lagarta da folha, percevejos, pulgões e principalmente caramujos (CONAB, 2015).

Leguminosas, como o feijão, fornecem em torno de 20% de proteínas em dietas alimentares, no entanto, são deficientes no aminoácido metionina. Já os cereais, como o arroz, apesar de menor conteúdo de proteínas, possuem maior quantidade de metionina. O consumo de ambos se complementa do ponto de vista nutricional (DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 1998).

2.4. Tomate cv. Micro-Tom

O tomate 'Micro-Tom' (*Solanum lycopersicon* 'Micro-Tom') é uma hortícola da família Solanaceae. A planta possui frutos carnosos e climatéricos, tricomas glandulares e folhas compostas. É usado em grande escala como organismo modelo e planta-teste em pesquisas científicas.

Organismo modelo é uma espécie pesquisada para compreender um processo biológico específico na hipótese de que a descoberta viabilize o entendimento desse processo em outras espécies (DELATORRE; SILVA, 2008).

O cultivar MT ('Micro-Tom') foi proposto como um modelo genético devido ao seu pequeno porte e ciclo de vida curto, aproximadamente 70 a 90 dias, além de possuir frutos e sementes viáveis (MEISSNER et al., 1997) contudo, esse cultivar foi desenvolvido para fins ornamentais (SCOTT; HARBAUGH, 1989). O tomate MT está sendo indicado como preferência na escolha de um cultivar de tomateiro para pesquisas moleculares e fisiológicas (MARTÍ et al., 2006).

É de conhecimento que o tomateiro MT não é uma espécie cultivada para fins alimentícios, como feijão e arroz, mas seu uso se fez pertinente nesse projeto a fim de se testar os estimulantes e relatar seus efeitos. Efeitos os quais podem direcionar futuras pesquisas nas variedades de tomateiro tradicionalmente cultivadas, buscando-se maior produtividade, resistência a pragas e doenças e menor custo de insumos.

2.5. Estimulantes

Estimulantes compreendem os produtos classificados como bioestimulantes, bioativadores ou biorreguladores, os quais são aplicados na agricultura para aumento de produtividade das culturas.

2.5.1. Stimulate® (GA+IBA+CN)

Stimulate® é um bioestimulante, na forma de concentrado solúvel, para crescimento vegetal, fabricado pela Stoller. Em sua composição encontra-se: GA₃ (giberelina) 50 mg L⁻¹, IBA (ácido 4-indolilbutírico) 50 mg L⁻¹, CN (cinetina) 90 mg L⁻¹ e mais ingredientes inertes. De acordo com o fabricante, em arroz, feijão, milho e soja se esperam efeitos como: maior crescimento, enraizamento e produtividade.

De acordo com a literatura, o uso de GA+IBA+CN em sementes de feijoeiro propiciou maiores produções de vagens e grãos quando aplicado na dose de 250 mL ha⁻¹ (OLIVEIRA et al., 1997).

Alleoni et al. (2000) verificaram que o uso de GA+IBA+CN em feijoeiro, seja via foliar ou tratamento de sementes, aumentou o número de vagens, número de entrenós e massa grãos.

Geiss et al. (2005) verificaram em gerânio que a pulverização foliar de GA+IBA+CN (258ml 100L⁻¹ de água) promoveu aumento de 53% no número de flores por umbela demonstrando o potencial do produto também em ornamentais.

O uso de GA+IBA+CN em milho foi estudado com aplicações nas concentrações de 100, 150, 200, 250, 300 e 350 mL ha⁻¹ no sulco de plantio e no tratamento de sementes. Houve maior velocidade na emergência, maior produção de grãos e de número de fileiras de grãos por espiga. Um ganho de produtividade de 68% foi observado com a dose de 350 mL ha⁻¹ (MILLÉO, 2000). Maior velocidade de emergência foi verificada pelo autor em sementes de milho, o que Cato (2006), não verificou para outro cereal, o sorgo.

Em arroz, Vieira (2001), demonstrou a influência de GA+IBA+CN, na cultura. A massa seca da parte aérea, sob a concentração de 5,0 ml / 0,5 kg do estimulante, alcançou valor 8% maior que no tratamento controle. Foi na concentração de 3,2 ml / 0,5 kg de sementes que se obteve uma maior produção de panículas por planta e na concentração de 4,6 ml ocorreu um incremento significativo de 70,2% na massa seca de grãos por planta em relação ao controle.

Em sorgo foi observado que, entre as concentrações 10 a 13 ml kg⁻¹ de sementes, o composto GA+IBA+CN aumentou a massa da matéria seca da parte aérea, das panículas e de grãos (CATO, 2006).

Rodrigues et al. (2002) avaliou a aplicação de GA+IBA+CN em soja, via tratamento de semente e/ou via foliar. Os autores concluíram que o tratamento de sementes (4ml kg⁻¹ de sementes) associado com a aplicação foliar 30 dias após a semeadura (750ml 120L⁻¹ de água), proporcionou maiores valores de área foliar e maiores incrementos na produtividade da cultura.

O tratamento de sementes também pode ser feito com produtos à base de estimulantes, visando obter benefícios no estabelecimento inicial dos cultivos. Segundo Cato (2006), o uso de GA+IBA+CN, no tratamento de sementes de trigo, nas concentrações de 3,5 a 5,0 ml kg⁻¹ possibilitou incrementos na altura, perfilhamento, matéria seca da parte aérea e número de espigas por planta, sendo que maiores concentrações do estimulante aumentaram linearmente o crescimento radicular vertical e total, além da velocidade de crescimento. A autora também

observou que concentrações entre 3,5 e 5 ml do composto no tratamento de sementes de amendoim, resultaram em melhor germinação, crescimento radicular, velocidade do crescimento radicular e massa seca de parte aérea. Segundo Marschner (1995) citocinina e auxina quando juntas exercem alongação no crescimento da raiz principal e atuam no crescimento de raízes laterais.

2.5.2. Activity (GA+NAA+BA)

Activity é um bioestimulante desenvolvido na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP). Composto dos hormônios vegetais GA (ácido giberélico) 500 mg L⁻¹, NAA (ácido naftaleno acético) 500 mg L⁻¹, e BA (benziladenina) 900 mg L⁻¹. Por se tratar de um produto novo não há estudos sobre o mesmo, contudo, esperam-se resultados promissores.

Embora já existam produtos comerciais classificados como estimulantes poucos são os que informam seus componentes detalhadamente, assim como as fontes dos mesmos, generalizando então os efeitos dos produtos sem uma associação a sua fonte de origem.

2.5.3. Suntech® – nano dióxido de titânio (nano TiO₂)

Suntech® é um fertilizante de aplicação foliar composto de nano partículas de dióxido de titânio (TiO₂) na concentração de 0,05%. Segundo o fabricante chinês, NexCHEM, o produto promove o crescimento, aumento da produção em até 20%, menor consumo de água, promove a fotossíntese mesmo com baixa luminosidade e aumenta a resistência à antracnose, ferrugem e mofo branco. Seu uso é recomendado para culturas como arroz, cevada, feijão, soja, trigo, tomate, pimenta, alface, pepino, além de diversas frutas.

Na literatura, estudos com nano TiO₂ em plantas são relativamente recentes. Há poucos trabalhos realizados sobre o uso de nano partículas em culturas, porém, alguns pesquisadores já relataram o uso na produção vegetal.

Yang et al. (2005) observaram sementes de espinafre (*Spinacia oleracea*) que foram embebidas antes do plantio e tiveram as plântulas pulverizadas com solução de nano TiO_2 à 0,25%. Aos 20 dias o teor de proteínas aumentou 52%, aos 30 dias observou-se aumento na atividade de nitrato redutase (NR), aos 35 dias as plantas produziram 44% mais massa seca e fresca em relação ao controle e aos 40 dias o teor de clorofila foi incrementado em 58% em relação ao controle. Os autores supõem que o incremento na produtividade, teor de clorofila e proteínas está relacionado não somente à fotossíntese, mas também ao melhor desempenho do metabolismo de N devido ao nano TiO_2 promover a ativação da NR.

Moaveni et al. (2011), demonstraram o efeito de nano partículas de TiO_2 em cevada (*Hordeum vulgare* L.) na avaliação de parâmetros de produtividade. Com a aplicação na concentração de 0,03% de nano TiO_2 foi encontrado o maior número de grãos, mas não ocorreu diferença significativa no peso de mil grãos e na altura das plantas. Em relação aos parâmetros nutricionais, também na concentração de 0,03%, obteve-se o maior teor de amido e glúten.

Jaberzadeh et al. (2013), estudaram a ação de diferentes concentrações de nano TiO_2 , aplicado via foliar, nos estádios fenológicos de alongamento do caule e floração, em plantas de trigo com e sem estresse causado por déficit hídrico. Avaliando-se os efeitos, observou-se que o maior número de sementes, peso de mil sementes e teor de glúten foi encontrado no tratamento com 0,02%, aplicado na fase de florescimento em plantas sem estresse. Entretanto, em relação à altura periódica, as plantas mais altas foram encontradas no tratamento controle.

Morteza et al. (2013), observaram em milho, que níveis mais elevados de carotenoides, antocianinas e teor de clorofila (a, b e total) foram encontrados em plantas que receberam, via foliar, 0,03% de nano TiO_2 no estágio de florescimento. Os autores justificam esse aumento no teor de pigmentos foliares devido a possível estabilização da membrana do cloroplasto e a proteção da mesma contra a senescência promovida pelo titânio e, complementam que efeitos como melhor captura de luz solar e eficiência fotossintética, podem ser responsáveis pelos dados obtidos.

Raliya et al. (2015a), observaram a ação de nano partículas de TiO_2 e ZnO (óxido de zinco) aplicados via foliar e via solo em tomateiro. Foi observado que a germinação não sofreu influência em relação às concentrações aplicadas, incrementos na altura das plantas foram obtidos até a dose de 250 mg kg^{-1} de

ambas as partículas e ambos os métodos de aplicação, além de redução no tamanho das raízes de modo geral. Maiores teores de clorofila em relação ao tratamento controle foram encontrados nas doses de titânio de 500 mg L⁻¹ e 750 mg kg⁻¹ aplicados via foliar e solo, respectivamente. A dose testada mais elevada, 1000 mg kg⁻¹, de ambas partículas na via solo, promoveu maior produção e peso de frutos. Segundo os autores, maior massa seca foi encontrada sob a dose de 250 mg L⁻¹ de titânio aplicado nas folhas.

Singh e Lee (2016) notaram ao estudar a absorção de Cd (cádmio) e nano TiO₂ em soja, que o tratamento apenas com titânio apresentou germinação mais rápida em relação ao controle e aos tratamentos combinados com Cd. Assim como, maiores índices de clorofila nas folhas também foram encontrados na presença exclusiva de titânio.

Em trigo, a maior porcentagem de germinação foi com a dose de 2 ppm de nano TiO₂ e o menor tempo médio de germinação (0,89 dia⁻¹) foi encontrado sob a dose de 10 ppm de nano TiO₂. Os autores recomendam aplicação de até 10 ppm de nano TiO₂ e relatam que as quantidades superiores testadas causaram efeito inibitório, prejudicando a germinação (FEIZI et al., 2012).

Experimentos conduzidos em casa de vegetação com quatro concentrações de nano TiO₂ (0, 100, 200, 300 e 400 mg L⁻¹) foram avaliados em três hortaliças. Em tomateiro aumentou o comprimento radicular e incrementou a massa aérea fresca e seca sob 400 mg L⁻¹ de nano TiO₂. Em rabanete (*Raphanus sativus* L.) aumentou a altura das plântulas, mas reduziu o comprimento de raízes e massa fresca, sob 100 mg L⁻¹ de nano TiO₂. Na cultura da cebola (*Allium cepa* L.), plantas mais altas foram encontradas sob a concentração de 200 mg L⁻¹ de nano TiO₂ (HAGHIGHI ; SILVA, 2014).

Desse modo, é notável a ação de nano TiO₂ quando aplicado em culturas, contudo, é necessário maior investigação de seu potencial na agricultura.

2.5.4. Actara® (Tiametoxam)

Actara® é um inseticida sistêmico para aplicação via foliar fabricado pela Syngenta. Seu ingrediente ativo é o tiametoxam (250 g i.a. /kg p.c.) cuja fórmula é [3-(2-chloro-1,3-tiazol-5-ilmetil)-5-metil-1,3,5-oxadiazinan-4-ilidene(nitro)amine].

