

Potencial fisiológico de sementes de arroz tratadas com biorregulador vegetal¹

Physiological potential in rice seeds treated with a plant bioregulator

Elvis Felipe Elli^{2*}, Gean Charles Monteiro², Stela Maris Kulczynski², Bráulio Otomar Caron² e Velci Queiróz de Souza²

RESUMO - Os biorreguladores são compostos naturais ou sintéticos que têm a capacidade de estimular o desenvolvimento radicular e melhorar o desempenho das sementes. O trabalho objetivou avaliar o efeito da utilização do biorregulador vegetal Stimulate® no potencial fisiológico de sementes de arroz. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5, sendo quatro cultivares de arroz (IRGA Puitá, IRGA 417, IRGA 421, IRGA 424) e cinco doses de Stimulate® (0; 3; 6; 9 e 12 mL kg⁻¹ de sementes), sendo avaliadas as seguintes características: teste de germinação, primeira contagem, plântulas anormais, teste de frio, teste de envelhecimento acelerado, emergência a campo, índice de velocidade de emergência, massa seca de plântula, comprimento da raiz primária e comprimento da parte aérea. A análise de variância identificou efeitos significativos na interação Cultivar x Dose em todas as variáveis, exceto para o teste de frio e o comprimento da parte aérea. O uso de bioestimulante proporcionou o aumento da germinação das sementes com potencial fisiológico reduzido e acréscimo no vigor das sementes de todas as cultivares. O potencial fisiológico de sementes de arroz é influenciado pela utilização de Stimulate®. As doses de 3 e 6 mL kg⁻¹ de sementes são as mais recomendadas para a cultura, proporcionando aumentos significativos no seu desempenho fisiológico.

Palavras-chave: Stimulate®. *Oryza sativa*. Vigor.

ABSTRACT - Bioregulators are natural or synthetic compounds which have the ability to stimulate root development and improve seed performance. This study aimed to evaluate the effect of using the plant bioregulator Stimulate® on the physiological quality of rice seeds. The experimental design was completely randomised in a 4 x 5 factorial, consisting of four rice cultivars (IRGA Puitá, IRGA 417, IRGA 421, IRGA 424) and five doses of Stimulate® (0, 3, 6, 9 and 12 mL kg⁻¹ seeds), where the following characteristics were evaluated: germination test, first count, abnormal seedlings, cold test, accelerated ageing test, field emergence, emergence speed index, seedling dry weight, primary root length and shoot length. Analysis of variance identified significant effects for the interaction of cultivar and dose for all variables except the cold test and shoot length. The use of the bioregulator resulted in increased germination in those seeds with reduced physiological potential, and an increase in seed vigour in all cultivars. The use of Stimulate® influences the physiological quality of rice seeds. Doses of 3 and 06 mL kg⁻¹ seeds are most recommended for the crop, and provide significant increases in their physiological performance.

Key words: Stimulate®. *Oryza sativa*. Vigour.

DOI: 10.5935/1806-6690.20160043

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 26/09/2014; aprovado em 11/11/2015

Trabalho concebido e desenvolvido com recursos dos autores

²Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Agricultura e Ambiente, Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais, Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, Linha Sete de Setembro s/n, BR 386, Km 40, Rio Grande do Sul-RS, Brasil, 98.400-000, elvisfelipeelli@yahoo.com.br, stelamk@terra.com.br, otomarcaron@yahoo.com.br, velciq@gmail.com, gean.monteiro@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados no mundo, com grande importância econômica para países em desenvolvimento (CAMPESTRINI *et al.*, 2014). No Brasil, apresenta uma produção de aproximadamente 11,4 milhões de toneladas, abrangendo uma área de 2,4 milhões de hectares, sendo que o Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional, com 69,2% do total produzido (IBGE, 2012).

A utilização de novas técnicas que possibilitem o aumento do potencial fisiológico das sementes desta cultura, bem como da sua produtividade, torna-se crucial para satisfazer a demanda do cereal. Neste contexto, a utilização de biorreguladores vegetais na agricultura tem mostrado grande potencial no aumento da produtividade das culturas. Estas substâncias sintéticas, quando aplicadas exógenamente, possuem ações similares aos grupos de reguladores vegetais conhecidos (citocininas, giberelinas, auxinas, ácido abscísico e etileno), sendo capazes de modificar processos morfológicos e fisiológicos dos vegetais (CASTRO; VIEIRA, 2001).

