

CRISTINA FERREIRA LARRÉ

**DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)
TRATADAS COM 24-EPIBRASSINOLÍDEO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob orientação do Prof. Dr. Dario Munt de Moraes, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Mestre em Ciências (M.S.).

Orientador: Prof. Dr. Dario Munt de Moraes

Co-Orientador : Prof. Dr. Nei Fernandes Lopes

Pelotas, 2008

Dados de catalogação na fonte:
Ubirajara Buddin Cruz – CRB 10/901
Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

L333d Larré, Cristina Ferreira
Desempenho fisiológico de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) tratadas com 24-epibrassinolídeo / Cristina Ferreira Larré ; orientador Dario Munt de Moraes ; co-orientador Nei Fernandes Lopes. – Pelotas, 2008. – 56f. ; tab. – Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal. Instituto de Biologia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2008.

1.Fisiologia vegetal. 2.*Oryza sativa*. 3.Arroz. 4. Epibrassinolídeo. 5.Brassinosteróides. I.Moraes, Dario Munt. II.Lopes, Nei Fernandes. III.Título.

CDD: 633.18

CRISTINA FERREIRA LARRÉ

Aprovada em 30 de maio de 2008.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Dario Munt de Moraes (Orientador).....

Prof. Dr. Nei Frenandes Lopes (Co-Orientador).....

Profa. Dra. Claudete Miranda Abreu.....

Às minhas filhas, Thaís e Júlia, razão da minha vida, por aceitarem as minhas ausências, compreenderem os meus momentos de dificuldades e, mesmo assim, continuarem demonstrando seu amor diariamente.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal.

Ao Departamento de Botânica, desta universidade, pela liberação concedida e apoio para a realização do curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. Dario Munt de Moraes, pela orientação, paciência, estímulo e inestimável amizade enriquecida ao longo do curso.

Ao Prof. Dr. Nei Fernandes Lopes, pela co-orientação e valiosas sugestões, além da preciosa amizade e bom humor.

Ao Prof. Dr. Luciano do Amarante, pelas excelentes aulas de Bioquímica, auxílio na elaboração do trabalho e, principalmente, pela paciência, incentivo, carinho e inestimável amizade.

À Prof. Dra. Claudete Miranda Abreu, pelo apoio e amizade demonstrados desde o início do curso.

A todos os professores do Departamento de Botânica, pela amizade e respeito demonstrados ao longo do curso.

Ao meu esposo Valter e às minhas filhas Thaís e Júlia, por entenderem a minha ausência em alguns momentos importantes de suas vidas, pelo carinho, paciência e amor incondicional.

À minha família, pelo apoio, compreensão e por estarem sempre ao meu lado.

Aos colegas do Departamento de Botânica Ari, Suzi, Sérgio, Adir e Honório pelo apoio na realização do curso, em especial à Luisa Meirelles e Rudinei Teixeira, pela amizade, apoio técnico e pelos agradáveis momentos durante a realização do trabalho.

À colega e amiga Suzi Braga, pelo incansável incentivo, sem o qual talvez não tivesse começado o curso.

À amiga Rita Pinheiro de Moraes, pelo carinho e apoio incondicionais, pelos agradáveis momentos em sala de aula, mas principalmente pela inigualável amizade.

Às colegas Cristina Mendes e Maria da Graça Lima, pelo carinho e disponibilidade, pela colaboração e conhecimentos transmitidos, mas, sobretudo, pela valiosa amizade.

Aos colegas Fabiana Timm, Ariadne Henriques, Rafael Madhail e Pablo Badinelli pela colaboração, carinho, amizade e agradáveis momentos compartilhados.

A todos os colegas do Programa de Pós-graduação, pelo carinho, respeito e agradável convivência.

Lista de Tabelas

CAPÍTULO 1

- Tabela 1 Porcentagem média de germinação (G%), primeira contagem (PCG%), e índice de velocidade de germinação (IVG) de dois lotes de sementes de arroz da cultivar IRGA 422CL em função das diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo. 10
- Tabela 2 Condutividade elétrica, com três e 24 horas de embebição, de dois lotes de sementes de arroz da cultivar IRGA 422CL em função das diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo. 11
- Tabela 3 Comprimento da raiz (CR) e da parte aérea (CPA) de plântulas, provenientes do teste de germinação de sementes de arroz de dois lotes da cv. IRGA 422CL, em função das diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo. 12
- Tabela 4 Massa fresca da raiz (MFR) e da parte aérea (MFPA) de plântulas, provenientes do teste de germinação de sementes de arroz de dois lotes da cv. IRGA 422CL, em função das diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo. 13
- Tabela 5 Massa seca da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA) de plântulas, provenientes do teste de germinação de sementes de arroz de dois lotes da cv. IRGA 422CL, em função das diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo. 14
- Tabela 6 Emergência de plântulas em casa de vegetação (E%) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) de dois lotes de sementes de arroz da cultivar IRGA 422CL em função das diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo. 15

CAPÍTULO 2

- Tabela 1 Porcentagem média da germinação (G%), primeira contagem (PCG%) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl+24-EBR1(0,01 μ M), EBR2 (0,1 μ M) e EBR3 (1,0 μ M). 24

Tabela 2	Condutividade elétrica, com três e 24 horas de embebição, de sementes de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 µM), 24-EBR2 (0,1 µM) e 24-EBR3 (1,0 µM).	26
Tabela 3	Comprimento da raiz (CR) e da parte aérea (CPA) de plântulas, provenientes do teste de germinação de sementes de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 µM), EBR2 (0,1 µM) e EBR3 (1,0 µM).	27
Tabela 4	Massa fresca da raiz (MFR) e da parte aérea (MFPA) de plântulas, provenientes do teste de germinação de sementes de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 µM), EBR2 (0,1 µM) e EBR3 (1,0 µM).	28
Tabela 5	Massa seca da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA) de plântulas, provenientes do teste de germinação de sementes de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 µM), EBR2 (0,1 µM) e EBR3 (1,0 µM).	29
Tabela 6	Emergência de plântulas em casa de vegetação (E%) de plântulas e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com com NaCl (100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 µM), EBR2 (0,1 µM) e EBR3 (1,0 µM).	30
Tabela 7	Comprimento da raiz (CR) e da parte aérea (CPA) provenientes do teste de emergência de plântulas de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 µM), EBR2 (0,1 µM) e EBR3 (1,0 µM).	31
Tabela 8	Massa fresca da raiz (MFR) e da parte aérea (MFPA) provenientes do teste de emergência de plântulas de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl.(100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 µM), EBR2 (0,1 µM) e EBR3 (1,0 µM).	32
Tabela 9	Matéria seca da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA) provenientes do teste de emergência de plântulas de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl.(100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 µM), EBR2 (0,1 µM) e EBR3 (1,0 µM).	33
Tabela10	Área foliar (AF) e concentração de clorofila total (CCI _t), provenientes do teste de emergência de plântulas de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + EBR1 (0,01 µM), EBR2 (0,1 µM) e EBR3 (1,0 µM).	34

SUMÁRIO

RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	XI
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1	4
POTENCIAL FISIOLÓGICO DE DOIS LOTES DE SEMENTES DE ARROZ SUBMETIDOS AO TRATAMENTO COM 24-EPIBRASSINOLÍDEO	4
INTRODUÇÃO	4
MATERIAL E MÉTODOS	7
RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
CONCLUSÃO	16
CAPÍTULO 2	17
TOLERÂNCIA AO ESTRESSE SALINO EM SEMENTES DE ARROZ (<i>ORYZA SATIVA</i> L.) TRATADAS COM 24-EPIBRASSINOLÍDEO	17
INTRODUÇÃO	17
MATERIAL E MÉTODOS	20
RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
CONCLUSÃO	37
CONCLUSÃO GERAL.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

RESUMO

LARRÉ, Cristina Ferreira. **Desempenho fisiológico de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) submetidas ao 24-epibrassinolídeo**. 2008. 45f. Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O objetivo da pesquisa foi avaliar a importância do 24-epibrassinolídeo no desempenho fisiológico de sementes de arroz, sendo realizados dois experimentos, em laboratório e casa de vegetação. O primeiro avaliou o desempenho de diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo na qualidade fisiológica de sementes e no crescimento de plântulas de arroz em dois lotes da cv. IRGA 422CL. As sementes de ambos os lotes foram tratadas com concentrações crescentes de 24-epibrassinolídeo (zero; 0,01; 0,1; 0,4 e 1,0 μM), por um período de duas horas e avaliadas por meio dos testes de germinação, primeira contagem da germinação, índice de velocidade de germinação, índice de velocidade de emergência, emergência, comprimento de parte aérea e raiz e massas fresca e seca de parte aérea e raiz. De modo geral em todas as características determinadas, concentrações menores ou iguais a 0,4 μM de 24-epibrassinolídeo produziram respostas positivas na qualidade fisiológica das sementes de arroz cv. IRGA 422CL. O segundo experimento foi conduzido com sementes de arroz de duas cultivares, BRS Querência, genótipo suscetível a salinidade e BRS Bojurú, tolerante ao sal, de modo a determinar o efeito do 24-epibrassinolídeo na germinação, crescimento de plântulas, área foliar e concentração de clorofila em condição de estresse salino. As sementes foram embebidas, por duas horas, em água, NaCl 100 mM e soluções de NaCl 100 mM suplementadas com 24-epibrassinolídeo nas concentrações de 0,01; 0,1 e 1,0 μM . A viabilidade e o vigor das sementes de arroz da cv. BRS Querência, foram reduzidos pela salinidade e restabelecidos pela aplicação do 24-epibrassinolídeo na concentração 1,0 μM . Enquanto, na cv. BRS Bojurú, a aplicação desta concentração reduziu o vigor. Na cv. BRS Querência, suscetível ao sal, a aplicação do 24-epibrassinolídeo incrementou a concentração de clorofila, área foliar, comprimento de raiz e parte aérea, massas fresca e seca de raiz e parte aérea, reduzindo os efeitos deletérios causados pela salinidade. No entanto, na cv. BRS Bojurú, tolerante a salinidade, a aplicação do 24-epibrassinolídeo 0,01 μM reverteu ou não afetou as características de crescimento, porém, concentrações de 0,1 e 1,0 μM reduziram as características de crescimento, mas não afetaram a concentração de clorofila. Com base nos resultados, pode-se inferir que a

suplementação da solução salina com 24-epibrassinólídeo melhora a qualidade das sementes de cultivares suscetíveis a salinidade, não atuando da mesma forma em cultivares mais tolerantes.

Palavras-chave: Epibrassinólídeo, brassinosteróides, arroz.

ABSTRACT

LARRÉ, Cristina Ferreira. **Physiological performance of rice (*Oryza sativa* L.) seeds treated with 24-epibrassinolide**. 2008. 45f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The objective of the research was evaluate the importance 24-epibrassinolide in physiological performance of rice seeds, for this two experiments were conducted in laboratory and a greenhouse. The first assessed the performance of different concentrations of 24-epibrassinolide in physiological quality of seeds and seedlings growth in two lots of rice cv. IRGA 422CL. The seeds of both lots were treated with increasing concentrations of 24-epibrassinolide, zero, 0.01, 0.1, 0.4 and 1.0 μM , for a period of two hours and evaluated through the tests of germination, the first counting of germination, the speed of germination index, emergency, speed of emergency index, length of shoot and root and fresh and dry mass of shoot and root. Generally in all characteristics determined, concentrations less than or equal to 0.4 μM 24-epibrassinolide produced a positive response in physiological quality seeds of rice cv. IRGA 422CL. The second experiment was conducted with seed rice of two cultivars, BRS Querência, genotype susceptible to salinity and BRS Bojurú, tolerant to salt, in order to determine the effect of the 24-epibrassinolide on the germination, seedling growth, leaf area and concentration of chlorophyll under salt stress condition. Seeds were soaked for two hours in water, 100mM NaCl and solutions of 100 mM NaCl supplemented with 24-epibrassinolide at concentrations of 0.01, 0.1 and 1.0 μM . The viability and vigor of rice seeds of cv. BRS Querência were reduced by salinity and were restored by the application of the 24-epibrassinolide in concentration 1.0 μM . While in cv. BRS Bojurú the vigor was reduced by this concentration. The application of the 24-epibrassinolide in cv. BRS Querência increased the concentration of chlorophyll, leaf area, length of root and shoot, fresh and dry mass of root and shoot, reducing the deleterious effects caused by salinity. However, in cv. BRS Bojurú, tolerant to salinity, the application of the 24-epibrassinolide 0.01 μM reversed or did not affect the characteristics of growth, although, concentrations of 0.1 e 1,0 μM reduced the characteristics of growth, but did not affect the chlorophyll concentration. Based on the results, it can be inferred that the supplementation of saline solution with 24-epibrassinolide improves the quality of seed varieties susceptible to salinity, not acting the same way in more tolerant cultivars.