Mesmo sendo inseticida, seu fabricante afirma que, na dose recomendada, apresenta efeito bioativador, melhorando o desenvolvimento das plantas (aumento na velocidade de brotação, maior sistema radicular e parte aérea). Por estes motivos, as plantas poderão resistir melhor às adversidades climáticas, mantendo o seu potencial produtivo. Da mesma empresa, o Cruiser[®] é um inseticida também composto de tiametoxam (350 g i.a. /L p.c.), porém, para uso via tratamento de sementes, devido à natureza do produto ser uma suspensão concentrada. Em feijoeiro, analisando seu efeito como inseticida, o fabricante relata que Actara[®] combate à mosca branca (*Bemisia tabaci* raça B), cigarrinha verde (*Empoasca kraemer*) e vaquinha verde e amarela (*Diabrotica speciosa*), quando aplicado via foliar.

O tiametoxam é utilizado no controle de pragas de algumas culturas. Ele age lesando o sistema nervoso, levando os insetos à morte (GAZZONI, 2008). Inseticidas à base de tiametoxam promovem efeito bioativador, incrementando a produtividade de culturas (CASTRO, 2008b).

Na cultura da batata (*Solanum tuberosum*), o crescimento de raízes em rizotron foi 63% maior com a aplicação de tiametoxam em tratamento de tubérculos na dose de 800 g p.c. ha⁻¹ quando comparado ao tratamento controle (PEREIRA et al., 2007).

Quanto ao uso do tiametoxam em soja, são encontradas algumas divergências. No tratamento de sementes do cultivar Monsoy, em rizotrons, não se observou maior germinação ou desenvolvimento da radícula e hipocótilo que fossem significativos perante o tratamento controle, porém, a área foliar e a massa seca do sistema radicular apresentaram diferenças significativas após 20 dias da germinação, na dose de 127 mL (TAVARES et al., 2007). Sementes do cultivar BRS-181 instaladas em casa de vegetação, com avaliação após 15 dias de emergência (sem déficit hídrico) e 30 dias (com déficit hídrico), apresentaram diferença significativa na germinação quando tratadas com 100 e 200 mL p.c. 100 kg⁻¹ de sementes, mas não se verificaram diferenças na massa fresca e altura das plantas (GOULART, 2008). Os cultivares de soja EMBRAPA 48 e Conquista não apresentaram diferença na população de plantas e diâmetro do caule, quando as sementes foram tratadas com o tiametoxam, porém, quando tratadas, observou-se maior produtividade (DAMICO, 2008).

A aplicação de tiametoxam em feijoeiro 'Pérola', em tratamento de sementes, na dose de 350 mL p.c. 100 kg⁻¹ de sementes, aumentou a área foliar, a massa seca da parte aérea e a atividade de nitrato redutase em folhas no estágio fenológico R5, enquanto em pulverização foliar, nas doses de 100 g e 200 g p.c. ha⁻¹, aumentou a atividade de nitrato redutase e a dose de 100 g p.c. ha⁻¹ aumentou a atividade da fenilalanina amônia liase em folhas, no estágio fenológico R5 (PEREIRA, 2010). Tiametoxam e imidacloprid, também aplicados via tratamento de sementes em feijão, promoveram melhorias nos parâmetros de produtividade, os quais foram comprovados na colheita (BARBOSA et al., 2002).

Em braquiária (*Brachiaria brizantha*), tiametoxam reduziu a parte aérea das plantas, mas melhorou o desenvolvimento radicular e aumentou da atividade de nitrato redutase, a qual possibilitou maior acúmulo de proteína bruta na parte aérea. Já em milho, não houve ganho em produtividade e apenas os teores de pigmentos fotossinteticamente ativos foram alterados (MACEDO, 2012).

Segundo Carvalho et al. (2003), o tiametoxam é um inseticida capaz de produzir efeitos fisiológicos próximos aos organofosforados, portanto pode inibir ou induzir o metabolismo de substâncias de atividade proteolítica, as quais podem auxiliar no desenvolvimento celular do vegetal. Sabe-se que a sanidade das plantas no momento da aplicação pode interferir também nos resultados com esse agroquímico. Desse modo, é notável a controvérsia sobre os efeitos fisiológicos de inseticidas e fungicidas em culturas agrícolas, o que demanda estudo melhor direcionado a fim de se obter resultados conclusivos.

Segundo Calafiori e Barbieri (2001), o efeito do tiametoxam na cultura do feijoeiro, no tratamento com sem adubo NPK, foi observado melhor controle de vaquinha verde-amarela e no tratamento com NPK, maior número de plantas germinadas, de nódulos viáveis e produtividade, em comparação aos tratamentos de NPK e tiametoxam, isolados.

Incrementos no índice de emergência em feijoeiro (PYNENBURG et al., 2011) e nas taxas de germinação, emergência, comprimento e desenvolvimento, tanto radicular como de parte aérea de plântulas cevada e trigo (ALMEIDA et al., 2012) via tratamento de sementes, demonstram mais ainda a eficácia do uso do tiametoxam como um estimulante vegetal, e não somente como um inseticida.

Em trigo, Macedo (2012) verificou que aplicações de tiametoxam, via tratamento de sementes, promoveu incrementos nos parâmetros: comprimento

radicular, conteúdo proteico, massa seca da parte aérea e da espiga. O mesmo autor verificou que, para a cultura do arroz, o tiametoxam não promoveu incrementos na produtividade, apesar do aumento na atividade enzimática da PAL e no teor de pigmentos fotossintetizantes.

2.6. Sistema radicular em rizotron

Incrementos observados no desenvolvimento do sistema radicular podem exercer influências significativas na produtividade das culturas, devido aos recursos do solo como água e nutrientes estarem irregularmente distribuídos, portanto, quanto maior e mais rápida a capacidade das plantas em distribuir seu sistema radicular no solo, melhor será sua capacidade em explorar eficientemente estes recursos.

A fase de germinação no desenvolvimento inicial das plantas é fundamental para o sucesso da produção agrícola e o tratamento de sementes é uma técnica que favorece esse desenvolvimento (ELBERT et al., 2008). O uso de pesticidas no tratamento de sementes apresenta benefícios na germinação, controlando doenças e pragas iniciais das culturas, favorecendo o um crescimento inicial saudável do sistema radicular e reduzindo a exposição do operador aos produtos (SIRCHIO; SUTTON, 2007; ELBERT et al., 2008).

A fim de se estudar o sistema radicular das plantas, diversas técnicas podem ser utilizadas. O método da parede de vidro ou de plástico é similar ao método do rizotron e permite observar as raízes sem que as mesmas sejam retiradas do solo devido à transparência do material. Huck e Taylor (1982) descrevem o método como o uso de uma parede de vidro ou de plástico disposta junto ao solo num recipiente inclinado podendo, assim, acompanhar o desenvolvimento de raízes e medir seu crescimento momentaneamente. Os autores ainda definem a principal função desses métodos como sendo de medir o comprimento e atividade radicular de uma planta.

Segundo Taylor et al. (1990), o método do rizotron é vantajoso quando comparado ao emprego de outras técnicas de estudo sem parede transparente por não ser uma técnica destrutiva de observação da rizosfera. Mensurações podem ser realizadas sucessivamente e a qualquer instante, em raízes individuais ou na porção

visível do sistema radicular. Também há possibilidade do uso de sensores junto ao rizotron para avaliar as condições do solo.

O uso de rizotron associado a diferentes temperaturas já foi estudado por Misra (1999), avaliando as taxas de alongação de raízes e hastes em plântulas de eucalipto sob as temperaturas de 5 °C e 23 °C. O desenvolvimento radicular foi acompanhado por traços de diferentes cores até seu término.

Já Thaler e Pages (1996), utilizaram caixas construídas com chapas de PVC tendo um lado transparente para a observação das raízes de plântulas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). O objetivo foi estudar o diâmetro da raiz apical em virtude do potencial de crescimento radicular, sendo que os autores obtiveram êxito como também, relataram que as caixas foram eficientes.

Um modelo simples de rizotron e fácil de manusear consiste em observar plantas se desenvolvendo sob caixas com solo natural com um dos lados transparente e protegido da luz, podendo ser instaladas no campo ou em casa de vegetação (HUCK; TAYLOR, 1982). Nesse formato de rizotron a inclinação no recipiente com solo é obrigatória. Essa inclinação permite as raízes crescerem junto ao vidro devido ao geotropismo imposto pela gravidade, facilitando a visualização.

Portanto, rizotrons são importantes sistemas de se estudar o desenvolvimento radicular de plantas, seja para analisar o crescimento de diferentes cultivares, estresses abióticos, o processo de absorção de água e sais minerais, o uso de produtos para tratamento de sementes, dentre outros. No estudo do feijoeiro com diferentes estimulantes, via tratamento de sementes, será utilizado um modelo simples de rizotron, já descrito anteriormente.

3. OBJETIVOS

Diversos estimulantes vegetais aplicados via pulverização foliar podem modificar a morfologia e fisiologia das plantas alterando o vigor e produtividade podendo, ainda, possibilitar tolerância a estresses, sem efeitos tóxicos e a baixo custo, dependendo da fonte usada na formulação. A descoberta do uso de novas moléculas na agricultura só é eficaz se aliada a estudos visando estabelecer doses e efeitos de cada produto ou substância.

A fim de se estudar esses efeitos nas plantas, quanto ao uso de substância específica e se ocorre diferença quando se modifica a fonte de reguladores vegetais numa formulação, foi realizada pulverização foliar com os produtos GA+IBA+CN, tiametoxam, nano TiO₂ (dióxido de titânio) e GA+NAA+BA em plantas de feijoeiro, cevada, arroz e em tomateiro cultivar Micro-Tom. Além disso, foi instalado um experimento com tratamento de sementes com os mesmos produtos já citados, em rizotron e em vasos, para a cultura de feijão, buscando avaliar principalmente o crescimento radicular.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Material vegetal

Os experimentos foram instalados no Horto Experimental do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP) em Piracicaba, SP, situado a 22° 42' S e 47° 38' W. O material vegetal inicialmente utilizado foi: sementes de feijoeiro comum cultivar BRS Estilo – EMBRAPA, sementes de cevada cultivar Itanema – EMBRAPA, sementes de tomateiro cultivar Micro-Tom e sementes de arroz cultivar IRGA 424RI.

O cultivar de feijão escolhido possui uniformidade de coloração e de tamanho de grão, apresenta resistência ao mosaico comum e à antracnose, porte ereto que confere maior resistência ao acamamento, ciclo de 85 a 90 dias e alta produtividade (EMBRAPA, 2009).

O cultivar de cevada utilizado possui ciclo precoce e maior tamanho de grãos se comparado às demais variedades no mercado. Esse cultivar é adaptado ao cultivo irrigado na região sudeste e seu malte possui características que atendem a indústria cervejeira. O cultivar foi lançado para cultivos irrigados a fim de suprir a demanda dos estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais e Distrito Federal (AMORIM, 2014).

O cultivar de arroz selecionado possui resistência aos herbicidas do grupo químico das Imidazolinonas sendo, portanto, uma alternativa para o controle do arroz vermelho que é uma planta invasora que compete no cultivo de arroz irrigado. Esse cultivar possui alta produtividade de grãos, ciclo médio, é resistente à brusone na folha e na panícula e possui resistência à toxidez por excesso de ferro no solo (SOSBAI, 2016).

O tomateiro ‘Micro-Tom’ é amplamente utilizado em experimentos como planta modelo, seja para estudo molecular ou fisiológico, o que faz dessa espécie uma planta importante a ser testada nesse estudo, uma vez que os dados obtidos podem ajudar em pesquisas com tomateiros de uso comercial.