De acordo com Silva *et al.* (2008), estas substâncias favorecem a expressão do potencial genético da planta por promover equilíbrio hormonal e estimular o crescimento radicular. Pesquisas realizadas por Almeida *et al.* (2011) e Soares *et al.* (2012) demonstram que o bioativador Tiametoxan proporciona incremento no potencial fisiológico das sementes de arroz.

Entre os produtos utilizados como biorreguladores vegetais, pode-se citar o Stimulate[®], o qual é constituído por 0,005% de ácido indolbutírico (auxina), 0,009% de cinetina (citocinina) e 0,005% de ácido giberélico (giberelina) (STOLLER DO BRASIL, 1998). Este produto tem a capacidade de estimular o desenvolvimento radicular, aumentando a absorção de água e nutrientes pelas raízes, podendo favorecer o equilíbrio hormonal da planta (SANTOS; VIEIRA, 2005).

Diversos trabalhos já têm demonstrado a influência do Stimulate[®] no potencial fisiológico de sementes, como Santos *et al.* (2013) na cultura do girassol, Leszczynski *et al.* (2012) em cultivares de cebola, Dantas *et al.* (2012) em tamarindeiro, Albrecht *et al.* (2009) em soja, Oliveira *et al.* (2013) em feijoeiro, Dan *et al.* (2014) em milho, Albrecht *et al.* (2014) em ervilha. Entretanto, para a cultura do arroz, observa-se certa insuficiência de informações referentes ao efeito deste produto.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da utilização do bioestimulante Stimulate[®] no potencial fisiológico de sementes de arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Ciências Agrônômicas e Ambientais, na Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul (CESNORS) - Campus Frederico Westphalen, no mês de outubro de 2013.

O tratamento utilizado para quebra de dormência das sementes de arroz foi a pré-secagem em estufa com circulação de ar forçado, sob temperatura de 50 °C, por 96 horas, conforme recomendação das Regras para análises de sementes - RAS (BRASIL, 2009). As sementes foram tratadas com Imidacloprido + Tiodicarbe, na forma líquida, utilizando-se a dose de 0,45 e 1,35 g kg⁻¹ de semente, respectivamente, as quais foram secadas após o tratamento.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5, sendo quatro cultivares de arroz (IRGA Puitá, IRGA 417, IRGA 421, IRGA 424) e cinco doses do biorregulador vegetal Stimulate[®] (0; 3; 6; 9 e 12 mL kg⁻¹ de semente), com quatro repetições. O teor de água sementes das sementes no momento do teste foi de 13%. As seguintes avaliações foram realizadas:

Teste de germinação: conduzido com quatro repetições de 100 sementes para cada tratamento. As sementes foram semeadas em rolos de papel “germitest”, umedecido com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco, e mantidas em câmaras de germinação do tipo BOD (Biochemical Oxygen Demand), regulada à temperatura constante de 25 °C. As contagens foram realizadas aos 14 dias após o início do teste, segundo critérios estabelecidos pelas RAS (BRASIL, 2009).

Primeira contagem de germinação: realizada juntamente com o teste de germinação, determinando-se a percentagem de plântulas normais, no quinto dia após a instalação do teste, seguindo as RAS (BRASIL, 2009).

Plântulas anormais: foram determinadas juntamente com o teste de germinação, sendo consideradas aquelas com qualquer uma de suas estruturas essenciais ausentes, danificadas, desproporcionais ou com distúrbios fisiológicos que possam comprometer o desenvolvimento normal da mesma (BRASIL, 2009).

Comprimento de parte aérea e da raiz primária: utilizaram-se quatro repetições de 20 sementes, espaçadas a aproximadamente 6 cm, as quais foram semeadas em rolos de papel “germitest”, umedecidos com água destilada, na proporção de 2,5 vezes em relação ao peso seco do papel, e mantidas em germinador

regulado (BOD) a 25 °C por 14 dias (BRASIL, 2009). O comprimento da parte aérea consistiu na medida entre o colo da plântula até a extremidade da parte aérea e o comprimento da raiz primária foi determinado medindo-se a distância do ápice radicular até o colo da plântula, ambas as mensurações foram realizadas utilizando-se um paquímetro digital, sendo os resultados expressos em milímetros (mm).

Massa seca de plântulas normais: foi determinada utilizando-se dez plântulas oriundas do teste de comprimento de parte aérea e da raiz primária, escolhidas aleatoriamente por repetição, com o auxílio de uma balança analítica. As amostras foram levadas para secagem em estufa com ventilação forçada, sob temperatura de 65 °C ± 2 °C, até atingirem peso constante, em g (MARZARI, 2005).