Index terms: Epibrassinolide, brassinosteroids, rice.

INTRODUÇÃO GERAL

Desde a década de 1960, o Ministério da Agricultura dos Estados Unidos iniciou um programa de pesquisa destinado a encontrar novos fitohormônios. A partir disto, evidências experimentais mostraram o envolvimento de novas substâncias na regulação do crescimento vegetal, germinação e vigor de sementes, florescimento e superação da dormência de gemas e sementes.

Além dos cinco grupos estabelecidos até então como fitohormônios, auxina, citocinina, giberelina, etileno e ácido abscísico, foram descobertas outras classes de compostos capazes de regular o crescimento e o desenvolvimento vegetal (Rao et al., 2002), incluindo compostos fenólicos (Lethan, 1978; Harborne, 1980), poliaminas (Evans & Malmberg, 1989), metil jasmonatos (Sembdner & Parthier, 1993) e brassinosteróides (Mandava, 1988).

Hormônio vegetal é um composto orgânico sintetizado em uma parte da planta e translocado para outra parte, que em concentrações muito baixas, causa resposta fisiológica (Salisbury, 1994). Baseado neste conceito, os brassinosteróides são uma nova classe de fitohormônios com estrutura esteroídica polioxigenada, dotados de pronunciada atividade reguladora do crescimento (Zullo & Adam, 2002).

Aproximadamente 60 tipos de pólen foram aplicados sobre o segundo entrenó de feijoeiro, sendo que o pólen de colza (*Brassica napus* L.) e de amieiro (*Alnus glutinosa* L.) produzia alongamento com intumescimento e curvatura do entrenó tratado (Mandava & Mitchell, 1971). Então, estes pesquisadores propuseram que o pólen de colza continha um novo grupo de fitohormônios lipídicos, denominando-o de brassina. As brassinas mostraram-se capazes de aumentar o rendimento de colheita e o vigor de sementes de feijão (Mitchell & Gregory, 1972). Assim sendo, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, em 1975,

estabeleceu estudos com a finalidade de identificar e sintetizar os princípios ativos das brassinas, bem como avaliar seus efeitos no aumento da produtividade de algumas culturas como trigo, milho, soja e batata. Grove e colaboradores (1979) isolaram e obtiveram a partir do princípio ativo das brassinas, uma substância cristalina, denominada brassinolídeo. Baseados no isolamento do brassinolídeo, uma série de brassinosteróides foi encontrada em diversos órgãos de plantas de diferentes espécies, incluindo 28 dicotiledôneas, nove monocotiledôneas, cinco gimnospermas, uma pteridófita e uma alga (Adam & Marquardt, 1986; Mandava, 1988). Ao todo, mais de 60 tipos de brassinosteróides já foram encontrados, mas somente 42 livres e quatro conjugados estão completamente caracterizados (Fujioka & Sakurai, 1997). Entre os de ocorrência natural, o brassinolídeo e a castasterona são considerados os mais importantes devido a sua ampla distribuição e atividade metabólica (Kim, 1991). Até o momento não é claro como são sintetizados em plantas, contudo são detectados em pólen, folhas, flores, sementes, brotos e caules (Sasse, 1991).

O mecanismo de ação dos brassinosteróides ainda está em fase inicial de investigação. Em *Arabidopsis thaliana* (L.) Heyhn foi identificada uma proteína rica em leucina considerada como receptor de brassinosteróide, localizado na membrana plasmática e tem como função a transdução de sinal na superfície celular (Li & Chory, 1997).

A forma de transporte dos brassinosteróides na planta também não está elucidada. Os primeiros trabalhos indicam, de forma indireta, que podem ser transportados das raízes para a parte aérea da planta via xilema, podendo desta forma estar envolvido na sinalização molecular para induzir a síntese da ACC sintase, estimulando a síntese do fitohormônio etileno (Arteca, 1995). Quando aplicado em raízes de alface e tomateiro o brassinolídeo afeta o crescimento do hipocótilo e pecíolos e na base do hipocótilo de feijão causa alongamento do epicótilo (Gregory & Mandava, 1982), demonstrando claramente a mobilidade dos brassinosteróides no sistema vegetal.

Com o isolamento do brassinolídeo e a síntese de uma série de análogos, os brassinosteróides, como o 24-epibrassinolídeo, se mostram úteis no aumento da produção agrícola. Em feijoeiro, a aplicação do brassinolídeo aumenta entre 45 e 51% a massa seca de sementes por planta, enquanto em alface o incremento foi de 25% (Meudt et al. 1983). Em arroz, o tratamento das plântulas com solução de

brassinolídeo proporcionou um incremento de 31,5% na massa seca dos grãos (Lim, 1987). A aplicação do 24-epibrassinolídeo incrementa a produção de milho, tabaco, abóbora e uva (Ikekawa & Zhao, 1991). Na Rússia, 24-epibrassinolídeo é considerado um eficiente regulador do crescimento vegetal em batata, tomate, abóbora, pimenta e cevada (Rao et al., 2002).

Além da significativa atividade promotora do crescimento, os brassinosteróides também influenciam em vários outros processos de desenvolvimento como germinação e vigor de sementes, florescimento e superação da dormência de gemas e sementes, senescência, abscisão e maturação além de conferir resistência às plantas sob condições de estresse bióticos ou abióticos. O papel dos brassinosteróides na proteção do vegetal contra estresses ambientais é foco importante na pesquisa para esclarecer seu modo de ação e muito tem contribuído para o uso deste fitohormônio na produção agrícola (Kamuro & Takatsuto 1999).

Embora os brassinosteróides, como o 24-epibrassinolídeo, sejam comercialmente disponíveis e utilizados na agricultura chinesa e russa, ainda há a necessidade de estudos mais apurados sobre concentração, modo e época de aplicação, adequação de brassinosteróides à cultura ou cultivar e associação com outros fitohormônios, pois em outros países foram testados apenas em ensaios em casas de vegetação ou pequenas áreas.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar alterações fisiológicas nas sementes e no crescimento de plântulas de arroz submetidas à diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo, bem como, descrever o efeito deste fitohormônio em plântulas crescidas em condições de estresse salino.

CAPÍTULO 1

POTENCIAL FISIOLÓGICO DE DOIS LOTES DE SEMENTES DE ARROZ TRATADAS COM 24-EPIBRASSINOLÍDEO

INTRODUÇÃO

Os reguladores do crescimento vegetal estão envolvidos na promoção e inibição do processo germinativo das sementes (Evenari, 1949), entre estes os brassinosteróides. Testes com brassinolídeo, 24-epibrassinolídeo e 28-epibrassinolídeo comprovaram que os brassinosteróides não só promovem a germinação de sementes como podem reverter o efeito inibitório do ácido abscísico sobre a germinação (Rao et al., 2002).

O uso de sementes com potencial fisiológico elevado é fundamental para a obtenção de resultados satisfatórios em culturas de expressão econômica. Neste sentido, pesquisas que permitam diagnosticar e melhorar a qualidade das sementes produzidas poderão possibilitar o emprego de técnicas mais eficientes, com resultados promissores para os cultivos.

O potencial fisiológico das sementes é rotineiramente avaliado pelo teste de germinação, conduzido sob condições altamente favoráveis de temperatura, umidade e substrato, viabilizando assim, o máximo potencial para germinação. Os resultados desse teste apresentam confiabilidade para analistas e produtores de

sementes, sob o aspecto de reprodutibilidade dos dados, tendo como finalidade obter informações acerca da qualidade de diferentes lotes com vistas à comercialização (Zepka et al., 2007). No entanto, Byrum & Copeland (1995) questionam a validade deste teste para prever o comportamento das sementes em campo, onde as condições nem sempre são favoráveis e sugerem a complementação do teste de germinação com o teste de emergência de plântulas a campo a fim de identificar lotes com melhor desempenho.

A qualidade fisiológica da semente pode ser avaliada por duas características fundamentais, a viabilidade e o vigor (Popinigis, 1977). A viabilidade é determinada pelo teste de germinação, um fenômeno biológico que pode ser considerado pelos botânicos como a retomada do crescimento ativo por parte do embrião, com o subsequente rompimento do tegumento pela radícula. Entretanto, para os tecnólogos de sementes, a germinação é definida como a emergência e o desenvolvimento de estruturas essenciais do embrião, manifestando a sua capacidade de originar uma planta normal, sob condições do ambiente favorável. O vigor, no entanto, compreende um conjunto de características que determinam o potencial fisiológico das sementes, sendo influenciado pelas condições do ambiente e manejo durante as etapas de pré e pós-colheita (Vieira & Carvalho, 1994).

Dentre os testes de vigor considerados mais importantes pela *Association of Official Seed Analysts* (AOSA, 1983) e pela *International Seed Testing Association* (ISTA, 2004), pode ser destacado o teste de condutividade elétrica como um dos mais confiáveis, devido a sua objetividade e rapidez, além da facilidade de execução. O teste de condutividade elétrica determina a quantidade de íons presentes na água de embebição e, indiretamente, o vigor das sementes, sendo que o vigor está relacionado à integridade do sistema de membranas celulares (Marcos Filho et al., 1987). Também, este teste determina o estado de degeneração mais sutil do sistema de membranas celulares das sementes, que é consequência inicial de um processo de deterioração e que não tem condições de ser determinado pelo teste de germinação. Estas transformações degenerativas exercem grande influência no potencial de desempenho das sementes com reflexos na capacidade de armazenamento, na emergência de plântulas no campo, no crescimento e na produtividade das plantas.

Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho de diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo na qualidade fisiológica de sementes e no crescimento de plântulas de arroz em dois lotes de arroz cv. IRGA 422CL.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Fisiologia de Sementes e em Casa de Vegetação, do Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Pelotas. Sementes de dois lotes de arroz cv. IRGA 422CL, procedentes do Instituto Riograndense do Arroz foram utilizadas. As sementes de ambos os lotes foram submetidas a concentrações crescentes de 24-epibrassinolídeo (zero; 0,01; 0,1; 0,4 e 1,0 μM) por um período de duas horas e avaliadas por meio dos seguintes testes: **teste de germinação (TG)** - realizado em 200 sementes divididas em quatro subamostras de 50 sementes e três repetições estatísticas. As sementes foram semeadas em caixas plásticas do tipo gerbox, com papel mata-borrão umedecido com quantidade de água destilada equivalente a duas vezes e meia a massa do substrato e colocadas para germinar em câmara de germinação à temperatura de $25\pm 1^\circ\text{C}$. Os resultados do teste foram obtidos aos 14 dias após a semeadura (DAS) e expressos em porcentagem de germinação; **primeira contagem da germinação (PCG)** - efetuada no quinto DAS, sendo consideradas germinadas as sementes cuja protrusão da radícula era maior ou igual a dois milímetros (mm), e os resultados foram expressos em porcentagem de germinação; **índice de velocidade de germinação (IVG)** - foi determinado conjuntamente ao teste de germinação, conforme descrito por Vieira & Carvalho (1994), sendo efetuada a contagem do número de plântulas germinadas diariamente, até a estabilização do estande. O IVG foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguirre (1962), computando o número de sementes germinadas ao dia; **comprimento da parte aérea e do sistema radicular (CPA e CR)** - no final do teste de germinação, 14 DAS, vinte plântulas por tratamento, de cada repetição, foram utilizadas para se obter o comprimento da parte aérea e do sistema radicular, os quais foram obtidos por meio

