

REGULADORES DE CRESCIMENTO E SEUS EFEITOS SOBRE A QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE CROTALÁRIA

GROWTH REGULATORS AND ITS EFFECT ON THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS AND GROWTH SEEDLINGS OF SUNN HEMP

Claudinei KAPPES¹; Orivaldo ARF²; Marco Eustáquio de SÁ²; João Paulo FERREIRA³; José Roberto PORTUGAL⁴; Andrews Molnar ALCALDE⁴; Rafael Gonçalves VILELA⁴

1. Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Sistemas de Produção), Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia – DFTASE, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, SP, Brasil. kappes.agro@gmail.com; 2. Professor, Doutor., DFTASE/UNESP, Ilha Solteira, SP, Brasil; 3. Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Sistemas de Produção), DFTASE/UNESP, Ilha Solteira, SP, Brasil; 4. Graduandos em Agronomia, DFTASE/UNESP, Ilha Solteira, SP, Brasil.

RESUMO: Informações referentes à utilização de reguladores de crescimento em crotalária ainda são escassas, notadamente sobre a qualidade fisiológica de sementes e o crescimento de plântulas. Nesse aspecto, o conhecimento do produto e da dose de aplicação se destaca como fatores relevantes na produção de sementes de boa qualidade. Este trabalho objetivou avaliar o efeito da aplicação foliar de reguladores de crescimento (cloreto de mepiquat, etil-trinexapac e paclobutrazol) em diferentes doses (0; 75; 150; 225 e 300 g ha⁻¹), sobre a qualidade fisiológica de sementes e o crescimento de plântulas de *Crotalaria juncea* cultivada em sistema plantio direto. Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 5 (reguladores x doses de aplicação), com quatro repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância, com os reguladores de crescimento comparados pelo teste de Tukey e as doses por regressão polinomial. Não se recomenda a aplicação de cloreto de mepiquat na cultura da crotalária por reduzir o potencial de germinação das sementes e a biomassa fresca de plântula. O etil-trinexapac deve ser aplicado na dose de 300 g ha⁻¹, com base na redução do grau de umidade e na condutividade elétrica das sementes, maior comprimento total de plântula e biomassa fresca de plântula. O paclobutrazol deve ser aplicado na dose de 75 g ha⁻¹, considerando o potencial e velocidade de germinação das sementes.

PALAVRAS-CHAVE: *Crotalaria juncea*. Cloreto de mepiquat. Etil-trinexapac. Paclobutrazol. Germinação de sementes.

INTRODUÇÃO

A crotalária, *Crotalaria juncea*, é uma espécie de clima tropical da família das leguminosas, cujo uso como adubo verde é amplamente preconizado face o seu rápido crescimento, grande potencial de produção de biomassa e reciclagem de nutrientes, fácil decomposição e eficiente na fixação biológica do nitrogênio atmosférico (DOURADO et al., 2001; PEREIRA et al., 2005), proporcionando, desta forma, a incorporação de quantidades expressivas deste nutriente nos sistemas de cultivo (GUERRA et al., 2004), fato que é de grande importância, principalmente, para sustentação de unidades de produção orgânica.

Apesar das inúmeras vantagens que o uso da crotalária traz ao sistema produtivo, o entrave principal ao seu cultivo está na baixa disponibilidade de sementes no mercado e a dificuldade de colheita mecanizada. Pelo fato de a crotalária ser uma planta utilizada para prática da adubação verde, o agricultor não tem o hábito de cultivá-la visando obtenção de lucratividade direta

pela comercialização de sementes, por exemplo. Mas como opção de renda extra, pode-se cultivar a crotalária para fins de produção de sementes (DOURADO et al., 2001), haja vista que nos últimos anos tem ocorrido maior demanda de sementes, principalmente devido a sua utilização em reformas de canais e no manejo de fitonematóides. Dependendo da época do ano em que é cultivada, as plantas de crotalária podem atingir ao redor de 3,5 m de altura (LUZ et al., 2005) dificultando os tratos culturais, colheita manual e impedindo qualquer possibilidade de mecanização. Neste aspecto, a utilização de reguladores de crescimento, visando reduzir a altura e evitar possível acamamento das plantas ao longo do ciclo, pode constituir uma técnica importante para contornar esse problema e favorecer a obtenção de sementes com elevada qualidade fisiológica.

Os reguladores de crescimento são substâncias químicas sintéticas que têm efeito sobre o metabolismo vegetal e causam respostas fisiológicas das plantas (SALISBURY; ROSS, 1994). A maioria dos reguladores vegetais age por inibição da biossíntese de giberelinas, hormônios

que, entre outras ações, promovem alongamento celular. Possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos, como as citocininas, giberelinas, auxinas e etileno (VIEIRA; CASTRO, 2002). A redução no porte das plantas, proporcionada pela ação dos reguladores, faz com que os metabólicos sejam direcionados para as estruturas reprodutivas nas quais estão os produtos de importância econômica (NÓBREGA et al., 1999), além de proporcionar maior facilidade nos tratamentos culturais e na colheita.

Estudos têm mostrado a viabilidade da aplicação de reguladores de crescimento na agricultura (ZAGONEL et al., 2002; AMABILE et al., 2004; LINZMEYER JUNIOR et al., 2008; SILVA, 2009) e é amplamente relatada na literatura, principalmente para a cultura do algodão, visando a redução de porte da planta e uniformidade de maturação. No entanto, a sua utilização ainda não é uma prática rotineira em culturas que não atingiram alto nível tecnológico (VIEIRA; CASTRO, 2001). Não obstante a ênfase que tem sido dada aos estudos envolvendo aplicações de reguladores de crescimento em outras culturas, é possível constatar a escassez de informações a respeito dos efeitos da aplicação de reguladores na crotalaria, notadamente sobre a qualidade fisiológica de sementes e o crescimento de plântulas. Nesse aspecto, o conhecimento do produto e da dose de aplicação se destaca como fatores relevantes na produção de sementes de boa qualidade.

Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação foliar de reguladores de crescimento em diferentes doses, sobre a qualidade fisiológica de sementes e o crescimento de plântulas de *Crotalaria juncea* cultivada em sistema plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em duas etapas. A primeira foi realizada em condições de campo, entre os meses de janeiro e junho de 2010, no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul, em área experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista (20° 20' S, 51° 24' W e 340 m de altitude). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico álico e de textura argilosa (EMBRAPA, 2006), cuja análise química, na camada de 0 a 0,2 m, revelou os seguintes valores: MO: 17 g dm⁻³; pH (CaCl₂): 5,5; P (resina) e S : 29 e 7 mg dm⁻³, respectivamente; K, Ca, Mg, H+Al e CTC: 2,7, 31, 18, 33 e 85 mmol_c dm⁻³, respectivamente; e V: 61%. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, com precipitação pluviométrica média anual de 1.330 mm, temperatura média anual de 25 °C e umidade relativa do ar média anual de 66% (CENTURION, 1982). Os dados climáticos foram coletados na Estação Meteorológica da Fazenda e foram registrados diariamente durante a condução do experimento (Figura 1).

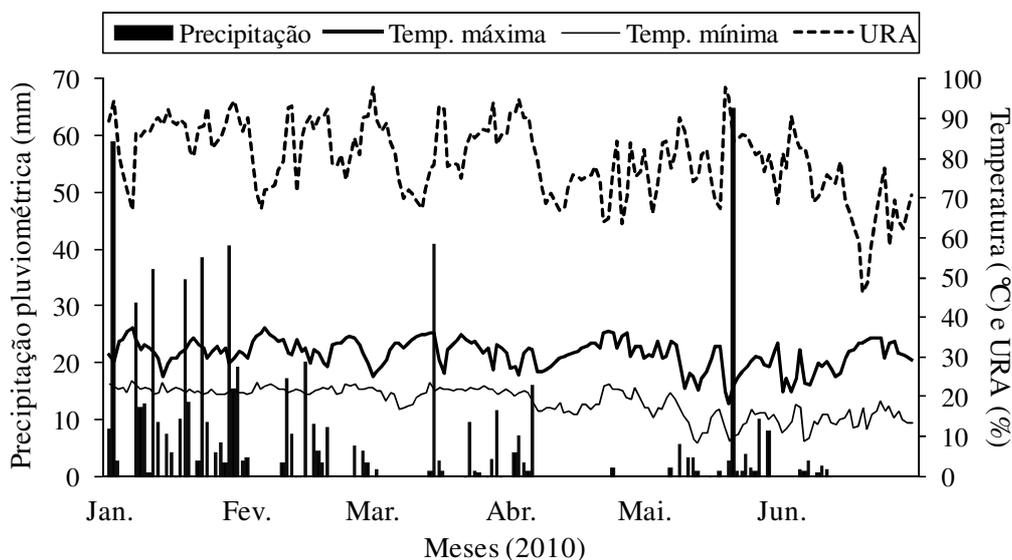


Figura 1. Precipitação pluviométrica, temperatura máxima e mínima do ar e umidade relativa do ar (URA), registradas diariamente durante a condução do experimento. Selvíria – MS, Brasil (2010).

O experimento de campo foi instalado em área cultivada com sistema plantio direto

implantado há oito anos. Previamente à semeadura, as plantas daninhas presentes na área foram

dessecadas com glifosato (1.440 g ha⁻¹). A semeadura da *Crotalaria juncea* foi realizada mecanicamente no dia 21 de janeiro de 2010, distribuindo-se 20 sementes por metro de sulco (30 kg ha⁻¹ de sementes) a uma profundidade de três cm, no espaçamento de 0,34 m entre as linhas. A emergência da maioria das plântulas ocorreu aos cinco dias após a semeadura e a população inicial estabelecida foi de 403.600 plantas ha⁻¹. O florescimento pleno da cultura ocorreu aos 62 dias após a emergência.

Foram estabelecidos quinze tratamentos, resultantes da combinação dos reguladores de crescimento e doses de aplicações, os quais foram dispostos no delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 3 x 5 (reguladores x doses), com quatro repetições. Os reguladores utilizados foram cloreto de mepiquat (Pix HC[®]), etil-trinexapac (Moddus[®]) e paclobutrazol (Cultar 250 SC[®])¹ e aplicados nas seguintes doses: 0 (testemunha, sem aplicação de regulador); 75; 150; 225 e 300 g ha⁻¹ do ingrediente ativo. As aplicações foram realizadas com pulverizador costal manual com capacidade de pressão de trabalho de 6 kgf cm⁻², munido de barra com bicos contendo pontas do tipo jato plano (“leque”), modelo 8003 XLR, e volume de calda aproximado de 200 L ha⁻¹. Os reguladores de crescimento foram aplicados em única vez, aos 30 dias após a emergência das plântulas, momento em que a maioria das plantas apresentava-se entre 80 e 90 cm de altura e as condições ambientais adequadas à aplicação (umidade relativa do ar de 85%, temperatura média de 27 °C e velocidade do vento de 8 km h⁻¹).