Teste de Frio: realizado com quatro repetições de 100 sementes, distribuídas em rolos de papel “germitest” umedecidos com quantidade de água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Após a semeadura, os rolos foram colocados em sacos plásticos e vedados com fita adesiva, sendo mantidos em câmara regulada a 10 °C, durante sete dias (MENEZES *et al.*, 2012). Após este período, os rolos foram transferidos para um germinador, à temperatura constante de 25 °C, onde as avaliações foram realizadas segundo as RAS (BRASIL, 2009). A contagem foi realizada aos 14 dias após a instalação do teste e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Envelhecimento acelerado: foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes para cada tratamento, as quais foram dispostas em camada única e distribuídas sobre uma tela de alumínio, fixada no interior de uma caixa plástica do tipo “gerbox”, com dimensões de 11,0 cm x 11,0 cm x 3,0 cm, que funcionou como um compartimento individual (minicâmara). No interior desta, foram adicionados 40 mL de água destilada e, a seguir, as caixas foram levadas para a câmara de envelhecimento, à temperatura constante de 42 °C e 99% de umidade relativa do ar, por um período de 96 horas (FIDELIS *et al.*, 2013). Após este período, as sementes foram colocadas para germinar, conforme metodologia descrita para o teste de germinação e a avaliação de plântulas normais foi realizada no sétimo dia após instalação do teste, conforme Almeida *et al.* (2011).

Emergência de plântulas a campo: foi conduzido com quatro repetições de 100 sementes em linhas de 2,0 m de comprimento com espaçamento de 0,20 m, onde a semeadura foi realizada a uma profundidade média de 0,03 m e cobertas com 0,02 m de solo. A avaliação de porcentagem de emergência das plântulas foi efetuada aos 21 dias após a semeadura.

Índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE): realizado conjuntamente com o teste de emergência a campo, determinado de acordo com a metodologia proposta por Maguire (1962).

Para verificar a relação entre as variáveis estudadas, os dados foram submetidos à análise estatística, por meio do programa computacional “Statistical Analysis System” Learning Edition 8.0 (SAS, 2003). Os parâmetros que demonstraram diferenças significativas a nível de 5% de probabilidade de erro, foram comparados através do teste de Tukey para a variável cultivar (fator qualitativo) e submetidos a regressão para dose de Stimulate® (fator quantitativo).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 1), é possível identificar efeitos significativos para todas as variáveis, em todos os fatores analisados. Este comportamento também foi observado na interação (Cultivar x Dose), exceto para variável correspondente ao teste de frio e o comprimento da parte aérea.

Com relação ao teste de germinação de cada cultivar de arroz nas diferentes doses analisadas (Tabela 2), de modo geral, pode-se observar um maior potencial germinativo da cultivar Puitá. Um aspecto importante é que no tratamento sem biorregulador vegetal, a cultivar Puitá foi estatisticamente superior às outras. Entretanto, o uso deste produto proporcionou o aumento da germinação das cultivares cujo potencial germinativo era menor, ou seja, a dose de 3 mL kg⁻¹ de sementes foram responsáveis pelo aumento significativo da germinação das cultivares IRGA 424 e 421 (Tabela 2).

Esta tendência foi observada na dose de 6 mL kg⁻¹, porém, os valores foram numericamente inferiores, quando comparados à dose anterior, mostrando indícios da redução do potencial germinativo, a partir da dose de 3 mL kg⁻¹. Os resultados demonstram a capacidade do bioestimulante, em doses adequadas, aumentar o poder germinativo de sementes com potencial fisiológico reduzido. Resultados encontrados por Leszczynski *et al.* (2012) também demonstraram resposta positiva na germinação, frente a aplicação de Stimulate®, para uma cultivar de cebola, das quatro estudadas.

Analisando-se as cultivares, independente do uso do biorregulador (0 mL kg⁻¹), verifica-se que diferem quanto ao vigor, de acordo com as variáveis analisadas. Os resultados indicam comportamento superior da cultivar Puitá para a maioria das doses estudadas, principalmente nas variáveis: primeira contagem (PC), envelhecimento acelerado (EA), emergência a campo (E) e índice de velocidade de emergência (IVE), sendo que a

cultivar IRGA 421 apresentou para as mesmas variáveis, resultados inferiores, bem como, o maior número de plantas anormais (Tabela 2). A diferença de intensidade do efeito positivo do tratamento de sementes com biorregulador também foi observada por Almeida *et al.* (2011), ao avaliarem o uso do bioativador Tiametoxam no desempenho fisiológico de sementes de diferentes cultivares de arroz.