de uma régua graduada e os resultados expressos em mm plântula⁻¹ ; **massa da matéria fresca da parte aérea e raízes (MFPA e MFR)** - obtida gravimetricamente nas mesmas vinte plântulas utilizadas para aferir os comprimentos da parte aérea e das raízes; **massa da matéria seca da parte aérea e das raízes (MSPA e MSR)** - depois de obtida a massa fresca das plântulas o material vegetal foi levado à estufa e seco a 70±2°C até atingir massa constante, sendo determinada gravimetricamente. O valor das massas fresca e seca da parte aérea e das raízes foi dividido pelo número de plântulas e os resultados expressos em mg plântula⁻¹ ; **condutividade elétrica (CE)** - foram utilizadas quatro subamostras de 25 sementes, embebidas durante duas horas em soluções de 24-epibrassinolídeo nas concentrações de zero; 0,01; 0,1; 0,4 e 1,0 µM, com três repetições estatísticas por tratamento e com suas massas previamente aferidas. Após a embebição nas diferentes soluções de 24-epibrassinolídeo, as amostras foram colocadas em becker contendo 80ml de água deionizada e mantidas à temperatura de 20°C. A condutividade elétrica foi medida em condutímetro Digimed CD-21 após três e 24 horas de embebição e os resultados foram expressos em µS m⁻¹ g⁻¹de semente; **teste de emergência de plântulas em casa de vegetação (E)** - 200 sementes de arroz, cv. IRGA-422CL, por repetição, foram embebidas por duas horas em soluções de 24-epibrassinolídeo nas concentrações de zero; 0,01; 0,1; 0,4 e 1,0 µM. Como substrato foi utilizado areia lavada colocada em bandejas multicelulares de poliestireno expandido e a semeadura realizada manualmente à profundidade de 30 milímetros. A contagem das plântulas emersas foi realizada aos 21 DAS e os resultados expressos em porcentagem de plântulas emergidas; **índice de velocidade de emergência de plântulas em casa de vegetação (IVE)** - determinado conjuntamente ao teste de emergência de plântulas, conforme descrito por Vieira & Carvalho (1994), sendo efetuada a contagem do número de plântulas emersas diariamente, até a estabilização do estande. O IVE foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguirre (1962), computando-se o número de plântulas emergidas ao dia.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (2x5), sendo dois lotes analisados, cinco concentrações de 24-epibrassinolídeo, com três repetições estatísticas. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A germinação das sementes de arroz cv. IRGA 422CL, lote A e B, nas concentrações de 0,01 e 0,1 μM de 24-epibrassinolídeo foi igual ao controle e superior a das concentrações mais elevadas, 0,4 e 1,0 μM (Tabela 1). A primeira contagem da germinação e o índice de velocidade de germinação para ambos os lotes (Tabela 1), indicaram que o processo foi mais rápido nas concentrações mais baixas (0,0; 0,01 e 0,1 μM de 24-epibrassinolídeo).

A redução da germinação, observada nas concentrações elevadas, 0,4 e 1,0 μM (Tabela 1), coincidiu com o declínio da velocidade do processo, dessa maneira evidencia-se a interferência negativa do 24-epibrassinolídeo em concentrações superiores a 0,1 μM para a viabilidade e vigor das sementes de arroz cv. IRGA 422CL, tanto do lote A como do lote B. Dessa forma, podemos inferir que concentrações de até 0,1 μM do 24-epibrassinolídeo, são favoráveis aos processos de germinação, primeira contagem da germinação e índice de velocidade de germinação, conseqüentemente à qualidade fisiológica das sementes de arroz cv. IRGA 422CL.

Ainda não está bem estabelecido de que forma os brassinosteróides atuam na germinação de sementes. Em *Lepidium sativum* L. a aplicação do 24-epibrassinolide incrementa a germinação, provavelmente por reduzir o efeito inibitório do ácido abscísico (Rao et al., 2002). No entanto, em sementes de café (*Coffea arabica* L.) a aplicação do regulador de crescimento não teve efeito significativo. Alguns autores afirmam que a indução da germinação, em plântulas de feijoeiro, possa ser o resultado no crescimento do hipocótilo, promovido pela aplicação de epibrassinolídeo (Zullo & Adam, 2002).

TABELA 1 - Porcentagem média de germinação (G%), primeira contagem (PCG%), e índice de velocidade de germinação (IVG) de dois lotes de sementes de arroz da cultivar IRGA 422CL em função das diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo

Conc. de 24-EBR (μM)	G (%)		PCG (%)		IVG	
	Lote A	Lote B	Lote A	Lote B	Lote A	Lote B
Zero	89A	86A	85AB	85A	14,07B	13,94B
0,01	90A	87A	85AB	85A	17,11A	17,08A
0,1	91A	88A	89A	83A	18,94A	16,58A
0,4	88A	76AB	79B	67B	12,24C	9,27C
1,0	83B	73B	77B	63B	11,83C	8,96C
CV%	4,24	5,61	4,32	5,43	3,4	4,92

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

A condutividade elétrica, determinada as três e 24 horas, em ambos os lotes de sementes de arroz cv. IRGA 422CL, evidenciou que as concentrações mais altas (0,4 e 1,0 μM de 24-epibrassinolídeo) ocasionaram maior lixiviação de solutos (Tabela 2), provavelmente por induzirem a desorganização do sistema de membranas celulares. A desestruturação e a perda da integridade do sistema de membranas celulares causam alterações no metabolismo e exudação de eletrólitos entre a célula e o meio externo, com reflexos diretos na qualidade fisiológica da semente.

Em ambos os lotes, a condutividade elétrica das sementes de arroz, determinada às 24 horas, não apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre o controle as tratadas com concentrações baixas, 0,01 e 0,1 μM , porém, diferiram estatisticamente das tratadas com concentrações mais elevadas de 0,4 e 1,0 μM de 24-epibrassinolídeo (Tabela 2). Esses resultados permitem deduzir que concentrações superiores a 0,1 M de 24-epibrassinolídeo acentuam o processo de deterioração das sementes de arroz cv. IRGA 422CL e, conseqüentemente, pode ser a causa da redução da viabilidade e vigor, conforme verificado na Tabela 1.

TABELA 2 - Condutividade elétrica, com três e 24 horas de embebição, de dois lotes de sementes de arroz da cultivar IRGA 422CL em função das diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo

Conc. de 24- EBR (μM)	Condutividade elétrica ($\mu\text{S m}^{-1} \text{g}^{-1}$ de semente)			
	3 horas		24 horas	
	Lote A	Lote B	Lote A	Lote B
Zero	1,46B	2,72AB	5,61B	8,09B
0,01	1,29B	2,37B	5,17B	8,05B
0,1	2,07A	2,96AB	5,82B	8,31B
0,4	2,16A	2,76AB	6,57A	9,36A
1,0	2,31A	3,19A	6,82A	9,08A
CV%	9,63	8,26	3,13	2,91

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

Com base nos resultados dos valores médios do comprimento das raízes e da parte aérea das plântulas para os diferentes lotes de sementes de arroz cv. IRGA 422CL (Tabela 3), constatou-se que as concentrações de 0,01; 0,1 e 0,4 μM de 24-epibrassinolídeo, em relação ao controle, estimularam significativamente o crescimento das raízes e da parte aérea das plântulas do lote A. No entanto, a concentração de 1,0 μM de 24-epibrassinolídeo, restringiu o crescimento das raízes e da parte aérea das plântulas. No comprimento das raízes e da parte aérea do lote B não houve diferenças significativas entre as plântulas controle e as tratadas com concentrações de 0,01 e 0,1 μM de 24-epibrassinolídeo (Tabela 3). Enquanto as concentrações de 0,4 e 1,0 μM de 24-epibrassinolídeo induziram crescimento negativo nas raízes e na parte aérea das plântulas provenientes do lote B (Tabela 3).

Recentemente foi detectado em raiz de milho (Kim et al., 2000), tomate (Yokota et al., 2001), *Arabidopsis* (Bancos et al., 2002) e pêra (Shimada et al., 2003) níveis endógenos de brassinosteróides extremamente baixos. Mussing e colaboradores (2003) trabalharam com 24-epibrassinolídeo em concentrações entre 0,05 e 0,1 nM, e verificaram que estas concentrações estimularam o crescimento da raiz de *Arabidopsis*. Esses resultados vêm de encontro com os obtidos neste

trabalho (lote A), onde as concentrações mais baixas (0,01 e 0,1 M) foram capazes de estimular e as concentrações superiores inibiram o crescimento da raiz.

TABELA 3 - Comprimento da raiz (CR) e da parte aérea (CPA) de plântulas, provenientes do teste de germinação de sementes de arroz de dois lotes da cv. IRGA 422CL, em função das diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo

Conc. de 24- EBR (μM)	CR (mm plântula ⁻¹)		CPA (mm plântula ⁻¹)	
	Lote A	Lote B	Lote A	Lote B
Zero	33,9B	33,2A	70,7B	72,7A
0,01	42,0 A	33,3A	83,8A	72,5A
0,1	42,7A	35,5A	86,5A	69,8A
0,4	43,6A	24,4B	82,0A	52,3B
1,0	24,6C	21,3B	52,1C	32,3C
CV%	2,21	3,43	1,98	2,18

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

A estimulação do crescimento é considerada como um importante papel fisiológico dos brassinosteróides, no entanto as plântulas de arroz, dos dois lotes, da cultivar em estudo, responderam de forma diferente a aplicação do fitohormônio. As plântulas do lote A tiveram um incremento no crescimento da parte aérea quando foram utilizadas concentrações mais baixas de 24-epibrassinolídeo (0,01; 0,1 e 0,4 μM), porém, a concentração de 1,0 μM inibiu o crescimento da parte aérea das plântulas deste lote (Tabela 3). No lote B, o crescimento da parte aérea não diferiu entre as plântulas controle e as tratadas com concentrações mais baixas de 24-epibrassinolídeo, no entanto nas concentrações mais elevadas (0,4 e 1,0 μM), ocorreu inibição significativa no alongamento da parte aérea (Tabela 3).

A maioria das pesquisas evidencia o papel dos brassinosteróides no comprimento do epicótilo de soja (Yopp et al., 1981), de feijão (Gregory & Mandava, 1982) e pêra (Clouse, 1992); no alongamento do hipocótilo de feijão (Yopp et al., 1981), girassol e abóbora e no aumento no comprimento das folhas de beterraba (Katsumi, 1985). A indução do crescimento pelos brassinosteróides parece ser independente de outros fitohormônios (Arteca & Arteca, 2001). No entanto, em

Tabebuia alba (Cham) Sandwith o incremento no crescimento da parte aérea é atribuído a associação do 24-epibrassinolídeo com giberelina (Ono et al., 2000) .

A matéria fresca do sistema de raízes (MFR) e da parte aérea (MFPA), em ambos os lotes, foram incrementadas significativamente com baixas concentrações e reduzidas nas altas concentrações de 24-epibrassinolídeo, comparadas com o controle (Tabela 4). Entretanto, a massa seca das raízes (MSR), em ambos os lotes, aumentou significativamente nas concentrações de 0,01; 0,1 e 0,4 μM e reduziu na concentração maior (1,0 μM) de 24-epibrassinolídeo, em comparação as plântulas controle. No entanto, a MSPA foi incrementada significativamente nas plântulas tratadas com concentrações mais baixas (0,01 e 0,1 μM) e reduzidas com pelas concentrações maiores (0,4 e 1,0 μM) de 24-epibrassinolídeo, em relação as plântulas controle (Tabela 5). Em relação às plântulas do controle, houve um decréscimo significativo da biomassa fresca e seca quando foi utilizada a concentração de 1,0 μM . O lote B apresentou resposta similar ao lote A, porém, a indução do acúmulo de massa fresca e seca da raiz foi estimulada apenas pelas concentrações de 0,01 e 0,1 μM de 24-epibrassinolídeo, sugerindo uma sensibilidade maior ao regulador de crescimento por este lote.