As sementes de feijoeiro, arroz e cevada foram previamente tratadas com o produto Standak Top[®] que protege as plântulas no período inicial da cultura que, segundo o fabricante, é um composto contendo o inseticida Fipronil (250 g L⁻¹), e os

fungicidas Carbamato Piraclostrobina (25 g L^{-1}) e Tiofanato Metílico (225 g L^{-1}). Em feijoeiro esse produto combate a podridão-de-fusarium (*Fusarium graminearum*), tombamento (*Rhizoctonia solani*) e a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*). Na cevada é eficaz contra tombamento por *Pythium spp.* ou *Aspergillus spp.*, à giberela (*Fusarium graminearum*) e o fungo-de-armazenamento (*Penicillium spp.*). No arroz é eficaz contra tombamento por *Pythium spp.* ou *Aspergillus spp.*

Vasos foram preparados com uma mistura de terra, areia e substrato orgânico na proporção 2:1:1, respectivamente. Os aparelhos rizotrons foram construídos com canos de PVC semicirculares e possuíam as seguintes medidas: 0,63 m de altura e diâmetro igual a 0,26 m. Possuem vidro temperado com espessura de 5 mm tendo a face plana frontal protegida por uma placa de madeira prensada a fim de evitar inibição do crescimento radicular pela luz. Cada rizotron possui um volume médio de $0,066 \text{ m}^3$ que foram preenchidos com areia e mantidos inclinados formando um ângulo de aproximadamente 25° com a vertical em canaletas de alumínio. Os aparelhos foram irrigados em sua capacidade de campo antes da semeadura.

Para a avaliação de crescimento radicular, em rizotron, exclusivo para o feijoeiro, o delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com 5 tratamentos e 4 repetições, constituindo 20 parcelas.

Para os experimentos com aplicação via foliar dos estimulantes o delineamento foi inteiramente casualizado (DIC) para o feijoeiro, em DBC para a cevada e o arroz, com os mesmos 5 tratamentos e 8 repetições para cada cultura, totalizando 40 parcelas. Em tomateiro o delineamento foi em DIC com os mesmos 5 tratamentos citados anteriormente, porém, com 7 repetições, perfazendo 35 parcelas. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente e realizou-se a comparação de médias entre os tratamentos. Alguns dados foram transformados para a análise estatística (ANEXOS).

4.2. Tratamento de sementes em feijoeiro

4.2.1. Teste em rizotron

Os produtos foram utilizados nas seguintes concentrações: GA+NAA+BA 300 µl; GA+IBA+CN 3 ml; dióxido de titânio 1,0 ml; tiametoxam 1,5 ml, todos aplicados para cada 0,5 kg de sementes. Os tratamentos foram acrescidos com água destilada para completar 20 ml de solução para cada 0,5 kg de sementes e assim evitar que o produto fosse absorvido apenas por uma pequena parte das sementes, sendo que o tratamento controle recebeu somente 20 ml de água. Foram aplicados sobre as sementes em sacos plásticos transparentes nas doses e quantidades já mencionadas. Após a aplicação, cada saco plástico foi inflado com ar e agitado por aproximadamente um minuto a fim de cada solução recobrir uniformemente toda a superfície das sementes. Depois, as sementes tratadas foram colocadas para secar a sombra durante uma hora, antes da instalação dos ensaios.

Cada rizotron recebeu 5 sementes, as quais foram distribuídas em contato com a face interna do vidro, na parte superior central. Imediatamente após o surgimento das primeiras raízes foi iniciada a mensuração do comprimento das mesmas em duas plântulas por rizotron durante 10 DAS (dias após semeadura). Folhas plásticas transparentes, identificadas e afixadas na face externa do vidro foram utilizadas para registrar diariamente o crescimento das raízes. A partir dessas determinações foi possível estabelecer o crescimento radicular vertical (CRV) diário em cm.

4.2.2. Teste em vasos longos

Paralelamente à instalação e mensurações feitas no estudo com rizotrons, nas mesmas condições ambientais e tipo de substrato, foi realizado um experimento de acompanhamento em vasos longos (vasos altos que permitem determinar o comprimento ou área da raiz). Foram utilizados 20 vasos plásticos de polietileno com capacidade de 5,0 kg, semeados com cinco sementes cada, sementes as quais

foram tratadas com os mesmos produtos e doses do experimento em rizotron. Após o raleio, cada vaso conteve uma plântula a fim de se avaliar a massa seca das raízes e parte aérea de cada plântula de feijoeiro. Os vasos foram irrigados a fim de se manter o substrato próximo à capacidade de campo.

Ao final do período experimental de 19 DAS o material foi colhido. As raízes das plantas foram separadas da parte aérea, lavadas, pesadas e digitalizadas para mensurar a área radicular (cm²). Após, todo o material, tanto da parte aérea como raízes, foi armazenado em sacos de papel e acondicionado em estufa à 70°C, por 72 horas. A massa seca foi determinada em balança de precisão.

4.3. Aplicação via foliar de estimulantes em feijoeiro

Em casa de vegetação, utilizando-se vasos de plástico com capacidade de 30 kg, foi realizada a semeadura de 10 sementes de feijoeiro por vaso. As plantas foram irrigadas a fim de manter o substrato próximo à capacidade de campo. A partir da fase V3 (expansão do primeiro par de folhas trifolioladas) foram realizadas duas aplicações, com intervalos de 15 dias cada e uma aplicação adicional no início da antese, dos seguintes tratamentos: GA+NAA+BA 100 ml L⁻¹; GA+IBA+CN 5 ml L⁻¹; nano dióxido de titânio (TiO₂) 0,5 ml L⁻¹ e tiametoxam 0,5 g L⁻¹. Antes das aplicações, foi realizado um desbaste, deixando-se apenas 4 plantas por vaso sendo que a altura dessas plantas restantes foi mensurada semanalmente durante 4 semanas. Ao final do experimento, restaram apenas três plantas por vaso, pois a quarta foi selecionada para análise destrutiva, aos 56 DAS, com a separação da parte aérea, armazenamento em saco de papel em estufa à 70°C, por 72 horas. A massa seca foi determinada em balança de precisão.

4.4. Aplicação via foliar de estimulantes em cevada

Em área externa, utilizando-se vasos de plástico com capacidade de 15 kg, foi realizada a semeadura da cevada. As plantas foram irrigadas a fim de manter o substrato próximo à capacidade de campo. Aos 38 DAS, no início do perfilhamento, foram iniciadas duas aplicações, com intervalo de 15 dias cada e uma aplicação

adicional no início da fase de emborrachamento, dos seguintes tratamentos: GA+NAA+BA 0,5 ml L⁻¹; GA+IBA+CN 5 ml L⁻¹; nano dióxido de titânio 0,5 ml L⁻¹ e tiametoxam 0,5 g L⁻¹. Antes das aplicações, foi efetuado um desbaste deixando apenas 4 plantas por vaso e a altura dessas plantas restantes foi mensurada semanalmente durante 5 semanas. Ao final do experimento, restaram apenas três plantas por vaso, pois a quarta foi selecionada para análise destrutiva, aos 70 DAS, com a separação da parte aérea, armazenada em saco de papel em estufa á 70°C, por 72 horas. A massa seca foi estabelecida em balança de precisão.

4.5. Aplicação via foliar de estimulantes em arroz

Em casa de vegetação, utilizando-se vasos de plástico com capacidade de 30 kg, foi realizada a semeadura do arroz. As plantas foram irrigadas a fim de manter o substrato próximo à capacidade de campo. Durante o início do perfilhamento, aos 48 DAS, foram realizadas quatro aplicações, com intervalo de 7 dias cada e uma aplicação adicional no início da fase de emborrachamento, dos seguintes tratamentos: GA+NAA+BA 0,5 ml L⁻¹; GA+IBA+CN 5 ml L⁻¹; nano dióxido de titânio 0,5 ml L⁻¹ e tiametoxam 0,5 g L⁻¹. Antes das aplicações, foi realizado um desbaste deixando-se apenas 4 plantas por vaso e a altura dessas plantas restantes foi mensurada semanalmente durante 5 semanas. Ao final do experimento, restaram apenas três plantas por vaso, pois a quarta foi selecionada para análise destrutiva, aos 90 DAS, com a separação da parte aérea, armazenando em saco de papel em estufa á 70°C, por 72 horas. A massa seca foi determinada em balança de precisão.

4.6. Aplicação via foliar de estimulantes em tomateiro

Em casa de vegetação com irrigação controlada, utilizando-se vasos de plástico com capacidade de 400 g, foi realizada a semeadura do tomateiro Micro-Tom. Após 18 DAS, plântulas foram transferidas para vasos individuais. Aos 34 DAS, iniciaram-se as aplicações, totalizando três aplicações com intervalos de 15 dias cada, sendo duas na fase vegetativa e uma no início do florescimento, dos

seguintes tratamentos: GA+NAA+BA 0,5 ml L⁻¹; GA+IBA+CN 5 ml L⁻¹; nano dióxido de titânio 0,5 ml L⁻¹ e tiametoxam 0,5 g L⁻¹. A altura das plantas foi mensurada semanalmente durante 4 semanas. Aos 94 DAS cada planta foi coletada com separação da parte aérea, raízes e frutos, armazenando em saco de papel em estufa à 70°C, por 72 horas. A massa seca foi estabelecida em balança de precisão.

4.7. Parâmetros de análise para os tratamentos de pulverização foliar

A altura foi determinada pela mensuração das plantas do solo até o meristema apical para feijoeiro e tomateiro, e do solo até a extremidade da folha mais longa do colmo principal para cevada e arroz. Foram realizadas mensurações a partir do dia de aplicação dos tratamentos até o início da fase reprodutiva.

No início da fase da antese (abertura dos botões florais), uma planta foi colhida de cada repetição, de cada cultura com exceção do tomateiro, para mensurar a área foliar em cm² pelo aparelho LI-3100C Area Meter (LI-COR BIOSCIENCES) e determinar a massa seca. Também, nessa fase, foram mensuradas as taxas do teor de clorofila aparente com auxílio do clorofilômetro (SPAD 502, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japan). As medidas foram obtidas na região mediana do limbo foliar de folhas do terço mediano da planta em feijoeiro e tomateiro e na região mediana da folha bandeira em cevada e arroz para, assim, determinar o valor SPAD (LOPEZ-BELLIDO; SHEPHERD; BARRACLOUGH, 2004).

Ao final do ciclo reprodutivo de cada cultura foram avaliados parâmetros relacionados à produtividade das mesmas, sendo o peso da massa seca da parte aérea para todas as culturas. Feijoeiro: número de vagens, massa total de grãos e o IC (índice de colheita). Cevada e arroz: número de perfilhos, de espiguetas (cevada) e panículas (arroz), massa de 100 grãos, massa total de grãos e IC. Tomateiro: número de frutos, massa seca de raízes e frutos. O IC foi estimado através da divisão entre a massa seca de grãos (g) pela produção de massa seca total da parte aérea (MOREIRA; ANGULO FILHO; RUDORFF, 1999).

4.8. Parâmetros de análise para os tratamentos em rizotron e vasos longos

As mensurações do crescimento radicular vertical (CRV) em cada rizotron foram anotadas com caneta na própria face do vidro, diariamente, até o 10 DAS. Os dados coletados possibilitaram calcular o CRV ao longo dos dias e observar o crescimento durante o período e o tratamento que resultou em maior raiz vertical.

Através das plantas nos vasos longos foi calculada a taxa de emergência (%) aos 7 DAS, massa seca da parte aérea e raízes e a área radicular total em cm² empregando-se o processamento das imagens por meio do software Image J.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Efeitos dos estimulantes via aplicação foliar em feijoeiro, cevada, arroz e tomateiro.

As plantas de feijoeiro não apresentaram diferenças significativas na altura, comparando o efeito dos produtos em relação ao tratamento controle, durante a análise das mensurações. Ao analisar o comportamento de crescimento em altura das plantas de feijão apenas o tratamento GA+NAA+BA apresentou uma tendência com as maiores plantas durante as quatro semanas de análise (Figura 1). Em cevada (Figura 2), ao analisar o período total das mensurações, o tratamento com nano TiO_2 apresentou as maiores alturas com diferenças significativas em relação aos demais tratamentos (ANEXOS). Moaveni et al. (2011) e Marchiol et al. (2016) encontraram plantas maiores em relação ao controle com o uso do nano TiO_2 em cevada aplicado via foliar (0,01 %) e via solo (1000 mg kg^{-1}), respectivamente.