Quanto a análise quantitativa (Figura 1), as cultivares Puitá e IRGA 417 não apresentaram resposta ao aumento das doses de Stimulate® no teste de germinação, no entanto, comportamentos cúbicos foram observados para as cultivares IRGA 421 e 424, onde as mesmas apresentaram seu pico, aproximadamente, na dose de 3 mL kg⁻¹.

Trabalhando com a espécie *Helianthus annuus* em pré-embebição de sementes por um período de 4 horas na dose de 3,0 a 4,0 mL de Stimulate® L⁻¹ de solução, Santos *et al.* (2013) observaram que há aumento na germinação de sementes. Isso ocorre por que a giberelina estimula a síntese de enzimas que digerem as reservas armazenadas no endosperma, formando açúcares simples, aminoácidos e ácidos nucleicos, que são absorvidos e transportados

para as regiões de crescimento do embrião, estimulando o alongamento celular e o rompimento da raiz no tegumento da semente, proporcionando maior uniformidade na germinação (STENZEL *et al.*, 2003).

Mesmo sem a utilização de Stimulate®, pode-se verificar que a germinação das sementes de todas as cultivares apresentou-se acima dos padrões mínimos para comercialização de sementes desta cultura no Brasil, que é de 80% (BRASIL, 2005). Com relação a variável primeira contagem, as cultivares Puitá, IRGA 417 e 424 não responderam às diferentes doses de Stimulate®, sendo observada resposta apenas na cultivar IRGA 421, onde a mesma apresentou seu valor máximo na dose de 3 mL kg⁻¹ (Figura 1).

No teste de envelhecimento acelerado (Figura 1), as cultivares se comportaram de forma distinta frente às diferentes doses de Stimulate®. O uso do biorregulador não interferiu nos valores de germinação, após a exposição das sementes ao referido teste, das cultivares Puitá, IRGA 421 e 424, entretanto, pode-se observar um efeito fitotóxico do Stimulate® na cultivar IRGA 417, uma vez que a testemunha apresentou os maiores valores.

Tabela 1 - Análise de variância para teste de germinação (G), primeira contagem (PC), plântulas anormais (PA), teste de frio (TF), teste de envelhecimento acelerado (EA), emergência a campo (E), índice de velocidade de emergência (IVE), massa seca de plântula (MS), comprimento da raiz primária (CR) e comprimento da parte aérea (CPA) de cultivares de arroz submetidas a diferentes doses de Stimulate®. UFSM/CESNORS *campus* Frederico Westphalen - RS, 2013

Fator de estudo	GL	Quadrado médio										
		G	PC	PA	TF	EA	E	IVE	MS	CR	CPA	
Cultivar	3	288,7*	333,8*	77,1*	1011,4*	17390,6*	4459,1*	57,2*	0,02*	4684,6*	8234,2*	
Dose	4	32,6*	37,9*	31,9*	21,8 ^{ns}	1684,1*	6577,6*	8,4*	0,09*	774,0*	1959,1*	
Cultivar x Dose	12	14,8*	18,5*	6,8*	13,1 ^{ns}	1860,7*	173,1*	1,2*	0,06*	2316,7*	1424,5 ^{ns}	
r ²	-	0,72	0,76	0,76	0,80	0,96	0,99	0,99	0,79	0,21	0,21	
CV (%)	-	3,27	3,19	46,55	4,44	19,52	3,63	1,57	4,73	37,69	19,45	
Efeito simples												
Cultivar x Dose												
Cultivar	P	3	1,6 ^{ns}	8,8 ^{ns}	5,0 ^{ns}	-	834,3*	142,0*	3,1*	0,09*	2652,3 ^{ns}	-
	417	3	12,2 ^{ns}	51,6 ^{ns}	29,8*	-	173,9*	268,7*	2,3*	0,03*	1340,6*	-
	421	3	24,9*	31,6*	16,1*	-	6163,7*	472,3*	4,4*	0,05*	3609,4 ^{ns}	-
	424	3	38,4*	1,4 ^{ns}	1,4 ^{ns}	-	94,6 ^{ns}	293,9*	2,1*	0,08*	121,8 ^{ns}	-
Dose	0	4	81,0*	85,5*	51,9*	-	4897,0*	1291,0*	21,0*	0,05 ^{ns}	2037,3*	-
	3	4	36,2*	23,9*	28,7*	-	4072,7*	704,3*	12,2*	0,09 ^{ns}	2916,9*	-
	6	4	54,1*	40,7*	13,2*	-	6802,1*	868,7*	14,6*	0,01 ^{ns}	5684,1*	-
	9	4	94,4*	137,7*	4,7 ^{ns}	-	3697,4*	1275,2*	7,6*	19,93 ^{ns}	881,9*	-
	12	4	82,5*	120,2*	6,0 ^{ns}	-	5364,5*	1012,2*	6,4*	0,01 ^{ns}	2431,2*	-