TABELA 4 - Massa fresca da raiz (MFR) e da parte aérea (MFPA) de plântulas, provenientes do teste de germinação de sementes de arroz de dois lotes da cv. IRGA 422CL, em função das diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo

Conc. de 24- EBR (μM)	MFR (mg plântula ⁻¹)		MFPA (mg plântula ⁻¹)	
	Lote A	Lote B	Lote A	Lote B
Zero	672,8B	303,8B	989,5B	423,3B
0,01	1151,3A	548,5A	1106,6A	649,2A
0,1	1173,9A	513,4A	1144,7A	622,8A
0,4	1059,1A	198,3C	966,7B	416,4B
1,0	489,3C	182,7C	708,2C	342,3C
CV%	6,51	5,63	4,88	5,19

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

TABELA 5 - Massa seca da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA) de plântulas, provenientes do teste de germinação de sementes de arroz de dois lotes da cv. IRGA 422CL, em função das diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo

Conc. de 24- EBR (μM)	MSR (mg plântula^{-1})		MSPA (mg plântula^{-1})	
	Lote A	Lote B	Lote A	Lote B
Zero	82,6B	71,2B	114,7B	89,4B
0,01	184,4A	107,8A	227,0A	118,5A
0,1	196,8A	119,8A	200,4A	109,1A
0,4	209,9A	122,9A	115,9B	87,5B
1,0	90,2B	77,8B	94,7C	64,1C
CV%	2,87	2,98	3,08	3,46

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

Pesquisas têm evidenciado a efetividade do 24-epibrassinolídeo em incrementar o acúmulo de biomassa em vários órgãos das plantas. Houve incrementos na massa fresca em grãos de feijoeiro de até 50%, em alface 25% (Meudt et al., 1983), em arroz um acréscimo de massa fresca e seca dos grãos em 32% e 22%, respectivamente (Lim, 1987), em milho 7% na massa fresca das espigas e 11% na massa seca dos grãos (Lim, 1987), em trigo até 37% na massa seca das sementes (Zullo & Adam, 2002), sendo atribuído à aplicação de 24-epibrassinolídeo sendo determinado em vários experimentos, tanto a campo como em laboratório.

Os testes de emergência e índice de velocidade de emergência de plântulas em casa de vegetação, dos dois lotes da cultivar de arroz cv. IRGA 422CL em função das diferentes concentrações do 24-epibrassinolídeo (Tabela 6), evidenciaram que as concentrações menores, 0,01 e 0,1 μM de 24-epibrassinolídeo tiveram efeito positivo na qualidade da semente pois proporcionam maiores taxas de crescimento no período inicial do estabelecimento da cultura.

TABELA 6 - Emergência de plântulas em casa de vegetação (E%) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) de dois lotes de sementes de arroz da cultivar IRGA 422CL em função das diferentes concentrações de 24-epibrassinolídeo

Conc. de 24-EBR (μM)	E (%)		IVE	
	Lote A	Lote B	Lote A	Lote B
Zero	79B	71B	6,97B	5,92B
0,01	78B	73AB	8,02A	7,00A
0,1	82A	76A	8,39A	6,95A
0,4	78B	66C	6,81B	4,83C
1,0	76B	67C	6,66B	4,66C
CV %	2,5	2,4	6,0	6,54

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

Em todas as características avaliadas, tanto em laboratório como em casa de vegetação, os resultados foram semelhantes, De modo geral, as concentrações menores de 0,4 μM de 24-epibrassinolídeo são ideais para obtenção de resposta positiva na qualidade fisiológica das sementes de arroz cv. IRGA 422CL.

CONCLUSÃO

As concentrações menores de 24-epibrassinolídeo são favoráveis à qualidade fisiológica das sementes da cv. IRGA 422CL.

O aumento na concentração do 24-epibrassinolídeo acentua a condutividade elétrica reduzindo o vigor das sementes da cv. IRGA 422CL.

Baixas concentrações de 24-epibrassinolídeo incrementam todas as características de crescimento dos dois lotes da cv. IRGA 422CL.

CAPÍTULO 2

TOLERÂNCIA AO ESTRESSE SALINO EM SEMENTES DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) TRATADAS COM 24-EPIBRASSINOLÍDEO

INTRODUÇÃO

A maneira como as sementes interagem com os sinais do ambiente na determinação do melhor momento para iniciar a emergência da radícula e o posterior crescimento da plântula é questão básica na fisiologia da germinação, sendo um fato crítico para as sementes, pois a taxa de sobrevivência das plântulas é dependente da disponibilidade hídrica do meio (Duarte, 2004).

A cultura do arroz é irrigada por inundação, podendo conduzir com o tempo a salinização de solos que não possuem drenagem adequada, tornando impraticável a continuidade do cultivo em certas áreas (Lima et al., 2004).

Os efeitos salinos no desempenho germinativo de várias sementes são conhecidos ao longo do tempo, aumentando consideravelmente o período de germinação pela presença de sais solúveis no solo (Campos & Assunção, 1990). Em geral, tanto halófitas como glicófitas respondem de modo semelhante ao incremento na intensidade do estresse, reduzindo o número total de sementes germinadas e a velocidade de germinação (Perez & Tambelini, 1995). A concentração salina capaz

de causar atraso e redução no número de sementes germinadas depende da tolerância de cada espécie (Ungar, 1982).

Durante a germinação a semente passa por vários processos caracterizados, principalmente, pela absorção de água e mobilização de reservas da semente (Prisco et al., 1981). A absorção de água é prejudicada pelo excesso de sais solúveis que reduzem o potencial hídrico do solo. Essa redução no potencial hídrico associada aos efeitos tóxicos dos sais interfere inicialmente no processo de absorção de água pelas sementes, influenciando na germinação. Conseqüentemente, a menor absorção de água pelas sementes atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos e, com isso, as plântulas resultantes desse meio, com menor grau de umidade, apresentam redução no crescimento, caracterizado por diminuição no comprimento da plântula e menor acúmulo de matéria seca (Sá, 1987).

Os efeitos indiretos da salinidade ocorrem devido à concentração elevada de sódio ou outros cátions na solução, que interferem nas condições físicas do solo ou na disponibilidade de outros elementos, afetando indiretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Em muitos casos a concentração de sais não atinge níveis osmóticos ou tóxicos capazes de prejudicar a absorção de água pelas plantas. No entanto, a concentração de íons diversos pode provocar interferências indiretas e ser um obstáculo à boa absorção de elementos essenciais e, conseqüentemente, ao desenvolvimento normal do metabolismo (Medeiros & Gheyi, 1998).

Os brassinosteróides são associados ao aumento na tolerância aos estresses biótico e abiótico. Dentre os estresses abióticos, os brassinosteróides são eficientes em incrementar a resistência a altas e baixas temperaturas, seca, salinidade e toxicidade por metais pesados. Em arroz, o 24-epibrassinolídeo incrementou a resistência à temperaturas entre 1-5°C e a tolerância foi associada com incremento na produção de ATP, aumento nos níveis de prolina e aumento na atividade enzimática, indicando que esse brassinosteróide está envolvido na estabilidade e osmorregulação (Rao et al., 2002). A capacidade do 24-epibrassinolídeo em reverter o efeito inibitório causado, pela salinidade, na germinação de sementes de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. foi descrito por Sasse (2003).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do tratamento com 24-epibrassinolídeo na indução à tolerância de plântulas de arroz, cvs. BRS Querência e BRS Bojurú, expostas ao estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Fisiologia de Sementes e em Casa de Vegetação, do Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Pelotas, utilizando sementes de arroz das cultivares BRS Bojurú e BRS Querência, procedentes da Estação Experimental de Terras Baixas (Embrapa – Clima Temperado).

O experimento foi constituído por cinco tratamentos, sendo dois controles, um com água destilada (zero) e outro com solução de NaCl 100 mM, mais três tratamentos que foram compostos por solução salina a 100mM complementada com 24-epibrassinolídeo(24-EBR) nas concentrações 0,01 (EBR1); 0,1 (EBR2); e 1,0 μ M (EBR3). As sementes das duas cultivares foram embebidas por duas horas nas respectivas soluções e avaliadas pelos seguintes testes: **teste de germinação (TG)** - realizado conforme especificado pelas Regras de Análise de Sementes (Brasil, 1992), utilizando 400 sementes, divididas em quatro subamostras de 100 sementes e três repetições estatísticas. As sementes foram semeadas em rolo de papel germitest umedecido com quantidade de água destilada equivalente a duas vezes e meia a massa do substrato e colocadas para germinar em câmara de germinação à temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$. Os resultados do teste foram obtidos aos 14 dias após a semeadura (DAS) e expressos em porcentagem de germinação; **primeira contagem da germinação (PCG)** - foi efetuada no quinto DAS, sendo consideradas germinadas as sementes cuja protrusão da radícula era maior ou igual a dois milímetros (mm), e os resultados foram expressos em porcentagem de germinação; **índice de velocidade de germinação (IVG)** - foi determinado conjuntamente ao teste de germinação, conforme descrito por Vieira & Carvalho (1994), sendo efetuada a contagem do número de plântulas germinadas diariamente, até a

estabilização do estande. O IVG foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguirre (1962), computando o número de sementes germinadas ao dia; **comprimento da parte aérea e do sistema radicular (CPA e CR)** - no final do teste de germinação, 14 DAS, vinte plântulas por tratamento, de cada repetição foram utilizadas para determinar o comprimento da parte aérea e do sistema radicular, medidos por meio de uma régua graduada e os resultados expressos em mm plântula⁻¹; **massa da matéria fresca da parte aérea e raízes (MFPA e MFR)** - obtida gravimetricamente nas mesmas vinte plântulas utilizadas para aferir os comprimentos da parte aérea e das raízes; **massa da matéria seca da parte aérea e das raízes (MSPA e MSR)** - depois de obtida a massa fresca das plântulas o material vegetal foi levado à estufa e seco a 70±2°C até atingir massa constante e a massa seca determinada gravimetricamente. O valor das massas fresca e seca da parte aérea e das raízes foi dividido pelo número de plântulas e os resultados expressos em mg plântula⁻¹; **condutividade elétrica (CE)** - foram utilizadas quatro subamostras de 25 sementes, embebidas durante duas horas nas soluções controle (água e NaCl 100 µM) e nas soluções de NaCl complementada com 24-epibrassinolídeo nas concentrações 0,01; 0,1 e 1,0 µM., com três repetições estatísticas por tratamento e com suas massas previamente aferidas. Após a embebição nas diferentes soluções, as amostras foram colocadas em becker contendo 80ml de água deionizada e mantidas à temperatura de 20°C. A condutividade elétrica foi medida em condutivímetro Digimed CD-21 após três e 24 horas de embebição e os resultados foram expressos em µS m⁻¹ g⁻¹ de semente; **teste de emergência de plântulas em casa de vegetação (E)** - 200 sementes de arroz, por repetição, das cvs. BRS-Querência e BRS-Bojourú, foram embebidas por duas horas nas soluções controle (água e NaCl 100 µM) e nas soluções de NaCl complementada com 24-epibrassinolídeo nas concentrações 0,01; 0,1 e 1,0 µM. Como substrato foi utilizado areia lavada colocada em bandejas multicelulares de poliestireno expandido e a semeadura realizada manualmente à profundidade de 30 milímetros. A contagem das plântulas emersas foi realizada aos 21 DAS e os resultados expressos em porcentagem de plântulas emergidas; **índice de velocidade de emergência de plântulas em casa de vegetação (IVE)** - determinado conjuntamente ao teste de emergência de plântulas, conforme descrito por Vieira & Carvalho (1994), sendo efetuada a contagem do número de plântulas emergidas diariamente, até a estabilização do estande. O IVE foi calculado segundo

a fórmula proposta por Maguirre (1962), computando o número de plântulas emergidas ao dia; **comprimento parte aérea e do sistema radicular das plântulas (CPA e CR)** - ao final do teste de emergência, 21 DAS, vinte plântulas por tratamento, de cada repetição, foram utilizadas para medição com régua graduada e os resultados expressos em mm plântula⁻¹; **massa da matéria fresca da parte aérea e das raízes (MFPA e MFR)** - foi aferida em vinte plântulas provenientes do teste de emergência de plântulas em casa de vegetação e os resultados foram obtidos gravimetricamente e expressos em mg plântula⁻¹; **massa da matéria seca da parte aérea e das raízes (MSPA e MSR)** - o material vegetal foi levada à estufa e seco a 70±2°C até atingir massa constante. A massa seca das plântulas foi determinada gravimetricamente e os resultados expressos em mg plântula⁻¹; **área foliar (AF)** - foi determinada utilizando o medidor de área foliar da marca Licor, modelo LI-3000 e os resultados foram expressos em mm² plântula⁻¹; **concentração de clorofila total (CChIt)** - foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Arnon (1949) aos 21 DAS e calculado segundo Lichtenthaler (1987), sendo os resultados expressos em mg de pigmento g⁻¹ MF.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (2x5), sendo duas cultivares analisadas, cinco tratamentos, com três repetições estatísticas. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de germinação das sementes de arroz cv. BRS Querência decresceu em função da salinidade, mas a adição de 24-epibrassinolídeo ao NaCl, mostrou uma tendência a reverter o efeito da salinidade sobre a germinação, restabelecendo a porcentagem de sementes germinadas em função do aumento da concentração do hormônio (Tabela 1). Os resultados dos testes de primeira contagem da germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG), da cv. BRS Querência mostram que o processo de germinação foi mais lento em meio salino, e a aplicação do 24-epibrassinolídeo recuperou a velocidade de germinação quando comparado com o controle (água). As sementes da cv. BRS Bojurú, cultivar tolerante a salinidade, não foram reduzidas no porcentual germinativo na presença de NaCl 100 mM e a adição de 24-epibrassinolídeo na concentração mais baixa, 0,01 μM , proporcionou um incremento no potencial germinativo, porém, na concentração mais elevada a aplicação do 24-epibrassinolídeo reduziu a viabilidade das sementes de arroz. A salinidade não teve efeito prejudicial na PCG e IVG da cv. BRS Bojurú, entretanto a adição do 24-epibrassinolídeo na concentração mais elevada, 1,0 μM , proporcionou uma redução significativa na velocidade de germinação (Tabela 1). Sendo o IVG baseado na velocidade com que a semente germina e que quanto mais rápido isso ocorre maior é o seu vigor, podemos observar que as duas cultivares testadas tiveram redução do seu vigor em função da adição do sal. Entretanto, a cv. BRS Querência teve seu vigor restabelecido pela suplementação da solução salina com 24-epibrassinolídeo, conduzindo a inferir que o 24-epibrassinolídeo é capaz de reverter o efeito do sal em sementes de arroz, suscetíveis a salinidade.