No arroz (Figura 3), observaram-se plantas maiores em relação ao controle, ao longo do tempo, com o uso do GA+NAA+BA apresentando diferenças significativas em relação ao controle no período (ANEXOS). Cato (2006) encontrou as maiores alturas em trigo via tratamento de sementes com GA+IBA+CN (8 ml kg^{-1}). Crescimento em altura pode ser desejável, a menos que não leve ao estiolamento das plantas. O acamamento pode reduzir a produtividade por prejudicar a colheita, o enchimento e a qualidade de grãos. As maiores alturas em arroz podem ter sido influenciadas pela giberelina. As giberelinas promovem alongação de hastes (entrenós) e o ácido giberélico (GA_3) é a forma comumente utilizada de giberelina. Esse regulador está associado ao crescimento caulinar. Experimentos com giberelina isolada resultaram no aumento do limbo foliar em arroz (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Resultados diferentes foram encontrados no experimento com tomate (Figura 4). O tratamento controle apresentou as maiores alturas. Os demais tratamentos foram afetados negativamente e apresentaram um padrão de redução no crescimento em altura em relação ao controle ao final dos 56 DAS. A aplicação dos produtos pode ter levado a uma possível fitotoxidez reduzindo a altura das plantas, principalmente no tratamento tiametoxam.

Figura 1. Altura em feijoeiro (cm) aos 17, 24, 31 e 38 DAS (dias após semeadura). Os valores das linhas são médias (n=8).

Figura 2. Altura em cevada (cm) aos 38, 46, 52, 59 e 66 DAS (dias após semeadura). Os valores das linhas são médias (n=8).

Figura 3. Altura em arroz (cm) aos 48, 54, 61, 68 e 75 DAS (dias após semeadura). Os valores das linhas são médias (n=8).

Figura 4. Altura em tomateiro (cm) aos 34, 41, 49 e 56 DAS (dias após semeadura). Os valores das linhas são médias (n=7).

A análise do teor de clorofila aparente (SPAD) foi aplicada para todas as culturas por ser uma análise não destrutiva a qual estima indiretamente o conteúdo de clorofila por determinação da intensidade da cor verde das folhas (SENA JUNIOR, 2005). Segundo Khalil (1995), a aplicação de reguladores vegetais modifica a coloração das folhas de cevada e trigo. Os resultados do índice SPAD de cada cultura estão representados na Figura 5.

Figura 5. Índice SPAD do feijão, cevada, arroz e tomate aos 52, 67, 90 e 56 DAS, respectivamente. Os valores das barras são médias ($n=8$ para feijão, cevada e arroz e $n=7$ para tomate), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p<0.05$).

De acordo com a Figura 5 não houve diferença significativa dos tratamentos em relação ao controle, para o índice SPAD em feijoeiro e arroz. Para tomateiro a diferença significativa não foi positiva em relação ao controle. Na cevada, o maior índice SPAD foi observado no tratamento TiO_2 com diferenças significativas em relação ao controle. Num experimento com tratamento de nano TiO_2 foi encontrado o maior teor de clorofila em feijoeiro (0,01 %) via aplicação foliar (RALIYA et al., 2015b), em espinafre (2,5 %) via tratamento de sementes (ZHENG et al., 2004) e em milho (0,03 %) via aplicação foliar (MORTEZA et al., 2013), o que no presente estudo foi encontrado em cevada. Maior teor de clorofila geralmente está associado a ambientes sombreados, porém, pode representar maior potencial para realização da fotossíntese. Plantas com menor índice SPAD podem ter sofrido uma redução na absorção ou direcionamento de nitrogênio não a suprindo adequadamente e por consequência, prejudicando a síntese de clorofilas (TAIZ; ZEIGER, 2009). O

nitrogênio é importante tanto por fazer parte da molécula de clorofila como por ser componente da estrutura de aminoácidos essenciais formadores de proteínas.

A análise da área foliar em feijoeiro, cevada e arroz não revelou diferenças significativas entre os tratamentos em relação ao controle. Em arroz, mesmo sem apresentar diferença significativa, os tratamentos GA+NAA+BA e GA+IBA+CN tenderam a aumentar a área foliar (Figura 6). Garcia et al. (2009) estudaram doses de fósforo com GA+IBA+CN identificando que na ausência de fósforo, o estimulante aumentou a área foliar em arroz. O tratamento GA+IBA+CN possui uma fonte de citocinina, no caso, a cinetina e uma de suas funções é a expansão foliar, a qual pode ter influenciado no aumento da área foliar em arroz. As citocininas também promovem efeitos na divisão, alongamento e diferenciação celular, além de retardar a senescência e quebra da dominância apical (SALISBURY e ROSS, 1994).

Figura 6. Área foliar (cm²). **A)** feijão e cevada aos 56 e 70 DAS, respectivamente. **B)** arroz aos 90 DAS. Os valores das barras são médias (n=8), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p < 0.05$).

A área foliar fornece uma indicação da superfície fotossintética (LOPES et al., 2004). Maior área fotossintética é fator potencial para maior fotossíntese e com isso maior produtividade, além de maior biomassa. Contudo, valores relativamente altos em área foliar podem ser prejudiciais não elevando a produtividade em virtude do auto sombreamento das folhas, podendo ocasionar menor disponibilidade luminosa para as mesmas.

Nas plantas de feijoeiro e arroz não houve incremento significativo na massa seca da parte aérea. Nas plantas de cevada, também não houve diferença significativa entre os tratamentos perante o controle, porém, o uso de tiametoxam mostrou tendência em aumentar a massa seca aérea (Figura 7). Esses resultados reforçam a hipótese de que a aplicação de tiametoxam em plantas expressa determinados genes, possibilitando a ação de enzimas e proteínas de membranas que favorecem a absorção de água e nutrientes, resultando em maior produtividade (CASTRO, 2006). Maior massa seca aérea foi relatada com o uso de tiametoxam em plantas de soja (DENARDIN, 2008; TAVARES et al., 2007), em cana (ARAUJO, 2016), a qual não foi observada em braquiária (MACEDO, 2012).

Em tomateiro, as plantas não aumentaram a massa seca aérea em relação ao tratamento controle (Figura 7). Maior massa seca se relaciona ao maior acúmulo de carboidratos resultante da fotossíntese da planta. Em determinadas culturas é interessante o aumento exclusivo de biomassa, como no caso das forrageiras.

Figura 7. Massa seca da parte aérea (g) do feijão, cevada, arroz e tomate aos 56, 70, 90 e 94 DAS, respectivamente. Os valores das barras são médias ($n=8$ para feijão, cevada e arroz e $n=7$ para tomate), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p<0.05$).

Na análise do número de perfilhos, (Figura 8) o tratamento com tiametoxam se mostrou superior. O tratamento tendeu a aumentar a quantidade de perfilhos em cevada e aumentou significativamente ($p < 0,05$) a quantidade em arroz (20% superior ao tratamento controle). Resultados esses que corroboram os de Grohs (2012) via tratamento de sementes (2 ml kg^{-1}) em arroz, Macedo (2012) via tratamento de sementes ($0,7 \text{ g i.a. kg}^{-1}$) para trigo e Araujo (2016) via tratamento de toletes (1200 ml ha^{-1}) para cana, em que os autores encontraram maior quantidade de perfilhos com o uso de tiametoxam em relação ao controle. Maior perfilhamento não é importante apenas para o acúmulo de biomassa, mas também possibilita uma maior quantidade de colmos se desenvolva e possam vir a se tornarem produtivos. Adicionalmente, ainda que não cheguem a produzir grãos, a presença de perfilhos eleva a área fotossintética para um possível acréscimo na produção de carboidratos.

Figura 8. Número de perfilhos. **A)** cevada aos 67 DAS. **B)** arroz aos 90 DAS. Os valores das barras são médias ($n=8$), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p<0.05$).

Em feijoeiro, arroz e tomateiro não foram observados resultados significativos para número de vagens, panículas e frutos, respectivamente (Figuras 9, 10 e 11). Na cevada não foi observada diferença significativa entre os tratamentos e o controle, porém, o tratamento TiO_2 mostrou tendência no aumento de espiguetas (Figura 10). Maior número de espiguetas em cevada foi encontrado por Marchiol et al. (2016) no com TiO_2 .

Figura 9. Número de vagens em feijoeiro aos 99 DAS. Os valores das barras são médias ($n=8$), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p<0.05$).

Figura 10. Número de espiguetas em cevada e panículas em arroz aos 109 e 138 DAS, respectivamente. Os valores das barras são médias ($n=8$), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p<0.05$).

Figura 11. Número de frutos em tomateiro aos 94 DAS. Os valores das barras são médias ($n=7$), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p<0.05$).

Na análise da massa seca de 100 grãos em cevada e arroz (Figura 12) não foram encontrados resultados significativos dos tratamentos em relação ao controle. Grãos mais pesados são os que drenam mais carboidratos, seja porque o ambiente ou solo foram mais favoráveis ou por efeito do tratamento. O modo pelo qual os tratamentos são aplicados também influencia na relação fonte/ dreno causando variações nos grãos, em virtude da atividade da fonte (local de aplicação). No caso do arroz os tratamentos interferiram significativamente, mas de forma negativa.

Figura 12. Massa seca de 100 grãos (g) em cevada e arroz aos 109 e 138 DAS, respectivamente. Os valores das barras são médias ($n=8$), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p<0.05$).

Não houve diferenças significativas para massa seca total de grãos em feijão, cevada e arroz em relação ao controle (figura 13). Contudo, observa-se em cevada que tratamento com nano TiO_2 apresentou tendência em aumentar esse parâmetro. Em tomate, os tratamentos não foram significativos de maneira positiva em relação ao controle nas análises de massa seca de raízes e de frutos (Figura 14). Maior massa seca de frutos/grãos indica maior acúmulo de carboidratos assim, como, maior massa seca radicular indica que a planta possui um sistema radicular mais desenvolvido o qual permite maior eficiência na absorção de água e sais minerais, estabilização da cultura no início do cultivo e potencialização do vigor da parte aérea.

Figura 13. Massa seca total de grãos (g). **A)** feijão e arroz aos 99 e 138 DAS, respectivamente. **B)** cevada aos 109 DAS. Os valores das barras são médias (n=8), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p < 0.05$).

Figura 14. Massa seca de frutos e raízes (g) em tomateiro aos 94 DAS. Os valores das barras são médias (n=7), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p < 0.05$).

Ao avaliar o IC (índice de colheita) em feijoeiro e arroz observou-se que os tratamentos não influenciaram positivamente em relação ao controle. Para a cevada, o tratamento com nano TiO₂ apresentou maior eficácia e resultou no maior IC dessa cultura diferindo significativamente do controle (Figura 15). Jaberzadeh et al. (2013) relataram que nano TiO₂ (0,02 %), aplicado via foliar, promoveu o maior número e peso de panículas e maior índice de colheita em relação ao tratamento controle na cultura do trigo. O mesmo ocorreu para cevada no presente trabalho, corroborando a hipótese de eficácia do uso desse estimulante em cereais. Pode-se correlacionar positivamente a altura e o IC das plantas de cevada no tratamento nano TiO₂. Esta correlação diverge de estudos com outras gramíneas como os encontrados por Marri et al. (2005) nos quais verificaram que o IC em plantas de arroz foi negativamente correlacionado com a altura da planta, porém, positivamente com o número de espiguetas e peso de grãos. Em milho, também foi verificado que o IC não se relaciona positivamente com a altura da planta, mas sim com a produção de grãos (CAN; YOSHIDA, 1999).

O IC é calculado pela correlação da biomassa dos grãos e de toda a massa da planta [peso de grãos / (peso parte aérea + peso de grãos)] (XU; FAN; MILLER, 2012). Quanto maior o IC, maior a produção de grãos pela planta devido a maior eficiência no transporte de fotoassimilados para os grãos. O importante é aumentar

a massa de grãos e reduzir a massa seca aérea ao longo do tempo, o que possibilita elevar o IC.

Figura 15. IC (índice de colheita) do feijão, cevada e arroz. Os valores das barras são médias (n=8), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p < 0.05$).

Cabe salientar que os resultados em feijão na aplicação via foliar de GA+NAA+BA possivelmente podem ter sofrido influência da dose excessiva do produto nesse experimento a qual foi corrigida nos demais experimentos com as outras culturas. Contudo, mesmo sob a dose corrigida, o GA+NAA+BA ainda mostrou diferenças significativas entre os tratamentos em alguns parâmetros analisados para a cultura do arroz, demonstrando seu potencial como estimulante vegetal.