Em que: * = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro conforme a distribuição F; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade de erro conforme a distribuição F; - = não apresenta interação. CV = Coeficiente de variação; GL = Grau de liberdade

Tabela 2 - Médias do teste de germinação (G), primeira contagem (PC), plântulas anormais (PA), teste de frio (TF), teste de envelhecimento acelerado (EA), emergência a campo (E), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da raiz (CR) e comprimento da parte aérea (CPA) de cultivares de arroz, submetidas a diferentes doses de Stimulate®

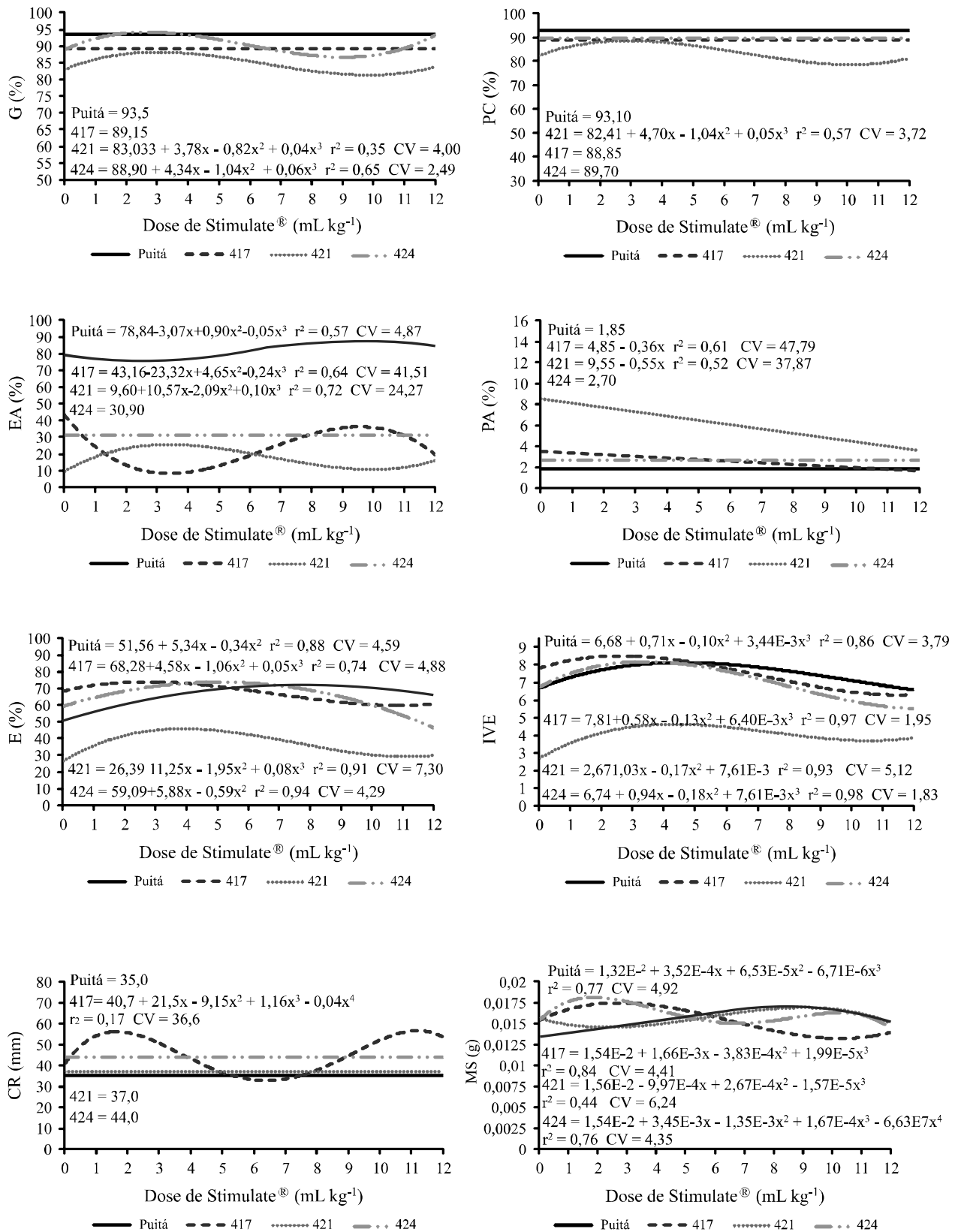
Variável	Cultivar	Dose de Stimulate® (mL.kg ⁻¹ semente)				
		0	3	6	9	12
G (%)	Puitá	94 a	94,25 a	93 a	92,75 a	93,5 a
	IRGA 417	89 b	89,5 b	86,25 b	90,5 a	90,5 a
	IRGA 421	83 c	88,25 b	85,25 b	81,75 c	83,75 b
	IRGA 424	89 b	93,75 a	90,75 a	86,5 b	93,25 a
PC (%)	Puitá	93,75 a	93,25 a	92,25 a	92,75 a	93,50 a
	IRGA 417	89,25 b	89,50 bc	86,25 bc	89,25 ab	90,00 a
	IRGA 421	82,50 c	88,25 c	85,25 c	79,00 c	81,23 b
	IRGA 424	88,50 b	92,75 ab	89,50 ab	85,75 b	92,00 a
PA (%)	Puitá	2,00 d	1,00 b	2,25 bc	2,50 a	1,50 a
	IRGA 417	4,25 c	2,50 b	3,25 b	1,75 b	1,50 a
	IRGA 421	10,50 a	7,25 a	5,50 a	4,25 a	3,75 b
	IRGA 424	6,00 b	3,00 b	1,25 c	2,25 a	1,00 b
EA (%)	Puitá	79,25 a	74,75 a	84,50 a	86,00 a	85,50 a