TABELA 1 - Porcentagem média da germinação (G%), primeira contagem (PCG%) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl +24-EBR1(0,01 µM), EBR2 (0,1 µM) e EBR3 (1,0 µM)

Tratamentos	G (%)		PCG (%)		IVG	
	BRS-Q	BRS-B	BRS-Q	BRS-B	BRS-Q	BRS- B
Zero	88A	87AB	87A	86A	17,00A	15,10A
NaCl(100mM)	84B	86AB	80B	85A	14,61B	14,38B
NaCl+EBR1	85AB	89A	79B	83A	16,51AB	13,86B
NaCl+EBR2	85AB	87AB	82AB	85A	16,33AB	13,47B
NaCl+EBR3	88A	85 B	86A	79B	17,24A	11,33C
CV %	4,59	3,84	5,94	2,85	4,21	6,35

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

Os efeitos da salinidade podem estar relacionados tanto ao fator osmótico do sal, limitando a hidratação das sementes, quanto ao efeito tóxico do sal sobre o embrião e às células da membrana do endosperma (Bliss et al., 1986). Ainda pode ser atribuída à restrição imposta à divisão e ao alongamento celular, bem como, a mobilização das reservas indispensáveis a ocorrência do processo germinativo (Ferreira & Rebouças, 1992). Também o estresse hídrico, imposto pelo estresse salino, pode reduzir tanto a porcentagem como a velocidade de germinação com grande variação de respostas entre as espécies, daquelas mais sensíveis até as mais tolerantes (Bewley & Black, 1985).

Em sementes de arroz suscetíveis à salinidade, o 24-epibrassinolídeo não tem efeito sobre a germinação, enquanto que em sementes tolerantes à salinidade a aplicação do 24-epibrassinolídeo aumenta significativamente o percentual de germinação, tanto em condições salinas ou não (Özdemir et al., 2004). Resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho, com a cultivar BRS-Querência, foram descritos por Anuradha & Rao (2001), onde verificaram uma redução considerável no efeito inibitório da salinidade sobre a germinação de sementes de arroz, quando a solução salina foi suplementada com 24-epibrassinolídeo. Outrossim, a aplicação do 24-epibrassinolídeo ativa o processo de germinação em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn em condições salinas (Sasse et al., 1995), assim como é efetivo

na indução da germinação de sementes de sorgo sob estresse hídrico (Vardhini & Rao, 2003). Da mesma forma, o aumento significativo no percentual de germinação em *Raphanus sativus* L. (Anuradha & Rao, 2007) e *Brassica juncea* (L.) Czern sob estresse por cádmio, em *Brassica napus* L. estressadas por calor (Dhaubhadel et al., 1999), em trigo por altas temperaturas (Kulaeva et al., 1991) e sob estresse hídrico (Vardhini & Rao, 2003), em milho sob estresse por frio (He et al., 1991) e em arroz (Anuradha & Rao, 2001) e cevada (Kulaeva et al., 1991) sob estresse salino é atribuído a aplicação do 24-epibrassinolídeo.

De acordo com os resultados obtidos no teste de condutividade elétrica, as três e 24 horas de embebição, nas sementes de arroz cultivares BRS Querência e BRS Bojurú, tratadas com 24-epibrassinolídeo e solução salina (Tabela 2), pôde-se observar que, após 24 horas de embebição, as sementes das duas cultivares expostas a salinidade tiveram um valor de condutividade elétrica superior ao controle (água). O aumento da condutividade elétrica com a adição de sal demonstrou que a salinidade afetou a desorganização das membranas celulares fazendo com que maior quantidade de eletrólitos fossem lixiviados. Porém, nas sementes da cv. BRS Querência o 24-epibrassinolídeo reduziu os valores de condutividade elétrica, sugerindo que nesta cultivar o fitohormônio contribuiu para a reorganização das membranas após o período inicial de embebição (Tabela 2). No entanto, na cv. BR Bojurú, tolerante a salinidade, a reversibilidade dos resultados de condutividade elétrica após a aplicação do 24-epibrassinolídeo foi menos significativo, indicando que o 24-epibrassinolídeo possa estar envolvido na estabilidade das membranas celulares em condições de estresse.

A presença de altos níveis de íons em não halófitas pode exercer efeitos adversos na permeabilidade das membranas (Greenway & Munns, 1980), o que possivelmente tenha contribuído para a grande redução no percentual de germinação nas sementes da cv. BRS Querência, na presença da solução salina (Tabela 1).

Os brassinosteróides, em geral, melhoram a resposta ao estresse por estarem envolvidos na alteração das estruturas e da permeabilidade das membranas celulares, em condições de estresse (Hamada, 1986) e por estarem também envolvidos na ativação dos mecanismos de proteção contra estresses oxidativos (Anuradha & Rao, 2007).

TABELA 2 - Condutividade elétrica, com três e 24 horas de embebição, de sementes de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl +24-EBR1(0,01 μM), EBR2 (0,1 μM) e EBR3 (1,0 μM)

Tratamentos	Condutividade elétrica ($\mu\text{S m}^{-1} \text{g}^{-1}$)			
	3 horas		24 horas	
	BRS-Q	BRS-B	BRS-Q	BRS-B
Zero	2,94B	2,22C	8,53B	9,25C
NaCl(100 mM)	6,75A	8,50A	11,98A	15,87A
NaCl+EBR1	3,03B	4,31B	8,09B	12,42B
NaCl+EBR2	4,20B	4,72B	9,48B	11,70B
NaCl+EBR3	3,88B	4,73B	8,67B	11,98B
CV%	12,21	12,14	6,98	6,52

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

O comprimento das raízes nas plântulas de arroz das duas cultivares, foi inibido pela presença de NaCl, sendo essa redução significativamente mais drástica na cv. BRS Querência. No entanto, a adição de 24-epibrassinolídeo reverteu os efeitos deletérios da salinidade nas duas cultivares, porém na cv. BRS Querência o processo foi mais eficiente quando as concentrações de 24-epibrassinolídeo utilizadas foram mais elevadas (Tabela 3).

O comprimento da parte aérea das plântulas de arroz das cvs. BRS Querência e BRS Bojurú foi diminuído significativamente pela salinidade (Tabela 3). A cv. BRS Querência teve um decréscimo mais significativo devido a salinidade, porém, apresentou uma recuperação mais significativa quando tratada com 24-epibrassinolídeo. A cv. BRS Querência teve o crescimento da parte aérea restabelecido pela aplicação do 24-epibrassinolídeo na concentração mais baixa, 0,01 μM , e apresentou um incremento na parte aérea, comparado ao controle, quando foram utilizadas concentrações mais elevadas de 24-epibrassinolídeo, 0,1 e 1,0 μM (Tabela 3), demonstrando o envolvimento do 24-epibrassinolídeo no crescimento em condições de estresse. A cv. BRS Bojurú teve o restabelecimento do crescimento da parte aérea quando as concentrações de 24-epibrassinolídeo

utilizadas foram menores (0,01 e 0,1 μM), mas quando aplicado na maior concentração (1,0 μM) o crescimento da parte aérea ficou igual as plântulas tratadas com NaCl 100 mM. Isto sugere que em cultivares mais tolerantes, baixas concentrações de 24-epibrassinolídeo são suficientes para restabelecer a condição inicial. Em cultivares suscetíveis, o aumento da concentração do fitohormônio pode ser efetivo na indução do crescimento. Um aumento na altura das plântulas foi atribuído ao 24-epibrassinolídeo em várias condições de estresse abióticos como em *Raphanus* sob estresse por cádmio (Hayat et al., 2006), em feijão sob estresse por alumínio (Abdulahi, 2003 e Vardhini & Rao, 2003), em cevada (Kulaeva et al., 1991), arroz (Anuradha & Rao, 2001) e sorgo (Vardhini & Rao, 2003) sob estresse osmótico.

TABELA 3 - Comprimento da raiz (CR) e da parte aérea (CPA) de plântulas, provenientes do teste de germinação de sementes de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 μM), EBR2 (0,1 μM) e EBR3 (1,0 μM)

Tratamentos	CR (mm plântula ⁻¹)		CPA (mm plântula ⁻¹)	
	BRS-Q	BRS-B	BRS-Q	BRS-B
Zero	118,3A	113,3A	105,8B	95,8A
NaCl (100 mM)	73,2C	99,0B	72,3C	83,6B
NaCl+EBR1	108,5B	114,6A	101,6B	96,5A
NaCl+EBR2	119,5A	118,5A	127,6A	93,5A
NaCl+EBR3	130,8A	115,5A	131,7A	84,5B
CV%	1,08	1,29	2,33	2,58

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

Está bem estabelecido que a salinidade reduz o crescimento e muitos processos fisiológicos como consequência de alterações metabólicas induzidas pelo sal (Amzallag, 1997). A síntese de ácidos nucléicos e proteínas solúveis são processos metabólicos ativados durante o crescimento, e a capacidade do 24-epibrassinolídeo em reverter os efeitos da salinidade e, em alguns casos, proporcionar incremento relevante em alguns processos fisiológicos, refletindo em altos níveis desses metabólitos (Anuradha & Rao, 2001).

A matéria fresca das raízes das duas cultivares, BRS Querência e BRS Bojurú decresceu quando expostas a condição salina (Tabela 4). O restabelecimento dos valores de massa fresca foi alcançado na menor concentração de 24-epibrassinolídeo. Houve um aumento da massa fresca a níveis equivalentes e superiores ao controle nas cvs. BRS Querência e BRS Bojurú, respectivamente, quando submetidas ao tratamento com 24-epibrassinolídeo nas duas concentrações mais elevadas, 0,1 e 1,0 μM (Tabela 4). Por outro lado a salinidade ocasionou um decréscimo de massa fresca da parte aérea que não foi revertido pela adição do regulador de crescimento, em ambas as cultivares (Tabela 4).

A matéria seca das raízes das cvs. BRS Querência e BRS Bojurú foi reduzida nas plântulas tratadas com NaCl 100 mM (Tabela 5). No entanto, os valores de massa seca acumulada nas raízes aumentaram a níveis próximos aos do controle com a suplementação da solução salina com 24-epibrassinolídeo a 0,01 μM nas duas cultivares. Na cv. BRS-Querência, a aplicação do 24-epibrassinolídeo, nas concentrações de 0,1 e 1,0 μM , foi capaz de incrementar o acúmulo de massa seca da raiz a níveis significativamente superiores aos do controle (Tabela 5).