Com exclusão do número de frutos, todos os parâmetros analisados em tomateiro foram significativamente inferiores ao controle com o uso de tiametoxam. É provável que tenha ocorrido uma fitotoxidez oculta (não visível a olho nu) com o uso do inseticida na dose de $0,5 \text{ g L}^{-1}$. Na literatura não foram encontrados relatos de toxidez com o uso de tiametoxam em plantas de tomate, mas observaram-se estudos nessa e em outras culturas em que o produto não modificou os parâmetros avaliados. Karmakar e Kulshrestha (2009) ao estudarem o uso de tiametoxam no controle de insetos em tomateiro não observaram fitotoxidez do produto em relação ao controle. Em estudos com milho, não foi notada variabilidade no crescimento e

germinação quando submetido a doses de tiametoxam e clothianidin (WILDE et al., 2007) assim, como, não foi observada variabilidade na germinação, crescimento de parte aérea e de raiz, em plantas de soja (CASTRO et al., 2008b). Contudo, há estudos que relatam que o tiametoxam influencia positivamente o vigor das plântulas, quando as mesmas se encontram sob algum tipo de estresse abiótico (CALAFIORI ; BARBIERI, 2001; CATANEO et al., 2010).

O tratamento com nano dióxido de titânio no tomateiro não promoveu nenhum efeito positivo em relação ao controle, mas também não afetou negativamente a planta do mesmo modo que o tiametoxam. Aplicações de nano TiO_2 em plantas de tomate não promoveram benefícios, tão pouco efeitos fitotóxicos (SONG et al., 2013). Pode-se então constatar que o tomateiro é mais sensível à aplicação de estimulantes cabendo, portanto, estudar diferentes doses de um mesmo produto ao invés de utilizar doses padrão para essa cultura.

Pode-se inferir também que a mudança nas fontes de auxina e citocinina entre os tratamentos utilizados, IBA por NAA e CN por BA, causou efeitos similares na produtividade dos cultivos estudados.

5.2. Efeito dos estimulantes no desenvolvimento do sistema radicular em feijoeiro.

Nas análises das plântulas de feijoeiro em vaso longo verificou-se que os tratamentos não foram significativos. Observou-se taxa de emergência igual tanto no tratamento GA+IBA+CN como no GA+NAA+BA (Figura 16). A giberelina é conhecida por atuar na germinação de sementes mobilizando reservas do endosperma e ativando o crescimento vegetativo do embrião (TAIZ; ZEIGER, 2009). Zhang et al. (1997) constatou que aplicações de GA_3 em sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) permitiu acelerar a emergência de plântulas, mas diminuiu a nodulação, fato esse que se normalizou com o desenvolvimento da planta. A presença de uma fonte de giberelina nos tratamentos acima deveria ter contribuído de maneira significativa na taxa de emergência, o que não ocorreu.

Os tratamentos não revelaram diferenças significativas para massa seca de parte aérea e raízes (Figura 17). Resultados esses que divergem de outros autores

que também estudaram leguminosas: Vieira (2001) com o uso de GA+IBA+CN (5 ml /0,5 kg sementes) em feijão e soja propiciando um aumento de 38,5% na massa seca da raiz e mais de 50% na massa seca de plântulas, respectivamente, quando comparado ao tratamento controle, Pereira (2010) relatando maior massa seca aérea com tiametoxam via tratamento de sementes em soja e Raliya et al., (2015b) constatando maior massa seca aérea e radicular com nano TiO₂ via tratamento de sementes em feijão.

Geralmente as plantas com maior parte aérea são as que possuem maior massa radicular, relação a qual não foi observada nesse estudo de maneira significativa perante a estatística, porém, de forma visual. Essa relação pode ser explicada pelo balanço hormonal auxina/citocinina. Auxinas atuam no crescimento do caule, folhas e raízes em associação com a citocinina, além de induzir individualmente a dominância apical. O ácido indolilacético (IAA) é a auxina endógena dos vegetais, porém, substâncias sintéticas com efeitos semelhantes foram desenvolvidas como o ácido naftalenacético (NAA), o ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) e o ácido indolbutírico (IBA), sendo o IBA normalmente utilizado para promover o enraizamento de estacas na propagação vegetativa devido a sua ação na formação de primórdios radiculares (AWAD; CASTRO, 1989).

Figura 16. Taxa de emergência aos 7 DAS (%) em plântulas de feijoeiro. Os valores das barras são médias (n=4), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan (p<0.05).

Figura 17. Massa seca da parte aérea e radicular (g) em plântulas de feijoeiro aos 19 DAS. Os valores das barras são médias ($n=4$), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan ($p<0.05$).

Em relação análise da área radicular não foram observadas diferenças significativas dos tratamentos em relação ao controle. Entretanto, o tratamento com nano TiO_2 tendeu a propiciar maior área radicular (Figura 18). Como não foi observada influência do TiO_2 na massa seca de raízes, é possível que o tratamento aumentou o número de raízes finas, característica desejável porque quanto menor o diâmetro da raiz, maior sua área específica e maior o contato com a solução do solo para a absorção de água e nutrientes. Maior crescimento radicular foi observado com o uso de nano dióxido de titânio em canola (MAHMOODZADEH et al., 2013) e maior área radicular em feijão mungo (RALIYA et al., 2015b). Modificações na arquitetura radicular são fatores determinantes para melhor exploração do solo pelas plantas (LYNCH, 2007) que, por consequência, possibilitam melhores condições de absorção de água e nutrientes (CASTRO et al., 2009).

Figura 18. Área radicular (cm²) em plântulas de feijoeiro aos 19 DAS. Os valores das barras são médias (n=4), colunas com letras diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Duncan (p<0.05).

Em rizotron, o tratamento com GA+NAA+BA promoveu o maior CRV (crescimento radicular vertical) com 27,8 cm (Figura 19), diferindo significativamente dos demais tratamentos (ANEXOS). Na análise diária, observou-se que entre o 3º e 7º DAS o tratamento controle teve um crescimento elevado e a partir desse período passou a diminuir. O tratamento tiametoxam entre o 3º e 6º DAS apresentou crescimento intermediário perante os demais tratamentos e a partir do 6º DAS até o último (10 DAS) teve uma forte redução no crescimento da raiz. Resultado esse que diverge dos encontrados na literatura, a qual relata que o produto estimulou o crescimento de raízes (ALMEIDA et al. 2014; TAVARES et al., 2007; BARBOSA et al., 2002). O inverso ocorreu com os tratamentos GA+IBA+CN e nano TiO₂ que entre o 3º e 6º DAS representavam os menores crescimentos da raiz e a partir desse dia até o último analisado (10 DAS), ocorreu aumento considerável no crescimento radicular. Já o tratamento GA+NAA+BA apresentou maior crescimento radicular durante todos os dias analisados. Vieira (2001) encontrou com a concentração de 5,0 ml / 0,5 kg sementes de GA+IBA+CN o maior CRV (28,4 cm) em relação ao tratamento controle (26,7 cm) em feijão e Cato (2006) encontrou maior CRV no cultivo de amendoim nessa mesma concentração e modo de aplicação.

Figura 19. CRV (crescimento radicular vertical) (cm) em plântulas de feijoeiro do 3º ao 15º DAS. Os valores das linhas são médias (n=4).

Sabe-se que os hormônios vegetais atuam como mediadores em diversos processos fisiológicos. A presença de uma fonte de giberelina, auxina e citocinina nos tratamentos GA+IBA+CN e GA+NAA+BA influenciou positivamente em alguns parâmetros avaliados via tratamento de sementes em feijoeiro. No processo de germinação, as auxinas propiciam o crescimento da raiz primária e do caule. As giberelinas atuam na estimulação da síntese de enzimas para a digestão no endosperma. E as citocininas favorecem a divisão e o alongamento celular além de atenuarem efeitos negativos como o do ácido abscísico, que pode inibir a germinação. Alleoni et al. (2000) observaram que GA+IBA+CN via tratamento de sementes, proporcionou melhor estado inicial das plântulas. Crescimento inicial mais rápido, além de evidenciar vigor, promove o estabelecimento inicial da cultura de maneira mais eficiente favorecendo a competição sobre as plantas invasoras e possibilitando suportar melhor às condições adversas do clima.

6. CONCLUSÕES

Em feijoeiro, as doses utilizadas de cada tratamento não promovem e nem prejudicam a produção das plantas nos parâmetros analisados.

Em cevada, é notável a ação de nano TiO_2 ($0,5 \text{ ml L}^{-1}$). Esse tratamento aumenta a altura, o índice SPAD (teor de clorofila aparente) e o índice de colheita das plantas (11% a mais que o IC do tratamento controle). O uso do estimulante se mostra relevante.

Em arroz, o tratamento GA+NAA+BA ($0,5 \text{ ml L}^{-1}$) aumenta a altura das plantas. E o tratamento tiametoxam ($0,5 \text{ g L}^{-1}$) aumenta o número de perfilhos em 21% em relação ao tratamento controle.

Em tomateiro, as doses usadas de cada tratamento não aumentam os parâmetros de produtividade analisados. Adicionalmente, o tratamento com tiametoxam causa fitotoxidez oculta nesse cultivo ao diminuir todos os parâmetros de produtividade em relação a todos os tratamentos.

No experimento com feijoeiro em vaso longo, as doses utilizadas de cada tratamento não aumentam os parâmetros de produtividade analisados.

No experimento em rizotron, o tratamento de sementes de feijão com GA+NAA+BA aumenta o crescimento de raiz vertical dentro do período de dias estudado. O aumento é 10 % superior em relação ao tratamento controle.

Ao final dos experimentos, observa-se que o tratamento GA+NAA+BA apresenta similaridade nos resultados em comparação com o tratamento GA+IBA+CN, apesar das fontes de citocinina e auxina serem diferentes.

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.
- ALMEIDA, A.S.; LAUXEN, L.R.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E.; TILLMANN, M.A. Physiological performance of wheat and barley seeds treated with bioactivator. New York: **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 2, n. 1, p. 90-101, 2012.
- ALMEIDA, A. D. S., DEUNER, C., BORGES, C. T., MENEGHELLO, G. E., JAUER, A.; VILLELA, F. A. Treatment of rice seeds with thiamethoxam: reflections on physiological performance. **Journal of Seed Science**, v.36 n.4, p. 392-398, 2014.
- AMORIM, G. Cerveja e cevada - **Análise conjuntural**. IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social). v.36, n.5-6, 2014.
- ALVAREZ, R.C.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; RODRIGUES, J.D.; ALVAREZ, A.C.C. Marcha de absorção de nitrogênio de cultivares de terras altas com diferentes tipos de plantas. **Científica**. Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 162-169, 2006.
- ARAUJO, S.H.C. Mini-toletes de cana-de-açúcar: gemas, biorreguladores, adubação nitrogenada e déficit hídrico. - Tese (**Doutorado**) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 83 p., 2016.
- ARIAS, G. **Mejoramiento genético y producción de cebada cervecera en América del Sur**, FAO, Santiago-Chile, 1995, 162 p.
- AWAD, M.; CASTRO, P.R.C. **Introdução à fisiologia vegetal**. Nobel, São Paulo, 1989, 177 p.
- BARBOSA, F.R.; SIQUEIRA, K.M.M.; SOUZA, E.A.; MOREIRA, W.A.; HAJI, F.N.P.; ALENCAR, J.A. de. Efeito do controle químico da mosca-branca na incidência do vírus-do-mosaico-dourado e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 879-883, 2002.
- CALAFIORI, M.H.; BARBIEIRI, A.A. Effects of seed treatment with insecticide on the germination, nutrients, nodulation, yield and pest control in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) culture. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 26, n. 1, p. 97-104, 2001.