As parcelas experimentais foram constituídas por seis linhas de 4,5 m de comprimento, perfazendo área total de 9,18 m². Logo após a colheita nas duas linhas centrais das parcelas, realizada no dia 18 de junho de 2010 (143 dias após a emergência), quando a maioria das plantas nas parcelas apresentava-se com 95% das vagens secas, deu-se início a segunda etapa do estudo, a qual foi realizada no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Unesp, em Ilha Solteira – SP. A qualidade fisiológica das sementes e o crescimento de plântulas foram avaliados mediante os seguintes testes:

a) Determinação do grau de umidade nas sementes: determinado com quatro subamostras de 10 g de sementes por tratamento, utilizando-se o método da estufa a 105±3 °C, por 24 horas (BRASIL, 2009);

b) Germinação: realizada com quatro subamostras de 50 sementes por tratamento, condicionadas em rolos de papel-toalha do tipo germitest umedecidos com água destilada equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca. Os rolos foram acondicionados em germinador, regulado para manter temperatura constante de 25 °C. As contagens foram realizadas no quarto e décimo dias após a instalação do teste (BRASIL, 2009), e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais. Considerou-se como plântula normal aquela sem a presença de danos na raiz e no hipocótilo, sendo possível diferenciar a região de transição entre eles;

c) Primeira contagem de germinação: avaliado juntamente com o teste de germinação, computando-se a porcentagem de plântulas normais no quarto dia após a instalação;

d) Sementes duras: ao final do teste de germinação (décimo dia), registrou-se, também, o percentual de sementes duras contidas nas subamostras. Para esta avaliação, as sementes que não germinaram foram pressionadas com auxílio de pinça, sendo consideradas duras aquelas que resistiram à pressão, como consequência da não absorção de água, isto é, não intumescidas;

e) Índice de velocidade de germinação: também avaliado de forma conjunta com o teste de germinação. O cálculo do IVG foi realizado segundo a metodologia proposta por Maguire (1962). Assim, a primeira contagem e o índice de velocidade de germinação constituíram um indicativo do vigor das sementes, enquanto que a contagem final, a sua viabilidade.

f) Envelhecimento acelerado: conduzido com quatro subamostras de 50 sementes por tratamento, estas foram distribuídas em camada única sobre tela de inox, fixadas no interior de caixas plásticas do tipo gerbox (11,0 x 11,0 x 3,0 cm), contendo 40 mL de água destilada no fundo. As caixas foram tampadas e mantidas à temperatura de 42 °C por 72 horas, em câmara de germinação do tipo BOD (modelo MA 403). Decorrido este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação (BRASIL, 2009), com avaliação do percentual de plântulas normais no quarto dia após a instalação do teste;

g) Teste de frio: realizado com quatro subamostras de 50 sementes por tratamento, as quais foram distribuídas em papel germitest previamente

¹ Nomes de produtos comerciais e sua utilização no experimento não caracterizam recomendação ou preferência dos autores.

umedecido, da mesma maneira como efetuado para o teste de germinação (BRASIL, 2009). Os rolos foram colocados no interior de sacos plásticos, vedados com fita adesiva e mantidos em câmara incubadora BOD (modelo MA 415) regulada a 10 °C, durante sete dias. Posteriormente, os rolos foram transferidos para o germinador regulado à temperatura de 25 °C, onde permaneceram por quatro dias, quando então se realizou a contagem de plântulas normais;

h) Condutividade elétrica: após a determinação da massa de quatro subamostras de 25 sementes por tratamento, em balança de precisão (0,001 g), estas foram submetidas à embebição em copos plásticos contendo 75 mL de água deionizada. Os copos foram acondicionados em germinador, regulado à temperatura de 25 °C, durante 24 horas. Após esse período, as sementes foram agitadas suavemente e realizou-se a leitura da condutividade elétrica da solução de embebição, utilizando-se condutivímetro de bancada modelo mCA-150. Foram calculadas as condutividades elétricas das soluções de embebição, com os valores expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes (VIEIRA; KRZYŻANOWSKI, 1999);

i) Comprimento total de plântula: o substrato foi preparado da mesma maneira como descrito para o teste de germinação. Os rolos confeccionados foram mantidos na posição vertical, em germinador regulado à temperatura de 25 °C, por sete dias. Foram utilizadas quatro subamostras de 20 sementes por tratamento, sendo que para a determinação do comprimento de plântula (raiz + hipocótilo), foram consideradas aleatoriamente 10 plântulas normais por subamostra. A avaliação foi realizada com auxílio de régua milimetrada e os resultados médios expressos em cm;

j) Biomassa fresca e seca de plântula: foram determinadas após a avaliação do teste de comprimento de plântula. Consideraram-se, aleatoriamente, quatro subamostras de 10 plântulas normais por tratamento, as quais foram pesadas em balança de precisão (0,001 g). Os cotilédones foram removidos e a biomassa total obtida, em cada subamostra, foi dividida pelo número de plântulas utilizadas, obtendo-se a biomassa fresca média por plântula, em mg. Após tal determinação, os eixos embrionários foram acondicionados em sacos de papel e levados para secar em estufa com circulação forçada de ar, regulada à temperatura de 80 ± 2 °C, durante 24 horas. Em seguida, pesou-se novamente o material, obtendo-se a biomassa seca com precisão de 0,001 g. A biomassa total obtida, em cada subamostra, foi dividida pelo número de eixos

embrionários componentes, resultando na biomassa seca média por plântula, em mg.