TABELA 4 - Massa fresca da raiz (MFR) e da parte aérea (MFPA) de plântulas, provenientes do teste de germinação de sementes de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 μM), EBR2 (0,1 μM) e EBR3 (1,0 μM)

Tratamentos	MFR (mg plântula ⁻¹)		MFPA (mg plântula ⁻¹)	
	BRS-Q	BRS-B	BRS-Q	BRS-B
Zero	312,7A	365,2B	308,9A	341,8A
NaCl (100 mM)	229,2C	334,5C	263,6B	323,5B
NaCl+EBR1	272,5B	370,5B	258,3B	319,5B
NaCl+EBR2	299,5A	413,6A	261,4B	321,6B
NaCl+EBR3	318,3A	423,9A	257,1B	318,4B
CV%	4,35	4,81	5,12	4,97

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

TABELA 5 - Massa seca da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA) de plântulas, provenientes do teste de germinação de sementes de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 μ M), EBR2 (0,1 μ M) e EBR3 (1,0 μ M)

Tratamentos	MSR (mg plântula ⁻¹)		MSPA (mg plântula ⁻¹)	
	BRS-Q	BRS-B	BRS-Q	BRS-B
Zero	41,3B	58,2A	38,9B	41,2A
NaCl(100mM)	31,3C	53,7B	31,6C	40,9 A
NaCl+EBR1	39,2B	58,1A	36,6B	42,5A
NaCl+EBR2	46,5A	57,2A	44,5A	42,1A
NaCl+EBR3	48,5A	56,3A	47,1A	41,5A
CV%	2,36	2,88	2,96	3,17

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

A matéria seca da parte aérea foi reduzida significativamente pela presença do NaCl 100 mM na cv. BRS Querência. As três diferentes concentrações, 0,01; 0,1 e 1,0 μ M de 24-epibrassinolídeo utilizadas, foram eficientes em reverter os efeitos negativos da salinidade. E, as concentrações mais elevadas, 0,1 e 1,0 μ M conseguiram incrementar significativamente o acúmulo de massa seca na parte aérea em relação ao controle (Tabela 5). A cv. BRS Bojurú não foi afetada pela condição salina e a aplicação do 24-epibrassinolídeo não teve qualquer efeito sobre o acúmulo de massa seca na parte aérea desta cultivar (Tabela 5).

O incremento das massas fresca e seca em *Raphanus sativus* L. (Anuradha, 2007) e em *Brassica juncea* (L.) Czern tratadas com elevados teores de cádmio foi atribuído a aplicação de 24-epibrassinolídeo, assim como em arroz crescido sob estresse salino (Anuradha & Rao, 2001). Incrementos da produção em função de aumentos da matéria seca em milho, abóbora, uva (Ikekawa & Zhao, 1991), beterraba (Schilling et al., 1991), tomate (Vardhini & Rao, 1998), pimenta e cevada (Khripach, 1999) são atribuídos a aplicação do 24-epibrassinolídeo. Na Rússia, o 24-epibrassinolídeo é considerado um eficiente regulador de crescimento em batata, tomate, pimenta e cevada (Khripach, 1999)

A salinidade reduziu tanto a emergência (E) quanto o índice de velocidade de emergência (IVE) das plântulas de arroz cv. BRS Querência e somente o IVE da cv. BRS Bojurú (Tabela 6). No entanto, na cv. BRS Querência o efeito do estresse salino na emergência e velocidade do processo foi revertido pela aplicação e incremento na dose de 24-epibrassinólídeo. Entretanto, a emergência das plântulas de arroz cv. BRS Bojurú foi afetada negativamente pela combinação de sal e fitohormônio na concentração de 1,0 μM . Também o efeito da salinidade no IVE da cv. BRS Bojurú não foi revertido pelo 24-epibrassinólídeo (Tabela 6). Podendo-se inferir que a suplementação da solução salina com 24-epibrassinólídeo pode proporcionar resultados eficientes em melhorar a qualidade das sementes de cultivares suscetíveis a salinidade, não atuando da mesma forma em cultivares mais tolerantes.

TABELA 6 - Emergência de plântulas em casa de vegetação (E%) de plântulas e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 μM), EBR2 (0,1 μM) e EBR3 (1,0 μM)

Tratamentos	E (%)		IVE	
	BRS-Q	BRS-B	BRS-Q	BRS-B
Zero	87BC	84A	10,21B	9,66A
NaCl(100mM)	82C	83A	8,61C	8,34B
NaCl+EBR1	89AB	83A	10,95B	8,81B
NaCl+EBR2	89AB	82A	10,35B	8,17B
NaCl+EBR3	93A	79B	11,90A	6,65C
CV %	2,43	3,27	6,21	6,85

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

O comprimento do sistema radicular das plântulas provenientes do teste de emergência em casa de vegetação (Tabela 7) foi semelhante ao obtido nas plântulas oriundas do teste de germinação, independente do tratamento (Tabela 3). Assim, o comprimento do sistema radicular, das duas cultivares, foi reduzido pela salinidade e revertido pela aplicação do 24-epibrassinólídeo, sendo que, na cv, BRS Querência, as duas concentrações mais elevadas de 24-epibrassinólídeo foram capazes de

induzir um aumento no comprimento do sistema radicular, tanto em plântulas oriundas dos testes realizados em laboratório como em casa de vegetação (Tabelas 3 e 7).

TABELA 7 - Comprimento da raiz (CR) e da parte aérea (CPA) provenientes do teste de emergência de plântulas de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 μ M), EBR2 (0,1 μ M) e EBR3 (1,0 μ M)

Tratamentos	CR (mm plântula ⁻¹)		CPA (mm plântula ⁻¹)	
	BRS-Q	BRS-B	BRS-Q	BRS-B
Zero	153,1B	114,1A	165,0B	173,2A
NaCl(100mM)	124,4C	98,2B	146,1C	167,5A
NaCl+EBR1	159,3B	111,4A	159,2B	172,5A
NaCl+EBR2	173,2A	118,4A	172,3A	134,8B
NaCl+EBR3	199,1A	106,5A	173,1A	129,6B
CV%	3,25	3,63	2,86	2,25

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

Em casa de vegetação, o comprimento da parte aérea das plântulas da cv. BRS Querência foi reduzido pela salinidade e restabelecido pela aplicação do 24-epibrassinolídeo na menor concentração (0,01 μ M), sendo incrementado pela suplementação da solução salina com as concentrações mais elevadas (0,1 e 1,0 μ M) (Tabela 7). No entanto, o alongamento da parte aérea na cv. BRS Bojurú não foi alterado pela salinidade ou adição do 24-epibrassinolídeo na concentração menor (0,01 μ M), porém, as concentrações mais elevadas do fitohormônio reduziram o comprimento da parte aérea, comparado as plântulas do controle (Tabela 7). Sugerindo que o 24-epibrassinolídeo induza o crescimento da parte aérea em cultivares suscetíveis a salinidade e reduza em cultivares tolerantes.

A massa fresca das raízes foi reduzida pela salinidade nas duas cultivares, porém a cv. BRS Querência incrementou esta característica em função do aumento da concentração de 24-epibrassinolídeo utilizada (Tabela 8). A cv. BRS Bojurú, em casa de vegetação teve a massa fresca das raízes reduzida por todos os tratamentos aplicados.

Em ambas as cultivares nas condições de laboratório, a massa fresca não foi restabelecida pela aplicação do 24-epibrassinolídeo após o decréscimo induzido pela salinidade (Tabela 4) enquanto que em casa de vegetação (Tabela 8), a cv. BRS Querência teve sua condição inicial restabelecida pela aplicação da menor concentração de 24-epibrassinolídeo (0,01 μM) incrementando a massa fresca nas concentrações mais elevadas (0,1 e 1,0 μM). No entanto, a cv. BRS Bojurú apresentou um decréscimo na massa fresca ocasionado pela salinidade e incrementado pela aplicação de 24-epibrassinolídeo (Tabela 8).

TABELA 8 - Massa fresca da raiz (MFR) e da parte aérea (MFPA) provenientes do teste de emergência de plântulas de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 μM), EBR2 (0,1 μM) e EBR3 (1,0 μM)

Tratamentos	MFR (mg plântula ⁻¹)		MFPA (mg plântula ⁻¹)	
	BRS-Q	BRS-B	BRS-Q	BRS-B
Zero	961C	827A	984B	1033A
NaCl(100mM)	869D	664B	855C	961B
NaCl+EBR1	1015B	688B	965B	962B
NaCl+EBR2	1171B	548C	1170A	861C
NaCl+EBR3	1454A	503C	1150A	855C
CV%	5,99	4,87	4,33	4,86

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

Em casa de vegetação, o acúmulo de biomassa nas raízes das plântulas da cv. BRS Querência foi reduzido pela salinidade, incrementando a massa seca em função do aumento da concentração de 24-epibrassinolídeo utilizada (Tabela 9). Na BRS Bojurú, entretanto, a massa seca foi restabelecida dos danos causados pela presença do NaCl 100 mM na menor concentração de 24-epibrassinolídeo (0,01 μM) porém, nas concentrações mais elevadas ocorreram reduções nos valores de massa seca (Tabela 9).

TABELA 9 - Matéria seca da raiz (MSR) e da parte aérea (MSPA) provenientes do teste de emergência de plântulas de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + 24-EBR1(0,01 μ M), EBR2 (0,1 μ M) e EBR3 (1,0 μ M)

Tratamentos	MSR (mg plântula ⁻¹)		MSPA (mg plântula ⁻¹)	
	BRS-Q	BRS-B	BRS-Q	BRS-B
Zero	118C	110A	251B	233A
NaCl(100mM)	96D	84B	207C	219A
NaCl+EBR1	139B	88B	258B	221A
NaCl+EBR2	159B	74C	278A	184B
NaCl+EBR3	211A	74C	270A	181B
CV%	3,24	2,98	3,04	2,81

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

O acúmulo de massa seca na parte aérea foi alterado pela aplicação do 24-epibrassinolídeo, nas duas cultivares. A cv. BRS Querência teve um decréscimo nos valores de massa seca na parte aérea em função da salinidade (Tabela 9), comparado com o controle, mas foi restabelecido pela aplicação do 24-epibrassinolídeo na menor concentração (0,01 μ M) e, incrementado pela adição de concentrações mais elevadas (0,1 e 1,0 μ M), sendo similar ao resultados desta cultivar em laboratório. Entretanto, na cv. BRS Bojurú a salinidade não reduziu a biomassa acumulada na parte aérea, somente houve diminuição da massa seca da parte aérea ocasionada pela aplicação do 24-epibrassinolídeo em concentrações mais elevadas (0,1 e 1,0 μ M) (Tabela 9).

A cultivar BRS Querência teve a área foliar reduzida pela salinidade e assim se manteve com a aplicação do 24-epibrassinolídeo na concentração mais baixa, (0,01 μ M), todavia nas duas concentrações mais elevadas do regulador de crescimento (0,1 e 1,0 μ M) a área foliar desta cultivar foi restabelecida (Tabela 10). A cultivar BRS Bojurú não apresentou alteração na área foliar quando exposta a salinidade, somente teve a área foliar reduzida, em relação ao controle, quando o tratamento salino foi suplementado pelo 24-epibrassinolídeo nas concentrações maiores que 0,01 μ M.

TABELA 10 - Área foliar (AF) e concentração de clorofila total (CCI_t), provenientes do teste de emergência de plântulas de arroz de duas cultivares, BRS Querência (BRS-Q) e BRS Bojurú (BRS-B), tratadas com NaCl (100 mM) e NaCl + EBR1 (0,01 μ M), EBR2 (0,1 μ M) e EBR3 (1,0 μ M)

Tratamentos	AF(mm ² plântula ⁻¹)		CCI _t (mg g ⁻¹ MF)	
	BRS-Q	BRS-B	BRS-Q	BRS-B
Zero	35,5A	26,9A	1,18B	1,33A
NaCl (100mM)	26,8B	23,5A	0,88C	1,28A
NaCl+EBR1	27,1B	23,6A	1,12B	1,30A
NaCl+EBR2	34,7A	18,5B	1,33A	1,24A
NaCl+EBR3	36,2A	16,9B	1,31A	1,27A
CV%	1,81	2,12	3,96	4,84

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula (concentração de 24-EBR) não diferem à nível de significância de 5% pelo Teste de Tukey.

A área foliar é uma característica de crescimento importante, pois mostra o tamanho do aparato fotossintético, que determina o acúmulo de massa seca, o metabolismo vegetal, a capacidade fotossintética potencial, o rendimento e a qualidade de colheita (Ibarra, 1985).