- CAN, N.D.; YOSHIDA, T. Genotypic and phenotypic variances and covariances in early maturing grain sorghum in a double cropping. **Plant Production Science**, Fukuoka, v. 2, n. 1, p. 67–70, 1999.
- CARVALHO, V.M.; MARQUES, R.M.; LAPENTA, A.S.; MACHADO, M.F.P.S. Functional classification of esterases from leaves of *Aspidosperma plyneuron* M. Arg. (Apocinaceae). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 26, n. 2, p.195-198, 2003.
- CASILLAS V.J.C.; LONDOÑO I.J.; GUERRERO A.H.; BUITRAGO G.L.A. Analisis cuantitativo de la aplicacion de cuatro bioestimulantes en el cultivo del rabano (*Raphanus sativus* L.). **Acta Agronomica**, v. 36, n. 2, 1986, p. 185-195.
- CASTRO, P.R.C. Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical. ESALQ, Divisão de Biblioteca e Documentação, Piracicaba, 2006, 46 p. **Série Produtor Rural**, v. 32.
- CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; SESTARI, I.; **Manual de fisiologia vegetal: Fisiologia dos cultivos**. Agronômica Ceres, Piracicaba, 2008a, 864 p.
- CASTRO, G.S.A.; BOGIANI, J.C.; SILVA, M G.; GAZOLA, E.; ROSOLEM, C.A. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n.10, p. 1311-1318, 2008b.
- CASTRO, P.R.C.; SERCILOTO, C.M.; PEREIRA, M.A.; RODRIGUES, J.L.M.; ROSSI, G. Agroquímicos de controle hormonal, fosfitos e potencial de aplicação dos aminoácidos na agricultura tropical. **Série Produtor Rural**, Piracicaba, ESALQ – DIBD, 2009, 46p.
- CATANEO, A.C.; FERREIRA, L.C.; CARVALHO, J.C.; ANDRÉO-SOUZA, Y.; CORNIANI, N.; MISCHAN, M.M.; NUNES. J.C. Improved germination of soybean seed treated with thiamethoxam under drought conditions. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 38, p. 248-251, 2010.
- CATO, S. C. Ação de bioestimulante nas culturas do amendoazeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas. Tese (**Doutorado**) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 73 p., 2006.
- CONAB “Companhia Nacional de Abastecimento” - A cultura do arroz. Aroldo Antônio de Oliveira Neto – **Conab**, Brasília, 2015, 180 p.
- CRONQUIST, A. **The Evolution and Classification of Flowering Plants**, New York, Edition 2, 555p., 1988.

- DAMICO, C. Interação entre época de semeadura, ciclo de maturação de cultivares e dose de tiametoxam sobre características agrônômicas e produtividade da soja. In: GAZZONI, D.L. (Coord.). **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. Vozes, São Paulo, 2008, p. 284-308.
- DELATORRE, C. A.; SILVA, A. A. *Arabidopsis thaliana*: Uma pequena planta um grande papel. **Revista de Ciências Agrárias**, v.31 n.2, p. 58-67, 2008.
- DE MORI, C.; MINELLA, E. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada. EMBRAPA Trigo, Passo Fundo, 2012, 20 p. **Documentos Online**, 139.
- DENARDIN, N.D. Ação do tiametoxam sobre a fixação biológica do nitrogênio e na promoção de ativadores de crescimento vegetal. In: GAZZONI, D.L. (Coord.). **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. Vozes, São Paulo, 2008, p. 74-116.
- DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. **Ciências nutricionais**. Sarvier, São Paulo, 1998.
- ELBERT, A.; HASS, M.; SPRINGER, B.; THIELERT, W.; NAUEN, R. Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. **Pest Management Science**, Sussex, v. 64, p. 1099-1105, 2008.
- EMBRAPRA Arroz e Feijão, BRS Estilo: cultivar de grão tipo comercial carioca, com arquitetura de planta ereta associada com alto potencial produtivo. EMBRAPA Arroz e Feijão. **Comunicado Técnico**, nº 186, Santo Antonio de Goiás, 4 p., 2009.
- EMBRAPA, Trigo. Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira, 2. ed. **EMBRAPA**, Brasília, 2012.
- EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina) – CEPA (Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola): **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**. Florianópolis, v. 31. p. 82-97, 2010.
- EVANS AM. Beans. In: SIMMONDE, N.W. (Eds.). **Evolution of crop plants**. Longman, London, 1976, p. 168-172.
- FANCELLI, A.L. Aspectos básicos de fisiologia do feijoeiro. In: FANCELLI, A.L. (Ed.). **A cultura do feijão irrigado**. FEALQ, Departamento de Produção Vegetal, ESALQ-USP, Piracicaba, 1990, p.1-24.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Produção de feijão. **Agropecuária**, Guaíba, 2000, 385p.

- FEIZI, H.; MOGHADDAM, P.R.; SHAHTAHMASSEBI, N.; FOTOVAT, A. Impact of bulk and nanosized titanium dioxide (TiO₂) on wheat seed germination and seedling growth. **Biol. Trace Elem. Res.** V.146, p. 101-106, 2012.
- FLANDRIN, J. L.; MONTANARI, M. (Dir.). **História da alimentação**. Estação Liberdade, São Paulo, 1998.
- GARCIA, R. A., GAZOLA, E.; MERLIN, A., BÔAS, R. L. V.; CRUSCIOL, C. A. C. Crescimento aéreo e radicular de arroz de terras altas em função da adubação fosfatada e bioestimulante/Shoot and root growth of upland rice as affected by phosphorus fertilization and biostimulant. **Bioscience Journal**, v.25 n.4, 2009.
- GAZZONI, D.L. (Coord.). **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. Vozes, São Paulo, 2008. 342 p.
- GEISS, J.; MIELKE, E.C.; CUQUEL, F.L. Ação do bioestimulante Stimulate na cultura do gerânio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 2005, Fortaleza. **Anais...** Sociedade de Olericultura do Brasil, Fortaleza, 2005. p.528.
- GOULART, A.C.P. Tratamento de sementes de soja com Cruiser (tiametoxam) e Apron Maxx RFC (fludioxonil+mefenoxan) In: GAZZONI, D.L. (Coord.). **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. Vozes, São Paulo, 2008, p. 208-217.
- GROHS, M., MARCHESAN, E., ROSO, R., FORMENTINI, T. C., & DE OLIVEIRA, M. L. Desempenho de cultivares de arroz com uso de reguladores de crescimento, em diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47 n.6, p.776-783, 2012.
- HAGHIGHI, M.; DA SILVA, J.A.T.; The effect of N-TiO₂ on tomato, onion, and radish seed germination. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 17, n. 4, p. 221-227, 2014.
- HARLAN, J.R. On the origin of barley. In: **Barley: origin, botany, culture, winterhardiness, genetics, utilization and pests**. USDA-ARS Agricultural Handbook nº 338, 1979.
- HUCK, M.G.; TAYLOR, H.M. The rhizotrons as a tool for root research. **Advances in Agronomy**, v.35, p. 1-35, 1982.

- JABERZADEH, A., MOAVENI, P., MOGHADAM, H. R. T., ZAHEDI, H.; Influence of bulk and nanoparticles titanium foliar application on some agronomic traits, seed gluten and starch contents of wheat subjected to water deficit stress. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 41 n.1, p.201, 2013.
- KARMAKAR, R.; KULSHRESTHA, G. Persistence, metabolism and safety evaluation of thiamethoxam in tomato crop. **Pest management science**, v.65 n.8, p.931-937, 2009.
- LOPES, C.M.; ANDRADE, I.; PEDROSO, V.; MARTINS, S. Modelos empíricos para estimativa da área foliar da videira na casta Jaen. **Ciência e Técnica Vitivinícola**, Dois Portos, v. 19, n. 2, p. 61-75, 2004.
- LOPEZ-BELLIDO, R.J.; SHEPHERD, C.E.; BARRACLOUGH, P.B. Predicting post-anthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 20, n. 3, p. 313-320, 2004.
- LYNCH, J. Roots of the second green revolution. **Australian Journal of Botany**, Melbourne v. 55, n.5, p. 493-451, 2007.
- MACEDO, W.R. Bioativador em culturas monocotiledôneas: avaliações bioquímicas, fisiológicas e da produção - Tese (**Doutorado**) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 79p, 2012.
- MAHMOODZADEH, H.; NABAVI, M.; KASHEFI, H. Effect of nanoscale titanium dioxide particles on the germination and growth of canola (*Brassica napus*). **Journal of Ornamental and Horticultural Plants**, v. 3, n. 1, p. 25-32, 2013.
- MARCHIOL, L., MATTIELLO, A., POŠĆIĆ, F., FELLET, G., ZAVALLONI, C., CARLINO, E.; MUSETTI, R. Changes in physiological and agronomical parameters of barley (*Hordeum vulgare*) exposed to cerium and titanium dioxide nanoparticles. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.13, n.3, p.332, 2016.
- MARRI, P.; SARLA, N.; REDDY, L. V.; SIDDIQ, E. A. Identification and mapping of yield and yield related QTLs from an Indian accession of *Oryza rufipogon*. **BMC Genetics**, London, v. 6, n. 1, p. 1, 2005.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. Academic Press, San Diego, 1995. 889p.

- MARTÍ, E.; GISBERT, C.; BISHOP, G. J.; DIXON, M. S.; GARCÍA-MARTÍNEZ. Genetic and physiological characterization of tomato cv. Micro-Tom. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 9, p. 2037-2047, 2006.
- MEDEIROS, R. D. de et al. Efeito do manejo da água e de herbicidas na cultura do arroz (*Oryza sativa*, L.) irrigado. **Irriga**, Botucatu, v. 2, n. 1, p. 38-49, 1997.
- 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.
- MILLÉO, M.V.R. 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.). Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2000, 18p. (**Relatório Técnico**).
- MISRA, R.K. Root and shoot elongation of rhizotron-grown seedlings of *Eucalyptus nitens* and *Eucalyptus globulus* in relation to temperature. **Plant and Soil**, v. 206, p. 37-46, 1999.
- MOAVENI, P., TALEBI, A., FARAHANI, H. A.; MAROUFI, K. Study of TiO₂ nano particles spraying effect on the some physiological parameters in barley (*Hordeum vulgare* L.). **Advances in Environmental Biology**, p.1663-1668, 2011.
- MOREIRA, M.A.; ANGULO FILHO, R.; RUDORFF, B.F.T. Eficiência do uso da radiação e índice de colheita em trigo submetido a estresse hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 597-603, 1999.
- MORTEZA E.; MOAVENI, P.; FARAHANI, H. A.; KIYANI, M.: Study of photosynthetic pigments changes of maize (*Zea mays* L.) under nano TiO₂ spraying at various growth stages. **Springer Plus**, v.2, p.247, 2013.
- OLIVEIRA, R.F.; PACE, L.; ROSOLEM, C.A. Produção e nutrição do feijoeiro em função da aplicação de um promotor de crescimento. Botucatu: UNESP, Dept. Agricultura e Melhoramento vegetal, (**Relatório Técnico**), 10p, 1997.
- PEREIRA, M.A.; SILVA, F.M.L.; DUARTE, R.M.; CASTRO, P.R.C. Efeito de Tiametoxam e Fludioxonil no comprimento das raízes da batata. In: Encontro Nacional de produção e abastecimento de batata, 2007. **Resumos**. ENPAB, Holambra, 2007, 1 CD-ROM.

- PEREIRA, M.A. Tiametoxam em plantas de cana-de-açúcar, feijoeiro, soja, laranjeira e cafeeiro: parâmetros de desenvolvimento e aspectos bioquímicos. Tese **(Doutorado)** - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 124p., 2010.
- PYNENBURG, G.M.; SIKKEMA, P.H.; GILLARD, C.L. Agronomic and economic assessment of intensive pest management of dry bean (*Phaseolus vulgaris*). **Crop Protection**, Guildford, v. 30, p. 340-348, 2011.
- QUINTELA, E. D.; SARTORATO, A.; LOBO JUNIOR, M.; COBUCCI, T., **Manejo fitossanitário do feijoeiro**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás. Circular Técnica, 73, p.16, 2005.
- RALIYA, R.; NAIR, R.; CHAVALMANE, S.; WANG, W.N.; BISWAS, P.; Mechanistic evaluation of translocation and physiological impact of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles on the tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plant. **Metallomics**, v. 7, n. 12, p. 1584-1594, 2015a.
- RALIYA, R., BISWAS, P., & TARAFDAR, J. C. TiO₂ nanoparticle biosynthesis and its physiological effect on mung bean (*Vigna radiata* L.). **Biotechnology Reports**, v.5, p.22-26, 2015b.
- REDDY, V.R.; HODGES, H.F.; MCKINION, J.M. Is Aldicarb (Temik) a plant growth regulator? Plant growth regulation society of America. Annual meeting, 17., 1990, Saint Paul. **Proceedings**: Plant Growth Regulation Society of America, Saint Paul, p. 79-80, 1990.
- 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 FISIOLÓGIA VEGETAL, 2002, Punta del Este. **Actas...** Sociedade Latinoamericana de Fisiologia Vegetal, Punta del Este, p.124-124, 2002.
- SALVADOR, C. A.; Feijão - Análise da Conjuntura Agropecuária da Safra 2015/2016. SEAB/DERAL - Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento/ Departamento de Economia Rural. Paraná, **Boletim eletrônico informativo**, 13 p., 2016.
- SALVADORI, J.R. Pragas da cultura de cevada. EMBRAPA Trigo, Passo Fundo, **Documentos**, n.23, 48p., 2000.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia vegetal**. Trad. De V. G. Velázquez. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994, 759 p.