A análise estatística dos resultados constou da análise de variância. As médias de reguladores de crescimento, quando significativas pelo teste F, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (PIMENTEL GOMES; GARCIA, 2002). Por se tratar de fator quantitativo, as médias de doses de aplicações foram avaliadas por meio de análise de regressão polinomial (BANZATTO; KRONKA, 2006), ajustando-se modelos de equações lineares e quadráticas significativas pelo teste F, para melhor discussão dos resultados. Os resultados não foram transformados, tendo-se de maneira geral, baixo coeficiente de variação para a maioria dos testes. O aplicativo computacional utilizado foi o SISVAR (FERREIRA, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O percentual de plântulas normais, obtido mediante o teste de germinação, não foi afetado pelas doses de aplicação, mas apenas pelos reguladores de crescimento (Tabela 1). Maiores percentuais de plântulas normais foram obtidos com a aplicação de etil-trinexapac e de paclobutrazol. Pode-se atribuir esse resultado a redução no porte das plantas proporcionada pela aplicação dos reguladores de crescimento, fazendo com que os metabólicos fossem direcionados para as estruturas reprodutivas das plantas (NÓBREGA et al., 1999), tornando a semente com elevada qualidade nutricional e conseqüentemente, contribuindo para o aumento do potencial de germinação. O referido efeito provavelmente não ocorreu quando se aplicou o cloreto de mepiquat, obtendo-se menor percentual de plântulas normais, contudo, ainda considerado dentro do padrão mínimo de germinação para comercialização, que é de 60% (MAPA, 2008).

Por outro lado, a primeira contagem e o índice de velocidade de germinação foram afetados pelos reguladores de crescimento, doses de aplicação e pela interação entre os respectivos fatores (Tabela 1). Na análise do desdobramento, observa-se que na dose de 225 g ha⁻¹ dos reguladores, a aplicação de cloreto de mepiquat resultou em menor percentual de plântulas normais na primeira contagem e menor índice de velocidade de germinação (Tabela 2), portanto, menor vigor. Comportamento semelhante foi observado, também, quando se aplicou 75 g ha⁻¹ de cloreto de mepiquat, propiciando menor índice de velocidade de germinação das sementes. A obtenção de sementes vigorosas é de fundamental importância, pois o nível de vigor pode afetar o estabelecimento da

cultura, o desenvolvimento das plantas, a uniformidade da lavoura e a sua produtividade (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Tabela 1. Valores de F e médias de germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), sementes duras (SD), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA) e teste de frio (TF) de sementes de *Crotalaria juncea* em função da aplicação de reguladores de crescimento em diferentes doses. Selvíria – MS, Brasil (2010).

Tratamentos	G	PCG	SD	IVG	EA	TF
	%				%	
Reguladores – R						
Cloreto de mepiquat	74 b	62	14	8,39	66	50
Etil-trinexapac	80 a	68	14	9,02	66	51
Paclobutrazol	80 a	67	17	9,11	62	49
Valor de F ⁽¹⁾	5,89 **	4,28 *	2,51 ^{NS}	4,95 *	1,88 ^{NS}	0,55 ^{NS}
Doses - D						
0 g ha ⁻¹	76	65	14	8,71	64	48
75 g ha ⁻¹	81	71	12	9,38	64	48
150 g ha ⁻¹	80	68	14	9,04	65	49
225 g ha ⁻¹	74	62	16	8,34	65	51
300 g ha ⁻¹	77	64	18	8,73	65	54
Valor de F ⁽¹⁾	2,24 ^{NS}	3,09 *	2,27 ^{NS}	2,93 *	2,45 ^{NS}	1,65 ^{NS}
Interação R x D						
Valor de F ⁽¹⁾	1,39 ^{NS}	5,07 **	0,51 ^{NS}	4,13 **	2,19 ^{NS}	1,55 ^{NS}
Média geral	78	66	15	8,84	65	50
CV (%)	7,94	10,30	33,48	8,96	9,35	13,29

⁽¹⁾ Teste F: **; * e ^{NS} – significativo a 1%, 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente; Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; CV – coeficiente de variação.

Tabela 2. Primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de *Crotalaria juncea* em função da aplicação de reguladores de crescimento em diferentes doses. Selvíria – MS, Brasil (2010).

Reguladores	Doses (g ha ⁻¹)				
	0	75	150	225	300
Primeira contagem de germinação (%)					
Cloreto de mepiquat	60 a	65 a	73 a	47 ab	69 a
Etil-trinexapac	64 a	75 a	67 a	71 ab	66 a
Paclobutrazol	71 a	74 a	63 a	68 ab	59 a
Índice de velocidade de germinação					
Cloreto de mepiquat	8,17 a	8,50 ab	9,52 a	6,70 ab	9,05 a
Etil-trinexapac	8,60 a	9,87 ab	8,85 a	9,32 ab	8,92 a
Paclobutrazol	9,35 a	9,77 ab	8,75 a	9,00 ab	8,22 a

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Apenas as médias de paclobutrazol tiveram ajustes de equação perante análise de regressão, observando-se que o incremento das doses do produto proporcionou redução linear tanto do percentual de plântulas normais na primeira contagem (Figuras 2a) quanto do índice de velocidade de germinação (Figura 2b). Fica evidenciado, com esses resultados, que em doses elevadas de paclobutrazol ocorre redução do vigor das sementes de crotalaria, provavelmente

relacionado, também, ao aumento de sementes deterioradas por ocasião do ponto de colheita. Delouche e Baskin (1973), citados por Marcos Filho (2005), afirmam que a menor velocidade de germinação, assim como a redução do potencial de conservação durante o armazenamento, redução das atividades respiratórias e biossintéticas, a perda do poder germinativo e a degradação das membranas celulares, são indicativos da ocorrência dos processos deteriorativos das sementes.