	IRGA 417	42,25 b	12,25 c	13,50 b	39,25 c	18,75 b
	IRGA 421	9,25 c	26,75 b	18,25 b	13,00 d	15,50 bc
	IRGA 424	3,25 c	3,00 c	89,75 a	53,25 b	5,25 c
E (%)	Puitá	52,75 b	62,50 c	70,25 a	75,50 a	65,00 a
	IRGA 417	67,75 a	76,00 a	65,75 b	63,75 b	60,00 b
	IRGA 421	26,00 c	46,50 d	40,00 c	34,25 c	29,50 d
	IRGA 424	58,75 a	72,75 b	71,25 a	66,25 b	46,25 c
IVE	Puitá	6,74 b	7,73 c	8,41 a	7,13 a	6,65 a
	IRGA 417	7,81 a	8,50 a	7,80 b	6,72 b	6,32 b
	IRGA 421	2,63 c	4,67 d	4,20 d	4,02 d	3,8 d
	IRGA 424	6,76 b	8,10 b	7,74 c	6,26 c	5,53 c
CR (mm)	Puitá	37,36 b	33,10 b	34,50 b	33,37 b	35,59 c
	IRGA 417	40,71 a	50,64 a	33,11 b	44,64 a	53,64 a
	IRGA 421	29,48 c	33,57 b	40,3 b	39,86 a	43,90 b
	IRGA 424	46,58 a	34,06 b	58,98a	41,01 a	39,31 bc

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro conforme a distribuição de Tukey

Resultado semelhante foi encontrado por Silva *et al.* (2008) que em seus trabalhos com sementes de milho tratadas com Stimulate® e Stimulate® + Cellerate® observaram efeitos de fitotoxidez desses produtos, no teste de frio. No estudo realizado por Carvalho *et al.* (2014), analisando a influência fisiológica de fitohormônios em híbridos de milho, verificou-se elevado efeito antagônico com relação ao aumento da dose de Stimulate® para o híbrido 2B688Hx, ocasionando redução expressiva do potencial fisiológico das sementes.