- SCOTT, J.W.; HARBAUGH, B.K. Micro-Tom: a miniature dwarf tomato. **Florida Agricultural Experiment Station Circular**, v. 370, p. 1-6, 1989.
- SINGH, J.; LEE, B.; Influence of nano-TiO₂ particles on the bioaccumulation of Cd in soybean plants (*Glycine max*): A possible mechanism for the removal of Cd from the contaminated soil. **Journal of Environmental Management**, v. 170, p. 88-96, 2016.
- SIRCHIO, K.; SUTTON, A. Syngenta professional products focuses chemical technology on new applications to enhance the quality of life. **Chimia**, Zurich, v. 67, n. 1/2, p. 17-22, 2007.
- SMITH, C. W. **Crop Production: evolution, history and tecnologia**. Department of Soil & Crop Science. Texas A&M University, 1995, p. 174-219.
- SONG, U., JUN, H., WALDMAN, B., ROH, J., KIM, Y., YI, J.; LEE, E. J. Functional analyses of nanoparticle toxicity: a comparative study of the effects of TiO₂ and Ag on tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). **Ecotoxicology and environmental safety**, v.93, p.60-67, 2013.
- SOSBAI - SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. SOSBAI, Porto Alegre, 192 p., 2014.
- SOSBAI - SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. **Arroz Irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. SOSBAI, Porto Alegre, 199 p., 2016.
- SPIERTZ, J.H.J.; EWERT, E. Crop production and resource use to meet the growing demand for food, feed and fuel: opportunities and constraints. **NJAS Wageningen Journal of Life Sciences**, v. 56, n.4, p. 281-300, 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. Santarém, E.R. 4. ed. Artmed, Porto Alegre, 2009. 819p.
- TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C.; RIBEIRO, R.V.; ARAMAKI, P.H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de tiametoxam no tratamento de sementes de soja. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 82, n. 1, p.47-54, 2007.
- TAYLOR, H.M.; UPCHURCH, D.R; McMICHAEL, B.L. Applications and limitations of rhizotrons and minirhizotrons for root studies. **Plant and Soil**, v. 129, p. 29-35, 1990.

- THALER, P.; PAGES, L. Root apical diameter and root elongation rate of rubber seedlings (*Hevea brasiliensis*) show parallel responses to photoassimilate availability. **Physiologia Plantarum**, v. 97, p. 365-371, 1996.
- VAUGHAN, D.A.; MORISHIMA, H.; KADOWAKI, K. Diversity in the *Oryza* genus. **Current Opinion in Plant Molecular Biology**, v. 6, p. 139-146, 2003.
- VIEIRA, E.L.; Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja (*Glycine max* (L.) Merril), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e arroz (*Oryza sativa* L.). Tese (**Doutorado**), ESALQ-USP, 122p., 2001.
- WILDE, G.; ROOZEBOOM, K.; AHMAD, A.; CLAASSEN, M.; GORDON, B.; HEER, W.; MADDUX, L.; MARTIN, V.; EVANS, P.; KOFOID, K.; LONG, J.; SCHLEGEL, A.; WITT, M. Seed treatment effects on early-season pests of corn and on corn growth and yield in the absence of insect pests. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, Clemson, v. 24, n. 4, p. 177- 192, 2007.
- XU, G.; FAN, X.; MILLER, A. J. Plant nitrogen assimilation and use efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 63, p. 153–182, 2012.
- YANG, F.; HONG, F.; YOU, W.; LIU, C.; GAO, F.; WU, C.; YANG, P.; Influences of Nano-anatase TiO₂ on the Nitrogen Metabolism of Growing Spinach. **Biological Trace Element Research**. v.110, n.2, p.179-190, 2005.
- YOKOYAMA, L. P. Tendências de Mercado e Alternativas de Comercialização do Feijão. **Comunicado Técnico**, 43, EMBRAPA, p.5–8, 2002.
- ZHANG, F.; PAN, B.; SMITH, D.L. Application of gibberellic acid to the surface of soybean seed (*Glycine max* (L.) Merr.) and symbiotic nodulation, plant development, final grain and protein yield under short season conditions. **Plant and Soil**, v. 188, p. 329-335, 1997.
- ZHENG L., HONG F., LU S., LIU C.; Effect of nano-TiO₂ on strength of naturally aged seeds and growth of spinach. **Biol. Trace Elem. Res.** N.105, p.839-841, 2004.

ANEXOS

ANEXO A. Análise de variância para as médias das alturas das plantas de feijoeiro em função do tempo.

Tratamento	Altura (cm)				
	17 DAS	24 DAS	31 DAS	38 DAS	Período total
Controle	16.3 (± 0.7) a	20.5 (± 0.5) ab	32.2 (± 1.6) ab	61.1 (± 4.6) a	32.5 (± 3.3) ab
GA+NAA+BA	17.4 (± 0.9) a	22.8 (± 1.3) a	39 (± 3.6) a	69.4 (± 9.4) a	37.2 (± 4.6) a
GA+IBA+CN	15.9 (± 0.6) a	19 (± 0.9) b	28.1 (± 2.6) b	47 (± 7.1) a	27.5 (± 2.8) b
TiO ₂	17 (± 0.3) a	20.4 (± 0.4) ab	30.8 (± 2.8) ab	50.5 (± 8.3) a	29.7 (± 3.1) b
Tiametoxam	16 (± 1) a	18.6 (± 1.3) b	29.2 (± 3) b	50.7 (± 7.5) a	28.6 (± 3.1) b
C.V. (%)	10.35	12.35	20.16	34.5	16.74
Valor F	0.98 ^{NS}	2.35 ^{NS}	1.97 ^{NS}	1.47 ^{NS}	5.26 ^{**}

* Significância ($P < 0,05$); ** Significância ($P < 0,01$); NS: não significativo; n = 8. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. DAS: dias após semeadura; (): Erro padrão da média.

ANEXO B. Análise de variância para as médias do índice SPAD, área foliar e massa seca da parte aérea para as plantas de feijoeiro.

Tratamento	SPAD	Área foliar (cm ²) [#]	Massa seca p.a (g) [#]
Controle	34.95 (± 0.6) a	2.95 (± 0.04) a	1.13 (± 0.1) a
GA+NAA+BA	32.67 (± 0.9) a	2.9 (± 0.09) a	1.14 (± 0.2) a
GA+IBA+CN	33.58 (± 0.8) a	2.87 (± 0.07) a	1.11 (± 0.2) a
TiO ₂	32.32 (± 1) a	2.84 (± 0.09) a	1.10 (± 0.3) a
Tiametoxam	33.57 (± 1) a	3.08 (± 0.08) a	1.15 (± 0.3) a
C.V. (%)	7.7	7.8	6.6
Valor F	1.22 ^{NS}	1.37 ^{NS}	0.59 ^{NS}

* * Significância ($P < 0,05$); ** Significância ($P < 0,01$); NS: não significativo; n = 8. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. P.A: parte aérea; C.V: coeficiente de variação; (): Erro padrão da média; #: Dados transformados em log para área foliar e em $X^{0.1}$ para massa seca.

ANEXO C. Análise de variância para as médias do número de vagens, massa seca total de grãos e IC (índice de colheita) para as plantas de feijoeiro.

Tratamento	Número total de vagens [#]	Massa seca total de grãos (g) [#]	Índice de colheita [#]
Controle	1.31 (± 0.01) a	1.33 (± 0.1) a	0.25 (± 0.01) a
GA+NAA+BA	1.32 (± 0.02) a	1.25 (± 0.3) a	0.1 (± 0.02) b
GA+IBA+CN	1.3 (± 0.01) a	1.28 (± 0.2) a	0.2 (± 0.02) a
TiO ₂	1.3 (± 0.01) a	1.28 (± 0.3) a	0.24 (± 0.03) a
Tiametoxam	1.3 (± 0.01) a	1.31 (± 0.2) a	0.18 (± 0.02) ab
C.V. (%)	3.62	5.7	42.36
Valor F	0.09 ^{NS}	1.37 ^{NS}	3.6 [*]

* Significância ($P < 0,05$); ** Significância ($P < 0,01$); NS: não significativo; n = 8. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. C.V: coeficiente de variação; (): Erro padrão da média; #: Dados transformados em $X^{0.1}$ para nº total de vagens e para massa seca total e em $X^{2.2}$ para o IC.

ANEXO D. Análise de variância para as médias das alturas das plantas de cevada em função do tempo.

Tratamento	Altura (cm) [#]					Período total
	38 DAS ¹	46 DAS ¹	52 DAS ¹	59 DAS ¹	66 DAS ¹	
Controle	1.435 b	1.543 a	1.654 ab	1.751 a	1.814 a	1.639 (±0.02) b
GA+NAA+BA	1.433 b	1.549 a	1.646 b	1.741 a	1.803 a	1.634 (±0.02) b
GA+IBA+CN	1.418 b	1.544 a	1.649 b	1.735 a	1.802 a	1.63 (±0.02) b
TiO ₂	1.46 a	1.567 a	1.67 a	1.754 a	1.811 a	1.652 (±0.02) a
Tiametoxam	1.44 ab	1.543 a	1.65 b	1.745 a	1.81 a	1.637 (±0.02) b
C.V. (%)	1.5	1.5	1	1.2	1.2	1.29
Valor F	3.35 *	1.13 ^{NS}	2.57 ^{NS}	1.33 ^{NS}	0.46 ^{NS}	6.52 **

* Significância (P<0,05); ** Significância (P<0,01); NS: não significativo; n = 8. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. DAS: dias após semeadura; (): Erro padrão da média; #: Dados transformados em log; 1: Erro padrão da média menor que 0.01.

ANEXO E. Análise de variância para as médias do índice SPAD, número de perfilhos, área foliar e massa seca da parte aérea para as plantas de cevada.

Tratamento	SPAD	Perfilhos [#]	Área foliar (cm ²) [#]	Massa seca p.a (g)
Controle	49.1 (±0.9) b	1.47 (±0.01) a	1.795 (±0.01) ab	4.94 (±0.2) ab
GA+NAA+BA	49 (±1.3) b	1.46 (±0.01) a	1.79 (±0.01) ab	4.62 (±0.2) ab
GA+IBA+CN	50.6 (±1) ab	1.5 (±0.01) a	1.81 (±0.01) a	4.66 (±0.1) ab
TiO ₂	51.8 (±0.5) a	1.48 (±0.01) a	1.76 (±0.01) b	4.46 (±0.3) b
Tiametoxam	48.9 (±1.1) b	1.51 (±0.02) a	1.8 (±0.01) a	5.29 (±0.3) a
C.V. (%)	4.1	3.47	1.81	13.7
Valor F	3.63 *	1.46 ^{NS}	1.84 ^{NS}	1.97 ^{NS}

* Significância (P<0,05); ** Significância (P<0,01); NS: não significativo; n = 8. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. P.A: parte aérea; C.V: coeficiente de variação; (): Erro padrão da média; #: Dados transformados em log para perfilhos e em X^{0.1} para área foliar.

ANEXO F. Análise de variância para as médias do número total de espiguetas, massa seca de 100 grãos, massa seca total de grãos e índice de colheita para as plantas de cevada.