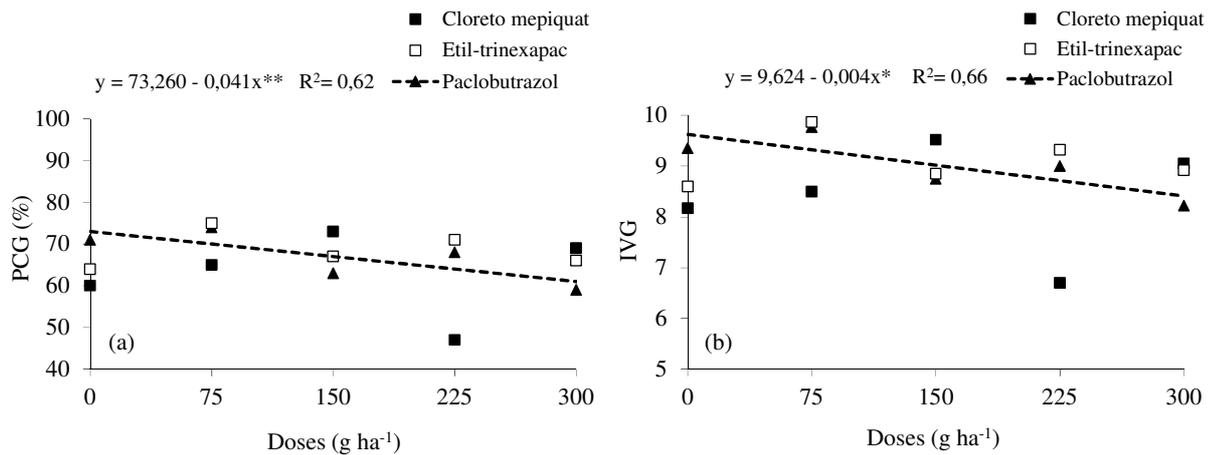


Figura 2. Primeira contagem de germinação (a) e índice de velocidade de germinação (b) de sementes de *Crotalaria juncea* em função da aplicação de reguladores de crescimento em diferentes doses. Selvíria – MS, Brasil (2010). Teste F: ** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

O percentual de sementes duras, constatado ao término do teste de germinação, assim como o envelhecimento acelerado e o teste de frio de sementes, apresentaram comportamento similar e não foram influenciados pela aplicação dos reguladores de crescimento (Tabela 1). Tais resultados demonstram que essas características não foram influenciadas pelas práticas de manejo realizadas na cultura, mas determinadas pelo genótipo. Todavia, é oportuno destacar que em determinadas épocas do ano e condições climáticas, estas podem ser influenciadas negativamente, especialmente sob déficit hídrico e temperaturas elevadas durante a fase reprodutiva da cultura. As sementes duras, por exemplo, são de ocorrência relativamente comum nas leguminosas, principalmente nas espécies do gênero *Stylosanthes*. Este fenômeno é motivado pela impermeabilidade do tegumento à água, sendo, portanto, considerado um tipo de dormência (BRASIL, 2009), cuja proporção é elevada em sementes recém-colhidas. O estágio de maturação das sementes por ocasião da secagem e a rapidez com que ocorre a perda de água são outros fatores que podem interferir na proporção de sementes duras, pois esta foi maior nas sementes imaturas de vagens verdes, quando secadas no interior das vagens, à sombra (NAKAGAWA et al., 2005). Esta não é uma característica desejada na obtenção de sementes de crotalária, pois a sua presença ocasiona transtorno ao agricultor por causar desuniformidade de germinação, comprometendo o estabelecimento inicial da cultura.

O percentual médio de plântulas normais de 65%, obtido após o teste de envelhecimento acelerado (Tabela 1), demonstra o potencial de

armazenamento que as sementes de crotalária apresentaram. As sementes mostraram-se vigorosas, retendo a capacidade de produzir plântulas normais e maior viabilidade, após serem submetidas às condições desfavoráveis de temperatura. Contudo, é válido ressaltar que o teste de envelhecimento acelerado apenas nos fornece um indicativo do potencial de armazenamento das sementes (POPINIGIS, 1985) e que no presente experimento, estas não foram armazenadas, sendo todos os testes realizados logo após a colheita.

O grau de umidade nas sementes foi influenciado pelos reguladores de crescimento, doses de aplicação e pela interação entre estes fatores (Tabela 3). A aplicação de etil-trinexapac proporcionou, em todas as doses avaliadas, menor grau de umidade nas sementes, sendo que na dose de 300 g ha⁻¹ do produto, não se diferenciou da aplicação de cloreto de mepiquat (Tabela 4). Portanto, pode-se inferir que, a aplicação de etil-trinexapac fez com que a perda de água das sementes ocorresse de maneira desuniforme. O grau de umidade nas sementes variou de 87,2 a 101,0 g kg⁻¹, fato importante para a condução dos testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999; VIEIRA et al., 2002), cujos resultados podem ser afetados pelo grau de umidade inicial das sementes. No tocante ao comportamento de doses dentro de cada regulador de crescimento utilizado, mediante análise de regressão, verifica-se que o incremento das doses dos reguladores provocou aumento linear do grau de umidade nas sementes (Figura 3a).

No tocante a condutividade elétrica, teste que avalia indiretamente o grau de deterioração das sementes, a partir da determinação da quantidade de

lixiviados liberados internamente pela semente na solução de embebição, verificou-se que esta foi influenciada pela interação entre reguladores de crescimento e doses de aplicação (Tabela 3). Constatou-se diferença entre as médias de condutividade apenas no tratamento testemunha e na

dose de 300 g ha⁻¹ dos reguladores de crescimento, em que, a aplicação de etil-trinexapac e paclobutrazol favoreceu a obtenção de sementes de maior vigor (Tabela 4), pois quanto menor o valor da condutividade elétrica, mais vigorosa é a semente.