Para a variável plântulas anormais (Figura 1), as cultivares IRGA 417 e 421 apresentaram uma curva de regressão linear decrescente em relação às doses testadas, sendo que a maior dose proporcionou a menor porcentagem de plântulas anormais. Para as cultivares Puitá e IRGA 424, os tratamentos não interferiram no percentual de plântulas anormais. Os resultados deste experimento confirmam os efeitos de biorreguladores encontrados por Albrecht, Braccini e Scapim (2010), na cultura da soja, onde a aplicação do Stimulate® via semente, alterou a qualidade das sementes, aumentando

Figura 1 - Equações de regressão do teste de germinação (G), primeira contagem (PC), plântulas anormais (PA), teste de frio (TF), teste de envelhecimento acelerado (EA), emergência a campo (E), índice de velocidade de emergência (IVE), massa seca de plântulas normais (MS), comprimento da raiz primária (CR) e comprimento da parte aérea (CPA) de cultivares de arroz submetidas a diferentes doses de Stimulate®



a porcentagem de plântulas normais e a sanidade das mesmas.

Isso ocorre devido a presença de um adequado balanço hormonal, o qual, potencialmente, cria condições para a produção adequada de compostos primários e secundários. Metabólitos e demais moléculas originárias do metabolismo secundário, como os que possuem ação fitoalexínica, são responsáveis pela defesa química das plantas contra microrganismos patogênicos. O estímulo a mecanismos de defesa envolve reações da planta ligadas à ativação de genes de defesa para reação de hipersensibilidade, resistência sistêmica adquirida e produção de lignina, enzimas hidrolíticas e fitoalexinas, diminuindo a infecção por patógenos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Com relação ao teste de emergência a campo (Figura 1), foram observados efeitos positivos frente a utilização de Stimulate®, dependendo da dose utilizada, sendo encontrados comportamentos quadráticos para as cultivares Puitá e IRGA 424, com valores superiores na dose de 6 mL kg⁻¹ e cúbicos para IRGA 417 e IRGA 421, cujos maiores valores foram na dose de 3 mL kg⁻¹. Resultados semelhantes foram encontrados por Almeida *et al.* (2011), os quais verificaram um aumento no desempenho de plantas de arroz com a utilização do biorregulador Tiametoxam, seguido por uma redução encontrada nas maiores doses, devido ao efeito fitotóxico do produto.

Todas as cultivares proporcionaram uma regressão cúbica para o IVE (Figura 1), sendo 3 mL kg⁻¹ a melhor dose. Os resultados obtidos corroboram com a pesquisa de Prado Neto *et al.* (2007), pois ao verificarem aumento significativo do Índice de Velocidade de Germinação (IVE), consideraram o efeito positivo do Stimulate® na melhoria do desempenho das sementes, dependendo da dose utilizada.

Ao analisar o comprimento radicular (Figura 1), para a cultivar IRGA 417, apesar das estatísticas de ajustes serem baixas ($r^2 = 0,17$ e $CV = 36,6$), a equação de quarto grau proporcionou o ajuste do modelo, apresentando dois picos, aproximadamente nas doses de 1,5 e 11 mL kg⁻¹. Estas variações observadas, bem como o baixo r^2 , estão relacionadas ao equilíbrio hormonal das sementes e sua resposta no crescimento radicular. O balanço ideal para o crescimento dos diferentes órgãos vegetais é variável, podendo uma determinada concentração endógena favorecer o crescimento de um órgão e inibir o crescimento de outro (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Com relação a massa seca de plântulas (Figura 1), foram encontrados dois picos de valores, ou seja, 3 mL kg⁻¹ para as cultivares IRGA 417 e 424 e de 9 mL kg⁻¹ para Puitá e IRGA 421. Esta diferença pode estar relacionada ao nível de equilíbrio adequado de

hormônios existentes na plântula. A concentração de hormônios existentes nas sementes, como a citocinina e giberelina, bem como o adequado equilíbrio entre eles, interferem positivamente ou não no acúmulo de massa seca de plântulas, uma vez que os bioativadores são substâncias orgânicas complexas modificadoras do crescimento, capazes de atuar na transcrição do DNA na planta, expressão gênica, proteínas da membrana, enzimas metabólicas e nutrição mineral (CASTRO; PEREIRA, 2008).

Um ponto de grande importância a ser observado é que a cultivar Puitá, que, de modo geral, apresentou os melhores resultados nos testes de vigor e germinação (Tabela 2) com relação às outras cultivares analisadas, não sofreu influência da dose em sua germinação (Figura 1), já a cultivar IRGA 421, de menor potencial fisiológico, demonstrou resposta frente a aplicação de Stimulate®.