As duas cultivares, BRS Querência e BRS Bojurú, apresentaram comportamento diferenciado no que concerne ao conteúdo de clorofila. A cv. BRS Querência, teve um significativo decréscimo na concentração de clorofila total quando exposta ao NaCl 100 mM, porém a condição inicial (controle) foi restabelecida quando a solução salina foi suplementada pelo 24-epibrassinolídeo na concentração mais baixa e, as concentrações mais elevadas do 24-epibrassinolídeo, 0,1 e 1,0 μ M, foram capazes de incrementar o conteúdo de clorofila a níveis superiores ao inicial. No entanto, a cv. BRS Bojurú não teve o conteúdo de clorofila alterado pela salinidade ou aplicação do regulador de crescimento (Tabela 10). Conforme descrito por Lima et al., (2004), a presença de sal não altera a síntese de clorofila nas cultivares mais tolerantes. Em folhas de trigo ocorre aumento no conteúdo de clorofila atribuído a alta concentração (10 μ M) de 24 epibrassinolídeo utilizada (S. Saglan-Çag, 2007).

A concentração de clorofila (Tabela 10) assim como o acúmulo de matéria seca da parte aérea (Tabela 9) são condizentes, sugerindo que o 24-epibrassinolídeo está envolvido na aceleração da síntese de clorofila em cultivares

mais suscetíveis ao sal, possibilitando, desta forma, um ajuste da atividade fotossintética em condições adversas, favorecendo o incremento de biomassa na parte aérea.

A promoção do crescimento em plântulas de feijoeiro e de trigo (Krizek & Mandava, 1983) é associada à elevação dos níveis de clorofila, imposta pela adição de 24-epibrassinolídeo (Anuradha & Rao, 2003), sugerindo que os resultados apresentados nas Tabelas 3 e 7, referentes ao comprimento de parte aérea, nos testes de germinação e emergência de plântulas em casa de vegetação, respectivamente, estejam vinculados diretamente ao incremento da síntese de clorofila induzido pelo 24-epibrassinolídeo na cv. BRS Querência, na presença de sal.

A absorção de água é prejudicada pelo excesso de sais solúveis reduzindo o potencial hídrico do solo (Bewley & Black, 1978). A redução na absorção de água pelas sementes atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos básicos (Tabelas 1 e 6) e bioquímicos e, com isso as plântulas resultantes desse meio, com umidade reduzida, possuem menor desenvolvimento, caracterizado por menor comprimento da plântula e menor acúmulo de matéria seca (Sá, 1987) (Tabelas 7 e 9).

Uma das explicações mais aceita para a inibição do crescimento pelo sal é o desvio de energia do crescimento para a manutenção, sendo que a diminuição da massa seca pode refletir o custo metabólico de energia, associado à adaptação a salinidade e redução do ganho de carbono (Richardson & McCree, 1985). Podendo ser incluído nestes processos a regulação do transporte e distribuição iônica em vários órgãos e dentro das células, a síntese de solutos orgânicos para osmorregulação e a manutenção da integridade das membranas celulares. Assim a menor redução no crescimento no genótipo tolerante ocasionada pela salinidade (Tabela 7) pode estar associada ao menor custo energético para osmorregulação, conseguido por meio da acumulação e da compartimentalização de solutos inorgânicos no vacúolo e solutos orgânicos no citoplasma.

Em geral, a aplicação do 24-epibrassinolídeo foi positiva, principalmente no genótipo suscetível a salinidade, quando comparado com as plântulas não tratadas (controle) ou com plântulas tratadas com NaCl 100 mM. A aplicação do brassinosteróide normalmente provoca uma resposta positiva em virtude deste fitohormônio estar envolvido na modificação da estrutura e permeabilidade na

membrana em situação de estresse (Hamada, 1986), promovendo a atividade do sistema de defesa antioxidante. É reconhecido por ativar a bomba de prótons, estimular a síntese de proteínas e ácidos nucléicos (Bajgus, 2000) e regular a expressão gênica (Felner, 2003), atividade enzimática (Anuradha & Rao, 2001) e o aproveitamento fotossintético. O efeito cumulativo da modificação de todos estes processos incrementa o crescimento da plântula, principalmente em condição de estresse.

A aplicação de 24-epibrassinolídeo incrementou o crescimento e induziu a síntese de clorofila em plântulas de *Vigna radiata* L. Wilczek, sob estresse por alumínio (Abdullahi et al., 2003 e Ali et al., 2008). Resultados compatíveis com os encontrados neste trabalho (Tabelas 7 e 10). Da mesma forma, o 24-epibrassinolídeo também é reconhecido por restabelecer ou induzir a germinação e todas as características de crescimento sob estresse salino em *Eucalyptus* (Sasse et al., 1995) e arroz (Anuradha & Rao, 2001; Anuradha & Rao, 2003), em trigo e sorgo sob estresse hídrico (Vardhini & Rao, 2003), em trigo (Kulaeva, 1991) e *Brassica napus* L. (Dhaubhadel, 1999) sob estresse por calor, em milho (He et al., 1991), arroz, tomate e abóbora (Anuradha & Rao, 2001) sob estresse por frio, além de aumentar a tolerância das plântulas sob estresse por metais pesados como, cádmio em *Brassica juncea* L. Czern. (Hayat, 2006) e *Raphanus sativus* L. (Anuradha & Rao, 2007) e alumínio em *Vigna radiata* L. Wilczek (Ali et al., 2008)

Os resultados obtidos pela aplicação do 24-epibrassinolídeo, estão relacionados com a regulação da atividade do sistema enzimático antioxidante, alteração nos níveis de ácidos nucléicos, proteínas solúveis e prolina livre em resposta a condição de estresse (Anuradha & Rao, 2001).

CONCLUSÃO

A viabilidade e o vigor das sementes de arroz da cv. BRS Querência, reduzidos pela exposição ao NaCl 100 mM, são restabelecidos ou incrementados pela aplicação de 24-epibrassinólídeo na concentração mais elevada.

Na cv. BRS Bojurú, tolerante a salinidade, a viabilidade não é afetada pelo NaCl 100 mM ou pela presença do 24-epibrassinólídeo na solução salina, porém, o vigor desta cultivar é reduzido pela aplicação do 24-epibrassinólídeo na concentração mais elevada.

A aplicação do 24-epibrassinólídeo induz o aumento na concentração de clorofila total, a área foliar, massas seca e fresca e comprimento de parte aérea e das raízes, reduzindo os efeitos deletérios da salinidade na cv. BRS Querência, cultivar suscetível a exposição ao sal.

A menor concentração de 24-epibrassinólídeo, não altera as características de crescimento na cv. BRS Bojurú, porém, as concentrações superiores reduzem comprimento da parte aérea, massas fresca e seca da raiz e da parte aérea. A concentração de clorofila total não foi alterada pelos tratamentos utilizados.

CONCLUSÃO GERAL

Baixas concentrações de 24-epibrassinolídeo têm efeito positivo na qualidade fisiológica das sementes da cv. IRGA 422CL, pois proporcionam maiores taxas de crescimento no período inicial do estabelecimento da cultura.

O incremento na concentração de 24-epibrassinolídeo acentua o processo de deterioração das sementes e reduz a viabilidade e o vigor das sementes da cv. IRGA 422CL.

Na cv. BRS Querência, suscetível a salinidade, a exposição ao NaCl reduz a viabilidade e o vigor das sementes, porém, a aplicação de 24-epibrassinolídeo restabelece ou incrementa a qualidade fisiológica e as características de crescimento.

Na cv. BRS Bojurú, tolerante a salinidade, a qualidade fisiológica não é alterada pelo NaCl 100mM. A aplicação do 24-epibrassinolídeo reduz o vigor e as características de crescimento.

O fitohormônio estudado não tem efeito positivo sobre a cultivar tolerante, no entanto, na cultivar suscetível reverte os efeitos deletérios ocasionados pela salinidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAHI, B.A.; GU X.; GAN Q.; YANG Y. Brassinolide amelioration of aluminium toxicity in mung bean seedling growth, **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 26, n. 9, p. 1725-1734, 2003.

ALI, B.; HASAN, S.A.; HAYAT, S; HAYAT, Q.; YADAV, S.; FARIDUDDIN, Q; AHMAD, A. A role for brassinosteroids in the amelioration of aluminium stress through antioxidant system in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, New York, v. 62, n. 2, p. 153-159, 2008.

AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p.

AMZALLAG, G.N. Influence of periodic fluctuations in root environment on adaptation to salinity in *Sorghum bicolor*. *Australian Journal of Plant Physiology*, **Melbourne, Austrália**, v. 24, n. 5, p. 579–586, 1997.

ANURADHA, S. & RAO, S.S.R. Effect of brassinosteroids on salinity stress induced inhibition of seed germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, Holanda, v.33, n. 2, p. 151-153, 2001.

ANURADHA, S. & RAO, S.S.R. Application of brassinosteroids to rice seeds (*Oryza sativa* L.) reduced the impact of salt stress on growth, prevented photosynthetic pigment loss and increased nitrate reductase activity. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, Holanda, v. 40, n. 1, p. 29-32, 2003.

ANURADHA, S. & RAO, S.S.R. The effect of brassinosteroids on radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings growing under cadmium stress. **Plant Soil Environment**, The Hague, v. 53. n. 11, p. 465-472, 2007.

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Washington, v. 24, n. 1, p. 1-15, 1949.

ARTECA, R.N. **Plant growth substances: principles and applications**. New York: CHAPMAN & HALL, 1995. 332p.

ARTECA, J.M. & ARTECA, R.N. Brassinosteroid-induced exaggerated growth in hydroponically grown *Arabidopsis* plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 112, n. 1, p.104-112, 2001.

ADAM, G. & MARQUARDT, V. Brassinosteroids, *Phytochemistry*, v.25, p.1787-1799, 1986. In: ZULLO, M.T. & ADAM, G., Brassinosteroid phytohormones – structure, bioactivity and applications. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, SP, v.14, n.3, p.143-181, 2002.

BAJGUS, A. Effect of brassinosteroids on nucleic acid and protein content in cultured cells of *Chlorella vulgaris*. **Plant Physiology Biochemistry**, New Delhi, v. 38, n. 3, p. 209-215, 2000.

BANCOS, S.; NOMURA T.; SATO T.; MOLNAR G.; BISHOP G.J.; KONKS, C.;YOKOTA T.; NAGY F.; SZEKERES M. Regulation of transcript levels of the *Arabidopsis* cytochrome p450 genes involved in brassinosteroid biosynthesis. **Plant Physiology**, Washington, v.130, p. 1-10, 2002.

BEWLEY, J.D. & BLACK, M. **Seeds: Physiology of development and germination**, New York: Plenum Press, 1985, 367p.

BLISS, R.D.; PLATT-ALOIA, K.A.; THOMPSON, W.W. **Plant, cell and environment**, Oxford. [S.l.; s.n.], 1986. 727p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNPV/CLAV, 1992. 365p.

BYRUM, J. R. & COPELAND, L. O. Variability in vigour testing of maize (*Zea mays* L.) seed. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.23, n. 2, p. 543-549, 1995.

CAMPOS, I.S. & ASSUNÇÃO, M.V. Efeito do cloreto de sódio na germinação e vigor de plântulas de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.6, p.837- 843. 1990.

CLOUSE, S.D.; ZUREK, D.M.; McMORRIS, T.C.; BAKER, M.E. Effect of brassinolide on gene expression in elongating soy bean epicotyls. **Plant Physiology**, Washington, v. 100, n. 3, p. 1377-1383, 1992.

DHAUBHADEL, S.; CHAUDHARY, S.; DOBINSON, K.F.; KRISHNA, P. Treatment of 24-epibrassinolide, a brassinosteroid, increases the basic thermotolerance of *Brassica napus* and tomato seedlings. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, Holanda, v. 40,n. 2, p. 332-342, 1999.

DUARTE, G.L. **Qualidade fisiológica de sementes, crescimento e alterações bioquímicas em trigo sob estresse salino**. Universidade Federal de Pelotas, jul. 2004 (Dissertação de Mestrado).

EVANS, P.T. & MALMBERG, R.L. Do polyamines have roles in plant development? **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, Califórnia, v. 40, p. 235-269, 1989.

EVENARI, M. Germination inhibitors. Bot. Rev. v.15, p.153-94, 1949 In: RAO, S.S.R., VARDHINI B.V.V., SUJATHA E., ANURADHA S. Brassinosteroids – A new class of phytormones. **Current Science**, Bangalore, India, v. 82, n.10, p. 1239-1245, 2002.

FELNER, M. Recent progress in brassinosteroids research: hormone perception and signal transduction. In: HAYAT, S. AND AHMAD, A. (ed.) **Brassinosteroids: bioactivity and crop productivity**, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, p. 69-86, 2003.