Tratamento	Número total de espiguetas	Massa seca de 100 grãos (g)	Massa seca total de grãos (g)	Índice de colheita
Controle	18.7 (±1) ab	5.05 (±0.07) a	18.9 (±0.8) ab	0.51 (±0.01) bc
GA+NAA+BA	19.6 (±1.4) ab	4.95 (±0.1) a	19.5 (±1.2) ab	0.53 (±0.02) abc
GA+IBA+CN	17.7 (±1) b	4.94 (±0.06) a	20.6 (±1.1) ab	0.54 (±0.01) ab
TiO ₂	21.9 (±1) a	4.83 (±0.1) a	21.6 (±0.9) a	0.57 (±0.02) a
Tiametoxam	18.7 (±1.7) ab	5.08 (±0.07) a	18.7 (±1.5) b	0.49 (±0.02) c
C.V. (%)	16.9	4.95	15.2	9.3
Valor F	1.82 ^{NS}	1.3 ^{NS}	1.31 ^{NS}	2.76 *

* Significância (P<0,05); ** Significância (P<0,01); NS: não significativo; n = 8. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. C.V: coeficiente de variação; (): Erro padrão da média.

ANEXO G. Análise de variância para as médias das alturas das plantas de arroz em função do tempo.

Tratamento	Altura (cm)					
	48 DAS	54 DAS	61 DAS	68 DAS	75 DAS	Período total
Controle	41 (± 1.9) a	46.5 (± 2.2) a	58.2 (± 1.8) a	70 (± 1.7) a	74.8 (± 1.5) a	58.1 (± 2.2) c
GA+NAA+BA	44 (± 1.5) a	51.4 (± 2) a	64.2 (± 2.6) a	75.9 (± 2.3) a	80.2 (± 1.9) a	63.1 (± 2.4) a
GA+IBA+CN	45.4 (± 1.8) a	50.7 (± 2.1) a	61 (± 2.4) a	71.8 (± 2) a	77 (± 1.5) a	61.2 (± 2.1) ab
TiO ₂	44 (± 1.5) a	49.1 (± 1.5) a	60.6 (± 1.7) a	71.4 (± 1.8) a	76.5 (± 2.1) a	60.3 (± 2.1) bc
Tiametoxam	43.2 (± 2.1) a	49.7 (± 2) a	60.9 (± 1.6) a	72.1 (± 1.4) a	76.8 (± 1.4) a	60.5 (± 2.3) b
C.V. (%)	11.6	11.6	9.84	7.42	6.35	8.29
Valor F	0.81 ^{NS}	0.85 ^{NS}	0.99 ^{NS}	1.37 ^{NS}	1.31 ^{NS}	5.19 ^{**}

* Significância (P<0,05); ** Significância (P<0,01); NS: não significativo; n = 8. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. DAS: dias após semeadura; (): Erro padrão da média.

ANEXO H. Análise de variância para as médias do índice SPAD, número de perfilhos, área foliar e massa seca da parte aérea para as plantas de arroz.

Tratamento	SPAD	Perfilhos	Área foliar (cm ²)	Massa seca p.a (g) #
Controle	31.7 (± 2.30) a	41 (± 2.8) b	1239.6 (± 109) ab	1.02 (± 0.05) a
GA+NAA+BA	32.3 (± 1.6) a	39.1 (± 3.6) b	1444.9 (± 142) ab	1.12 (± 0.07) a
GA+IBA+CN	27.7 (± 1.8) a	47.3 (± 3.4) ab	1458.3 (± 168) a	1.06 (± 0.06) a
TiO ₂	28.9 (± 2.1) a	42.3 (± 2) ab	1311.1 (± 98) ab	1.04 (± 0.04) a
Tiametoxam	30.2 (± 1.5) a	49.7 (± 3.8) a	1237.1 (± 114) b	1.00 (± 0.05) a
C.V. (%)	16.1	17	27.5	15.6
Valor F	1.3 NS	3.32 *	1.63 ^{NS}	0.56 ^{NS}

* Significância (P<0,05); ** Significância (P<0,01); NS: não significativo; n = 8. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. P.A: parte aérea; C.V: coeficiente de variação; (): Erro padrão da média; #: Dados transformados em log.

ANEXO I. Análise de variância para as médias do número total de panículas, massa seca de 100 grãos, massa seca total de grãos e índice de colheita para as plantas de arroz.

Tratamento	Número total de panículas	Massa seca de 100 grãos (g)	Massa seca total de grãos (g) #	Índice de colheita
Controle	27.75 (± 2) a	1.96 (± 0.01) a	1.57 (± 0.04) a	0.54 (± 0.03) a
GA+NAA+BA	27 (± 2.4) a	1.83 (± 0.02) c	1.56 (± 0.07) a	0.48 (± 0.02) abc
GA+IBA+CN	27.37 (± 3) a	1.85 (± 0.03) bc	1.42 (± 0.08) a	0.43 (± 0.03) bc
TiO ₂	24.5 (± 1.8) a	1.85 (± 0.02) bc	1.38 (± 0.07) a	0.42 (± 0.02) c
Tiametoxam	28.14 (± 3.2) a	1.92 (± 0.02) ab	1.5 (± 0.05) a	0.51 (± 0.02) ab
C.V. (%)	26.6	3.13	12.2	16.1
Valor F	0.34 ^{NS}	6.44 ^{**}	1.67 ^{NS}	3.17 ^{**}

* Significância (P<0,05); ** Significância (P<0,01); NS: não significativo; n = 8. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. C.V: coeficiente de variação; (): Erro padrão da média; #: Dados transformados em log.

ANEXO J. Análise de variância para as médias das alturas das plantas de tomateiro cv. Micro-Tom em função do tempo.

Tratamento	Altura (cm)				
	34 DAS	41 DAS	49 DAS	56 DAS	Período total
Controle	8.9 (± 0.3) ab	13.7 (± 0.4) a	18.5 (± 0.4) a	21.1 (± 0.4) a	15.5 (± 0.9) a
GA+NAA+BA	9.5 (± 0.5) a	13.6 (± 0.5) a	17.5 (± 0.4) ab	19.1 (± 0.4) b	14.95 (± 0.7) b
GA+IBA+CN	9.1 (± 0.3) ab	13.4 (± 0.4) a	17.6 (± 0.5) ab	19.3 (± 0.6) b	14.9 (± 0.8) b
TiO ₂	9.1 (± 0.2) ab	12.8 (± 0.3) ab	16.6 (± 0.4) b	18.7 (± 0.5) b	14.3 (± 0.7) b
Tiametoxam	8.2 (± 0.5) b	11.8 (± 0.5) b	15.2 (± 0.6) c	17.1 (± 0.3) c	13.1 (± 0.7) c
C.V. (%)	11	8.9	7.25	6.5	7.9
Valor F	1.57 ^{NS}	3.07 *	7.0 **	9.7 **	17.8 **

* Significância ($P < 0,05$); ** Significância ($P < 0,01$); NS: não significativo; n = 7. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. DAS: dias após semeadura; (): Erro padrão da média.

ANEXO K. Análise de variância para as médias do índice SPAD, massa seca parte aérea e raízes para as plantas de tomateiro cv. Micro-Tom.

Tratamento	SPAD	Massa seca p.a (g)	Massa seca de raízes (g)
Controle	45.3 (± 1) a	2.35 (± 0.16) a	0.49 (± 0.05) a
GA+NAA+BA	43.6 (± 1.3) a	2.04 (± 0.17) ab	0.42 (± 0.02) a
GA+IBA+CN	42.3 (± 1.4) ab	1.86 (± 0.15) ab	0.37 (± 0.03) ab
TiO ₂	43.3 (± 1.7) ab	1.86 (± 0.17) ab	0.38 (± 0.03) ab
Tiametoxam	39.4 (± 1) b	1.51 (± 0.11) b	0.28 (± 0.02) b
C.V. (%)	8.16	21.65	21.4
Valor F	2.74 *	3.75 *	6.37 **

* Significância ($P < 0,05$); ** Significância ($P < 0,01$); NS: não significativo; n = 7. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. P.A: parte aérea; C.V: coeficiente de variação; (): Erro padrão da média.

ANEXO L. Análise de variância para as médias do número de frutos e massa seca de frutos para as plantas de tomateiro cv. Micro-Tom.

Tratamento	Número de frutos [#]	Massa seca de frutos (g)
Controle	2.2 (± 0.1) a	2.42 (± 0.13) a
GA+NAA+BA	2.4 (± 0.2) a	2.02 (± 0.19) ab
GA+IBA+CN	2.1 (± 0.1) a	1.97 (± 0.2) ab
TiO ₂	2.2 (± 0.2) a	2.04 (± 0.25) ab
Tiametoxam	1.9 (± 0.2) a	1.48 (± 0.17) b
C.V. (%)	18.6	25.98
Valor F	1.28 ^{NS}	2.95 *

* Significância ($P < 0,05$); ** Significância ($P < 0,01$); NS: não significativo; n = 7. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. C.V: coeficiente de variação; (): Erro padrão da média; #: Dados transformados em $X^{0.5}$.

ANEXO M. Análise de variância para as médias da taxa de emergência, massa seca da parte aérea e raízes e volume radicular em plântulas de feijoeiro em vaso longo.

Tratamento	Emergência (%) aos 7 DAS	Massa S.A (g) #	Massa S.R (g) #	Área Radicular (cm ²) #
Controle	68.7 (±6.2) a	0.35 (±0.06) a	0.44 (±0.03) a	4 (±0.5) ab
GA+NAA+BA	81.2 (±12) a	0.34 (±0.07) a	0.48 (±0.05) a	3.9 (±0.9) b
GA+IBA+CN	81.2 (±12) a	0.41 (±0.02) a	0.51 (±0.04) a	4.6 (±0.5) ab
TiO ₂	62.5 (±7.2) a	0.39 (±0.03) a	0.48 (±0.01) a	5 (±0.3) a
Tiametoxam	62.5 (±7.2) a	0.4 (±0.04) a	0.5 (±0.05) a	4.8 (±0.6) ab
C.V. (%)	16.4	27.9	17	28.2
Valor F	0.9 ^{NS}	0.42 ^{NS}	0.4 ^{NS}	2.61 ^{NS}

* Significância (P<0,05); ** Significância (P<0,01); NS: não significativo; n = 4. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. S.A: seca parte aérea; S.R: seca de raízes; C.V: coeficiente de variação; DAS: Dias após semeadura; (): Erro padrão da média; #: Dados transformados em X^{1.1} para massa S.A, em X^{0.5} para massa S.R e área radicular.

ANEXO N. Análise de variância para as médias do CRV (crescimento radicular vertical) em plântulas de feijoeiro em rizotron.

Tratamento	CRV (cm)			
	3 DAS	4 DAS	5 DAS	6 DAS
Controle	2.25 (±0.3) a	5.1 (±0.7) a	8.9 (±1.3) a	13 (±1.5) a
GA+NAA+BA	2.35 (±0.6) a	5.8 (±0.7) a	9.7 (±0.6) a	13.4 (±0.3) a
GA+IBA+CN	1.92 (±0.4) a	4 (±0.7) a	7.4 (±0.8) a	12.4 (±0.7) a
TiO ₂	1.94 (±0.2) a	4.1 (±0.2) a	7.2 (±0.3) a	12.1 (±0.5) a
Tiametoxam	1.95 (±0.3) a	4.3 (±0.7) a	7.5 (±1) a	12.3 (±1) a
C.V. (%)	18.5	14.3	11.5	7.5
Valor F	0.22 ^{NS}	1.4 ^{NS}	1.3 ^{NS}	0.3 ^{NS}

Tratamento	CRV (cm)				
	7 DAS	8 DAS	9 DAS	10 DAS	Período Total
Controle	16.5 (±1.8) a	19 (±2) a	21.3 (±2.3) a	23.7 (±2.2) a	13.7 (±4) b
GA+NAA+BA	16.7 (±1) a	20 (±1.2) a	23.6 (±1.1) a	27.8 (±1.3) a	15 (±4.2) a
GA+IBA+CN	16.5 (±1) a	19.3 (±1.2) a	21.5 (±1.5) a	24.5 (±2) a	13.5 (±4.1) b
TiO ₂	16.1 (±0.5) a	19 (±0.6) a	21.6 (±0.8) a	25 (±1) a	13.4 (±4) b
Tiametoxam	15.5 (±0.7) a	18.6 (±1.2) a	21 (±1.4) a	24.2 (±1.5) a	13 (±4) b
C.V. (%)	6.5	6.7	6.3	5.5	8.2
Valor F	0.2 ^{NS}	0.2 ^{NS}	0.6 ^{NS}	1.4 ^{NS}	3.91 **

* Significância (P<0,05); ** Significância (P<0,01); NS: não significativo; n = 4. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente. Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. C.V: coeficiente de variação; DAS: Dias após semeadura; (): Erro padrão da média.