Este resultado demonstra que a utilização deste biorregulador pode melhorar o desempenho das sementes de arroz, principalmente as de baixo potencial fisiológico. Neste mesmo contexto, Almeida *et al.* (2011) e Soares *et al.* (2012), trabalhando com o produto bioativador Tiametoxan na cultura do arroz, constataram que o mesmo causou efeito positivo, incrementando o potencial fisiológico das sementes de arroz de baixa qualidade.

CONCLUSÃO

1. O potencial fisiológico de sementes de arroz é influenciado pela utilização de Stimulate®;
2. As doses de 3 e 6 mL kg⁻¹ de semente são as mais recomendadas para a cultura, proporcionando aumentos significativos no seu desempenho fisiológico.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, L. P. *et al.* Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 3, p. 191-198, 2009.
- ALBRECHT, L. P. *et al.* Desempenho fisiológico das sementes de ervilha tratadas com biorregulador. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 464-470, 2014.
- ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L., SCAPIM, C. A. Qualidade das sementes de soja produzidas sob manejo com biorregulador. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 39-48, 2010.
- ALMEIDA, A. S. *et al.* Bioativador no desempenho fisiológico de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 3, p. 501-510, 2011.

- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análises de Sementes**. Brasília, DF: CLAV: DNDV: SNDA: MA, 2009. 365 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 25, de 16 de dezembro de 2005. Padrões para produção e comercialização de sementes de arroz. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 dez. 2005. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/PDF/padroes_arroz.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2014.
- CAMPESTRINI, R. *et al.* Eficiência de genótipos de arroz no uso de nitrogênio em solos de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 19, n. 1, p. 25-32. 2014.
- CARVALHO, I. R. *et al.* Influência fisiológica de fitohormônios em híbridos de milho (*zea mays* l.). **Sodebras**, v. 9, n. 97, p. 3-8. 2014.
- CASTRO, P. R. C.; PEREIRA, M. A. Bioativadores na agricultura. In: GAZZONI, D. L. (Coord.). **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. Petrópolis: Vozes, 2008. p.115-122.
- CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132 p.
- DAN, L. G. *et al.* Influence of bioregulator on physiological quality of maize seed during storage. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 3, p. 286-294, 2014.
- DANTAS, A. C. V. L. *et al.* Effect of gibberellic acid and the biostimulant® on the initial growth of tamarind. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 1, p. 08-14, 2012.
- FIDELIS, R. R. *et al.* Efeito da adubação fosfatada na qualidade fisiológica de sementes de arroz cultivadas em terras altas. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, p. 15-21, 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201308_5.sht>. Acesso em: 22 ago. 2013.
- LESZCZYNSKI, R. *et al.* Influence of bio-regulator on the seed germination and seedling growth of onion cultivars. **Acta Scientiarum**, v. 34, n. 2, p. 187-192, 2012.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.
- MARZARI, V. **Influência da população de plantas, doses de nitrogênio e controle de doenças na produção e qualidade de grãos e sementes de arroz irrigado**. 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.
- MENEZES, N. L. *et al.* Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 430-436, 2012.
- OLIVEIRA, F. A. *et al.* Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 17, n. 5, p. 465-471, 2013.
- PRADO NETO, M. *et al.* Germinação de sementes de jenipapeiro submetidas à pré-embebição em regulador e estimulante vegetal. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 693-698, 2007.
- SANTOS, C. A. C. *et al.* Stimulate na germinação de sementes, emergência e vigor de plântulas de girassol. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 605-616, 2013.
- SANTOS, C. M. G.; VIEIRA, E. L. Efeito de bioestimulante na germinação de sementes, vigor de plântulas e crescimento inicial do algodoeiro. **Magistra**, v. 17, n. 3, p. 124-130, 2005.
- SAS LEARNING EDITION. **Getting started with the SAS Learning Edition**. Cary: SAS Institute, 2003. 200 p.
- SILVA, T. T. de A. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 840-846, 2008.
- SOARES, V. N. *et al.* Physiological potential of rice seeds treated with rhizobacteria or the insecticide thiamethoxan. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 563-572, 2012.
- STENZEL, N. M. C. *et al.* Superação de dormência em sementes de atemóia e fruta-do-conde. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 305-308, 2003.
- STOLLER DO BRASIL. **Stimulate Mo em hortaliças**. Cosmópolis: Stoller do Brasil. Divisão Arbore, 1998. v. 1. (Informativo técnico). TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.