FERREIRA, L.G. & REBOUÇAS M.A. Influência da hidratação/desidratação de sementes de algodão na superação dos efeitos da salinidade na germinação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.4, p. 609-615, 1992.

FUJIOKA S. & SAKURAI A. Biosynthesis and metabolism of brassinosteroids. **Plant Physiology**, Washington, v.100, n. 3, p. 710–715, 1997.

GREENWAY, H. & MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophyts. **Plant Physiology**, Washington, v. 31, n. 1, p. 149-1190, 1980.

GREGORY, L.E. & MANDAVA, N.B., The activity and interaction of brassinolide an giberelic acid in mung bean epicotyls, **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.54, n. 3, p. 239-243, 1982.

GROVE, M.D., Brassinolide a plant growth promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. Nature, n.281, p.216-217, 1979. In: ZULLO, M.T. & ADAM, G., Brassinosteroid phytormones – structure, bioactivity and applications. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, SP, v.14, n.3, p.143-181, 2002.

HAMADA K. Brassinolide: some effects of crop cultivations. Conf. Proc. Int. Seminar Tokyo, Japan. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, Holanda v. 15, p. 65-69, 1986.

HARBORNE, J.B. Plant phenolics. In: BELL E.A., CHARLWOOD B.V. **Encyclopedia of Plant Physiology**, Secondary Plant Products, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, v. 8, p. 329-395, 1980.

HAYAT, S.; ALI, B.; AHMAD, A. Response of Brassica juncea to 28-homobrassinolide grown from the seeds exposed to salt stress. **Journal of Plant Biology**, Amsterdam, v. 33, p. 169-174, 2006.

HE, R.Y.; WANG, G.J.; WANG, X.S. Effect of brassinolide on growth and chilling resistance of maize seedlings In: CUTLER, H.G.; YOKOTA, T.; ADAM, G. (eds.): **Brassinosteroids: Chemistry, Bioactivity and Application**. American Chemical Society, Washington, p. 220-230, 1991

IBARRA, R.W.E. **Comparación y validación de métodos de estimación de área foliar em ocho cultivares de sorgo Granífero** (*Sorghum bicolor* L. Moench) Maracay, 1985. Tesis de grado-Facultad de Agronomía, U. C. V., 1985.

IKEKAWA, N. & ZHAO, Y.J. Application of 24-epibrassinolide in agriculture. In: Cutler HG, Yokota T, Adam G, eds. **Brassinosteroids: Chemistry, bioactivity, and applications**. American Chemical Society, Washington, ACS Symposium Series, 474, p. 280-291, 1991.

ISTA. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International Rules for Testing Seeds, 2004. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 32, 403p, 2004.

JORGE, Y. & GONZALES, F. Estimación del área foliar em los cultivos de ají y tomate. **Agrotecnia de Cuba**, 27: n.1, p. 123-126, 1997.

KAMURO, Y, & TAKATSUTO, S. Practical application of brassinosteroids in agricultural fields. In: SAKURAI, A.; YOKOTA, T.; CLOUSE, SD, eds. **Brassinosteroids: steroidal plant hormones**. Tokyo: Springer Verlag, 223-241, 1999.

KATSUMI, M. Interaction of a brassinosteroid with IAA and GA₃ in the elongation of cucumber hypocotyls sections. **Plant Cell and Physiology**, Oxford, v. 26, n. 4, p. 615-625, 1985

KIM, S.K., Natural occurrences of brassinosteroids. In: CUTLER, H.G.; YOKOTA, T.; ADAM, G. (eds.). **Brassinosteroids: Chemistry, Bioactivity and Applications**, American Chemical Society, Washington, p. 26-35.

KIM, S.K.; CHANG, S.C.; LEE, E.J.; CHUNG, W.S.; KIM, Y.S.; HWANG, S.; LEE, J.S. Involvement of brassinosteroids in the gravitropic response of primary root of maize. **Plant Physiology**, Rockville, v.123, p. 997–1004, 2000.

KRIZEK, D.T. & MANDAVA, N.B. Influence of spectral quality on the growth promoting steroidal lactone. II- Chlorophyll content and partitioning of assimilate. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 57, n. 3, p. 324-329, 1983.

KUALEVA, O.N.; BURKHANOVA, E.A.; FEDINA, A.B.; KHOKHLOVA, V.A.; BOKEBAYEVA, G.A.; VORBRODT, H.M.; ADAM, G. Effect of brassinosteroids on protein synthesis and plant cell ultrastructure under stress conditions. In: CUTLER, H.G.; YOKOTA, T.; ADAM, G. (eds.): **Brassinosteroids: Chemistry, Bioactivity and Application**. American Chemical Society, Washington, p. 141-155, 1991

LETHAM, D.S. Phytormones and related compounds: A comprehensive treatise. Biomedical Press, Amsterdam, p. 349-417, 1978 In: RAO, S.S.R., VARDHINI, B.V.V., SUJATHA, E., ANURADHA, S. Brassinosteroids – A new class of phytormones. **Current Science**, Bangalore, India, v. 82, n.10, p. 1239-1245, 2002.

LI, J. & CHORY, J. A putative leucine-rich repeat receptor kinase involved in brassinosteroid signal transduction. **Plant cell and environment**, Oxford, v. 90, n. 5, p. 929-938, 1997.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Academic Press. **Methods in Enzimology**, New York, v. 148, n. 34, p. 333-382, 1987.

LIM, U.K. Effect of brassinolide treatment on shoot growth, photosynthesis, respiration and photorespiration of rice seedlings. Agricultural Research of Seoul National University, v.12, p.9-14, 1987. In: ZULLO, M.T. & ADAM, G., Brassinosteroid phytormones – structure, bioactivity and applications. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, SP, v. 14, n. 3, p. 143-181, 2002.

LIMA, M.G.S.; LOPES, N.F.; BACARIN, M.A.; MENDES, C.R. Efeito do estresse salino sobre a concentração de pigmentos e prolina em folhas de arroz. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 63, n. 3, p. 335-340, 2004.

MAGUIRRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, Mar./Apr. 1962.

MANDAVA, N.B. & MITCHELL, J.W., New plant hormones. Indian Agriculture, n.15, p.19-31, 1971. In: Zullo, M.T. & Adam, G., Brassinosteroid phytormones – structure, bioactivity and applications. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, SP, v.14, n.3, p.143-181, 2002.

MANDAVA, N.B., Plant growth-promoting brassinosteroids, **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, Califórnia, v. 39, p. 23-52, 1988.

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

MEDEIROS, J.F.; CRUCIANI, D.E.; FOLEGATTI, M.V.; GHEYI, H.R.; FEITOSA FILHO, J.C. Efeito da salinidade inicial do solo e da água de irrigação sobre a cultura do pimentão In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Resumos**. Poços de Caldas, MG.1998. p. 97-99.

MEUDT, W.J., THOMPSON, M.J.; BENNETT, H.W., Investigations on the mechanism of brassinosteroids response. III. Techniques for potential enhancement of crop production, 10th proceedings of Plant Growth regulators Society of America, Madison, pp.312-318, 1983. In: ZULLO, M.T. & ADAM, G., Brassinosteroid phytormones – structure, bioactivity and applications. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, Alemanha, v.14, n.3, p.143-181, 2002.

MITCHEL, J.W. & GREGORY, L.E., Enhancement of overall growth, a new response to brassins. Nature, n. 239, p. 253-254, 1972. In: ZULLO, M.T. & ADAM, G., Brassinosteroid phytormones – structure, bioactivity and applications. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, SP, v. 14, n. 3, p. 143-181, 2002.

MÜSSUIG, C.; SHIN, G.; ALTMANN, T. Brassinosteroids promote root growth in Arabdopsis **Plant Physiology**, Washington, v. 133, n. 3, p. 1261-1271, 2003.

ONO, E.O; NAKAMURA, T; MACHADO, S.R; RODRIGUES, J.D. Application of brassinosteroids to *Tabebuia alba* (Bignoniaceae) plants. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, PR, v. 12, n. 3, p.187-194, 2000.

ÖZDEMİR, F.; BOR, M.; DEMIRAL, T.; TÜRKAN, I. Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, praline content and antioxidative system of rice (*Oryza sativa* L.) under salinity stress **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, Holanda, v. 42, n. 3, p. 203-211, 2004.

PEREZ, S.C.J.G.A. & TAMBELINI, M. Efeito dos estresses salino e hídrico e do envelhecimento precoce na germinação de algarobeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 30, n. 11, p. 1289-1295, 1995.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.

PRISCO, J.T.; ENÉAS FILHO, J.R.; GOMES FILHO, E. Effect of NaCl on cotyledon starch mobilization during germination of *Vigna unguiculata* L. Walp seeds **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 63-71, 1981.

RAO, S.S.R.; VARDHINI, B.V.V.; SUJATHA, E.; ANURADHA S. Brassinosteroids – A new class of phytohormones. **Current Science**, Bangalore, India, v. 82, n.10, p.1239-1245, 2002.

RICHARDSON, S.G. & McCREE, K.J. Carbon balance and water relations of sorghum exposed to salt and water stress. **Plant Physiology**, Washington, v. 79, n. 11, p. 1015-1020, 1985.

SÁ, M.E. Relações **entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1987. 147p. (Tese de Doutorado).

SAGLAN-ÇAG, S. The effect of epibrassinilide on senescence in wheat leaves. **Biotechnology**, Frankfurt, Alemanha, p. 63-65, 2007.

SALISBURY, F.B. The role of plant hormones. In: **Plant-Environment Interactions**. Ed. Wilkinson, R.E., p. 39–81, 1994.

SASSE, J.M., Brassinosteroids - Are they endogenous plant hormones? PGRSA Quarterly, v.19, p.1-18, 1991. In: Arteca, R.N., **Plant Growth substances: principles and applications**, 1995.

SASSE, J.M. Physiological actions of brassinosteroids: an update. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 22, n. 4, p. 276–288, 2003.

SASSE, J.M.; SMITH R.; HUDSON I. Effect of 24-epibrassinolide on germination of seeds of *Eucalyptus camaldulensis* in saline conditions. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, Holanda, v. 22, p. 136-141, 1995

SEMBDNER, G. & PARTHIER, B. The biochemistry and the physiological and

molecular actions the jasmonates. **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, Califórnia, v. 44, p. 569-589, 1993.

SCHILLING, G., SCHILLER, C.; OTTO, S. In: CUTLER, H.G.; YOKOTA, T.; ADAM, G. (eds.): **Brassinosteroids: Chemistry, Bioactivity and Application**. American Chemical Society, Washington, p. 208-219, 1991.

SHIMADA, Y.; GODA H.; NAKAMURA, A.; TAKATSUTO, S.; FUJIOKA, S.; YOSHIDA, S. Organ-specific expression of brassinosteroid-biosynthetic genes and distribution of endogenous brassinosteroids in *Arabidopsis*. **Plant Physiology**, Washington, v.131, p. 287–297, 2003.

UNGAR, I.A. Germination ecology of halophytes. In: **Asks for vegetation science S.1.W.** Junk Publishers, The Hague, v. 24, n. 2, p. 229-236, 1982.

VARDHINI, B.V. & RAO S.S.R. Effect of brassinosteroids on growth, metabolite content and yield of *Arachis hypogea* **Indian Journal Plant Physiology**, New Delhi, India, v. 3, n. 6, p. 58-60, 1998.

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

VIEIRA, R.D. & CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

YOKOTA T.; SATO T.; TAKEUCHI Y.; NOMURA T.; UNO K.; WATANABE T.; TAKATSUTO S. Roots and shoots of tomato produce 6-deoxo-28-norcastasterone, 6-deoxo-28-nortyphasterol and 6-deoxo-28-norcastasterone, possible precursors of 28-norcastasterone. **Phytochemistry: chemistry, biochemistry, molecular biology**, New York, v. 58, n. 2, p. 233–238, 2001.

YOPP, J.H.; MANDAVA, N.B.; SASSE, J.M. Brassinolide, a growth-promoting stroidal lactone. Activity in selected auxin bioassays. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 53, p. 445-452, 1981.

ZEPKA, A.P.S; LARRÉ, C.F.; LOPES, N.F. Avaliação do potencial fisiológico de cultivares de trigo tratadas com o herbicida pendimethalin. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, RS, v. 5, n. 2, p. 633-635, 2007.

ZULLO, M.T. & ADAM, G., Brassinosteroid phytohormones – structure, bioactivity and applications. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.14, n. 3, p.143-181, 2002.