Tabela 3. Valores de F e médias de grau de umidade nas sementes (GUS), condutividade elétrica de sementes (CES), comprimento total de plântula (CTP), biomassa fresca de plântula (BFP) e biomassa seca de plântula (BSP) de *Crotalaria juncea* em função da aplicação de reguladores de crescimento em diferentes doses. Selvíria – MS, Brasil (2010).

Tratamentos	GUS	CES	CTP	BFP	BSP
	— g kg ⁻¹ —	(μS cm ⁻¹ g ⁻¹)	— cm —	— mg plântula ⁻¹ —	
Reguladores – R					
Cloreto de mepiquat	95,3	140,1	20,41	376,4	17,2
Etil-trinexapac	90,9	134,6	20,29	388,3	14,7
Paclobutrazol	97,1	135,3	21,03	394,8	17,1
Valor de F ⁽¹⁾	114,05 **	0,27 ^{NS}	0,89 ^{NS}	0,89 ^{NS}	2,40 ^{NS}
Doses - D					
0 g ha ⁻¹	91,8	140,0	22,45	420,7	15,0
75 g ha ⁻¹	93,9	148,9	18,98	356,0	15,0
150 g ha ⁻¹	93,5	139,1	19,67	372,4	17,3
225 g ha ⁻¹	95,8	126,0	21,22	389,8	17,2
300 g ha ⁻¹	97,1	129,3	20,56	393,6	17,2
Valor de F ⁽¹⁾	28,55 **	1,56 ^{NS}	6,19 **	3,66 *	1,63 ^{NS}
Interação R x D					
Valor de F ⁽¹⁾	3,40 **	3,64 **	3,57 **	4,36 **	0,41 ^{NS}
Média geral	94,4	136,7	20,58	386,5	16,3
CV (%)	1,41	18,60	9,14	11,38	20,82

⁽¹⁾ Teste F: **, * e ^{NS} – significativo a 1%, 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente; CV – coeficiente de variação.

Tabela 4. Grau de umidade nas sementes, condutividade elétrica de sementes, comprimento total de plântula e biomassa fresca de plântula *Crotalaria juncea* em função da aplicação de reguladores de crescimento em diferentes doses. Selvíria – MS, Brasil (2010).

Reguladores	Doses (g ha ⁻¹)				
	0	75	150	225	300
————— Grau de umidade nas sementes (g kg ⁻¹) —————					
Cloreto de mepiquat	93,5 ab	95,2 ab	95,1 ab	96,3 abc	096,2 ab
Etil-trinexapac	87,2 ab	90,7 ab	90,8 ab	91,8 abc	094,0 ab
Paclobutrazol	94,8 ab	95,8 ab	94,6 ab	99,2 abc	101,0 ab
————— Condutividade elétrica (μS cm ⁻¹ g ⁻¹) —————					
Cloreto de mepiquat	118,7 ab	148,9 a	163,9 a	106,5 a	162,4 ab
Etil-trinexapac	164,7 ab	156,6 a	124,2 a	124,0 a	103,5 ab
Paclobutrazol	136,6 ab	141,3 a	129,3 a	147,6 a	121,8 ab
————— Comprimento total de plântula (cm) —————					
Cloreto de mepiquat	23,07 a	19,62 a	18,82 ab	21,70 a	18,82 ab
Etil-trinexapac	21,95 a	19,82 a	17,67 ab	19,65 a	22,35 ab
Paclobutrazol	22,32 a	17,50 a	22,50 ab	22,32 a	20,50 ab
————— Biomassa fresca de plântula (mg plântula ⁻¹) —————					
Cloreto de mepiquat	427,0 a	401,5 a	325,2 ab	374,0 a	354,5 ab
Etil-trinexapac	439,5 a	332,7 a	349,7 ab	373,5 a	446,0 ab
Paclobutrazol	395,7 a	333,7 a	442,2 ab	422,0 a	380,4 ab

Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados de condutividade elétrica indicaram que, à medida que aumentavam as doses de aplicação de etil-trinexapac, houve redução nos seus valores (Figura 3b), demonstrando ser vantajosa a sua utilização para se obter sementes com boa qualidade fisiológica. Permite-se dizer, com isso, que ocorreram formação e organização regular das paredes celulares, pois o sistema de membranas celulares é a última estrutura a organizar-se antes da maturidade fisiológica e a primeira a exibir as alterações degenerativas que caracterizam a deterioração das sementes. A falta de integridade das membranas pode acarretar a lixiviação de açúcares, aminoácidos, eletrólitos e outras substâncias solúveis em água (HEYDECKER, 1972). Nesse aspecto, pode-se inferir que, no tratamento testemunha, sem aplicação de etil-trinexapac, as sementes apresentaram menor velocidade durante o restabelecimento da integridade das membranas celulares na embebição e, em consequência, liberaram maiores quantidades de solutos ao meio exterior (MARCOS FILHO, 2005), refletindo,

portanto, em sementes com menor qualidade fisiológica, menos vigorosas e mais deterioradas. Demonstra-se, ainda, que a condutividade elétrica não apresentou relação com o teste de primeira contagem de germinação, pois as médias de aplicação de etil-trinexapac não apresentaram ajuste significativo de equação (Figura 2a). De maneira geral, no presente estudo, pode-se concluir que o valor de condutividade elétrica médio de $136,7 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ não foi caracterizado como sendo de boa qualidade fisiológica, pois em condições ambientais de temperatura e umidade do solo favoráveis, lotes com condutividade de até $110 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ têm apresentado desempenho satisfatório em campo (PAIVA-AGUERO et al., 1997).

O comprimento total e biomassa fresca de plântula foram influenciados pelas doses de aplicação e pela interação entre reguladores de crescimento e doses (Tabela 3). Ambos os testes tiveram comportamento semelhante no desdobramento, verificando-se diferença entre as médias somente nas doses de 150 e 300 g ha^{-1} dos reguladores de crescimento (Tabela 4).

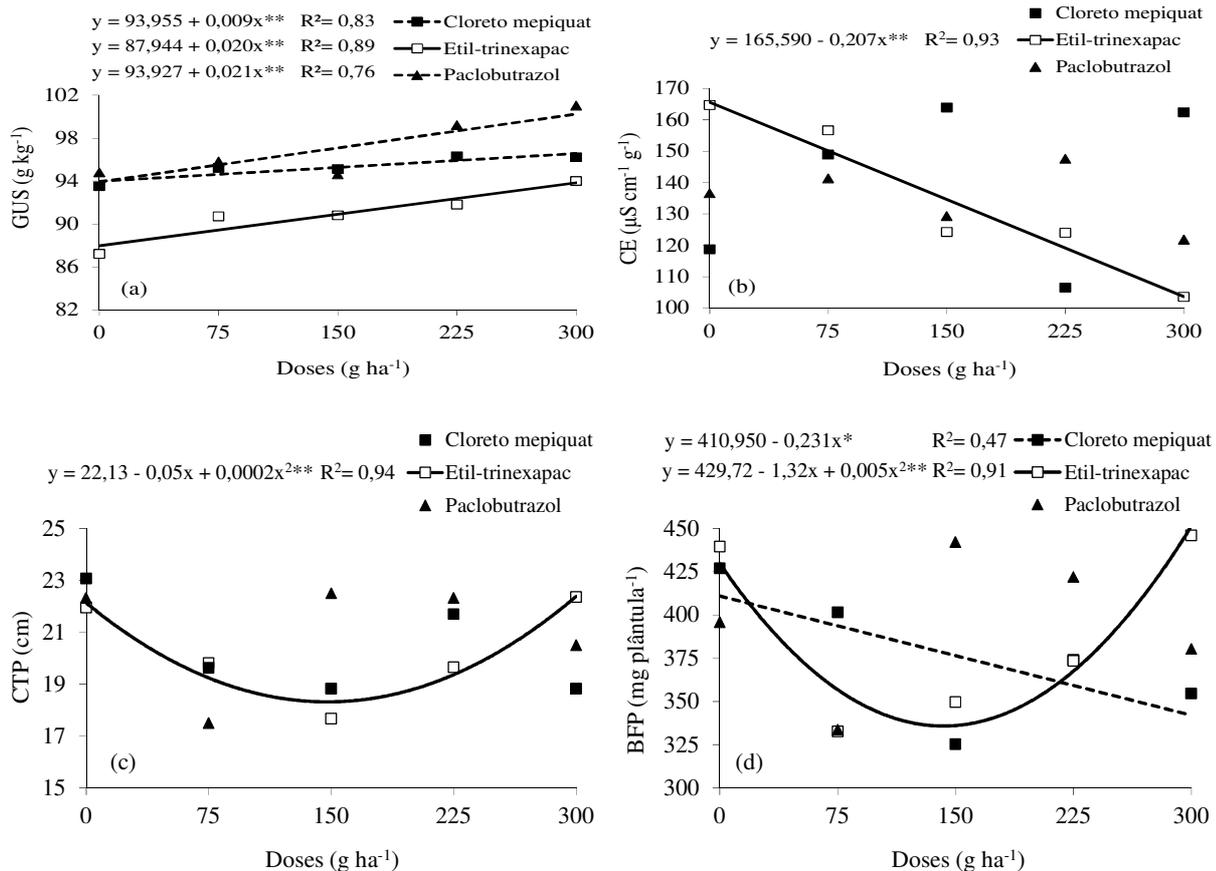


Figura 3. Grau de umidade nas sementes (a), condutividade elétrica de sementes (b), comprimento total de plântula (c) e biomassa fresca de plântula (d) de *Crotalaria juncea* em função da aplicação de reguladores de crescimento em diferentes doses. Selvíria – MS, Brasil (2010). Teste F: ** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

Quando aplicado 150 g ha⁻¹ dos reguladores, o paclobutrazol mostrou-se vantajoso, favorecendo maior comprimento e acúmulo de biomassa fresca de plântula em comparação aos demais. Por outro lado, na dose de 300 g ha⁻¹, a aplicação de etil-trinexapac proporcionou as maiores médias para ambos os testes, mostrando-se estatisticamente superior, apenas quando comparado com a aplicação de cloreto de mepiquat. O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos resultados de comprimento e biomassa fresca de plântula durante a análise de regressão quando aplicado o etil-trinexapac (Figuras 3c e 3d). As equações permitiram observar um decréscimo em seus valores, obtidas com o acréscimo das doses de etil-trinexapac, seguindo-se aumento a partir das doses de 125 e 132 g ha⁻¹ do regulador, para o comprimento e biomassa fresca de plântula, respectivamente.

O incremento nas doses de cloreto de mepiquat reduziu, de maneira linear, a biomassa fresca de plântula (Figura 3d), indicando que a sua utilização em doses elevadas compromete o acúmulo de massa de matéria fresca em plântulas de crotalária. Apesar dessas constatações, a biomassa fresca não se relacionou com a biomassa seca de plântula (Tabela 3), a qual se comportou de forma similar ao porcentual de sementes duras, envelhecimento acelerado e teste de frio, não sendo afetada pela aplicação dos reguladores de crescimento (Tabela 1). Portanto, demonstra-se que o acúmulo de massa de matéria seca não foi uma característica influenciada pelas práticas de manejo realizadas na cultura, mas determinada pelo próprio genótipo.

Nas condições em que foi conduzido o experimento, apesar da precipitação pluviométrica e temperatura do ar terem sido adequadas nas fases de enchimento das sementes (Figura 1), a qualidade fisiológica das sementes, expressa principalmente pelo vigor (primeira contagem, índice de velocidade de germinação e condutividade elétrica), pode também ter sido influenciada pelo clima do local (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000), pois a elevada precipitação constatada durante o período de maturação fisiológica das sementes, pode ter sido desfavorável a conservação das sementes em campo.

CONCLUSÕES

Não se recomenda a aplicação de cloreto de mepiquat na cultura da crotalária por reduzir o potencial de germinação das sementes e a biomassa fresca de plântula.

O etil-trinexapac deve ser aplicado na dose de 300 g ha⁻¹, com base na redução do grau de umidade e na condutividade elétrica das sementes, maior comprimento total de plântula e biomassa fresca de plântula.

O paclobutrazol deve ser aplicado na dose de 75 g ha⁻¹, considerando o potencial e velocidade de germinação das sementes.

AGRADECIMENTOS

À Unesp/Campus de Ilha Solteira, pelos recursos humanos e materiais, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de estudo concedida ao primeiro autor.

ABSTRACT: Information regarding the use of growth regulators in sunn hemp is still scarce, especially on the physiologic quality of seeds and growth seedlings. In this aspect, product knowledge and application rate stands out as relevant factors in production of quality seeds. This work aimed to evaluate the effect of the foliar application of growth regulators (mepiquat chloride, etil-trinexapac and paclobutrazol) in different rates (0; 75; 150; 225 and 300 g ha⁻¹), on the physiological quality of seeds and growth seedlings of *Crotalaria juncea* cultivated in no-tillage system. The treatments were disposed in randomized complete block design in factorial scheme 3 x 5 (regulators x rates of application), with four replications. The results were submitted to the variance analysis, with the growth regulators compared by Tukey test and the rates for polynomial regression. Not if recommended the application of mepiquat chloride in sunn hemp culture by reducing the potential of seeds germination and dry biomass of seedlings. The etil-trinexapac must be applied in rate of 300 g ha⁻¹, based on the reduction of moisture content and the electrical conductivity of seeds, the greater total length of seedlings and dry biomass of seedlings. The paclobutrazol must be applied in rate of 75 g ha⁻¹, considering the potential and speed of seeds germination.

KEYWORDS: *Crotalaria juncea*. Mepiquat chloride. Etil-trinexapac. Paclobutrazol. Seeds germination.

REFERÊNCIAS

- AMABILE, R. F.; MINELLA, E.; VALENTE, C. M. W.; SERRA, D. D. **Efeito do regulador de crescimento trinexapac-etil em cevada cervejeira irrigada em áreas de cerrado no Distrito Federal**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 14 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 120).
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237 p.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 399 p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.
- CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, Jaboticabal, v. 10, n. 1, p. 57-61, 1982.
- DOURADO, M. C.; SILVA, T. R. B.; BOLONHEZI, A. C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 287-293, 2001.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- FERREIRA, D. F. **Sisvar**: sistema de análise de variância para dados balanceados. Versão 5.0. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.
- GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L. Managing carbon and nitrogen in tropical organic farming through green manuring. In: ADETOLA BADEJO, M.; TOGUN, A. O. (Eds.). **Strategies and tactics of sustainable agriculture in the tropics**. Ibadan: College Press, 2004. p. 125-140.
- HEYDECKER, W. Vigour. In: ROBERTS, C. H. (Ed.). **Viability of seeds**. London: Chapman and Hall, 1972. p. 209-252.
- LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V. F.; SANTOS, D.; BENCKE, M. H. Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento, acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.
- LUZ, P. H. C.; VITTI, G. C.; QUINTINO, T. A.; OLIVEIRA, D. B. **Utilização de adubação verde na cultura da cana-de-açúcar**. ESALQ/USP: Piracicaba, 2005. 53 p.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Gabinete do Ministro. **Instrução normativa nº 30, de 21 de maio de 2008**. Publicado no Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, 23 de maio de 2008, Seção 1, p. 45. Disponível em: www.indea.mt.gov.br/arquivos/A_a953b706c8e7418b71a4c77525bc3776INF30-2008.pdf. Acesso em: 05 fev. 2010.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.
- NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; ZUCARELI, C. Maturação, formas de secagem e qualidade fisiológica de sementes de mucuna-preta. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 45-53, 2005.

- NÓBREGA, L. B.; VIEIRA, D. J.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. Hormônios e reguladores do crescimento e do desenvolvimento. In: BELTRÃO, N. E. M. (Org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999, p. 587-602.
- PAIVA-AGUERO, J. A.; VIEIRA, R. D.; BITTENCOURT, S. R. M. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 225-260, 1997.
- PEREIRA, A. J.; GUERRA, J. G. M.; MOREIRA, V. F.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S.; POLIDORO, J. C.; ESPINDOLA, J. A. A. **Desempenho agrônomo de *Crotalaria juncea* em diferentes arranjos populacionais e épocas do ano**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 4 p. (Comunicado Técnico, 82).
- PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: Agiplan, 1985. 289 p.
- SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia vegetal**. México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1994. 759 p.
- SILVA, M. R. R. **Regulador de crescimento etil-trinexapac em diferentes densidades de semeadura na cultura do arroz de terras altas**. 2009. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.
- VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. Ação de bioestimulante na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.
- VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. **Ação de stimulate no desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. 3 p.
- VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-26.
- VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, 2002.
- ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.