

NOTA CIENTÍFICA

RENDIMENTO E QUALIDADE DE SEMENTES DE ARROZ IRRIGADO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM BORO¹

RICARDO FIGUEIREDO CAVALHEIRO LEITE², LUIS OSMAR BRAGA SCHUCH³,
ADEMIR DOS SANTOS AMARAL⁴, LIZANDRO CICILIANO TAVARES⁵

RESUMO - O boro é um nutriente essencial para as plantas. Suas funções estão envolvidas com o crescimento celular e o desenvolvimento da flor. Na fase reprodutiva, a deficiência do micronutriente reduz a macho-fertilidade em função do prejuízo à microesporogênese e ao crescimento posterior do tubo polínico. Neste trabalho, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de boro, sobre as características agrônômicas e a qualidade fisiológica das sementes de arroz produzidas. A aplicação do boro, na forma de borato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), na dosagem de $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, foi realizada em cinco épocas diferentes (na semeadura; no perfilhamento; na diferenciação do primórdio floral; no emborrachamento e na floração plena). Foram realizadas avaliações de rendimento, esterilidade e componentes de rendimento do arroz, bem como sobre a qualidade fisiológica das sementes. Constatou-se que a aplicação de borato de sódio na dosagem de $10 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, nos diferentes estádios de crescimento, não provocou esterilidade, não influenciou o rendimento de grãos, os componentes do rendimento, nem a qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado, cultivar IRGA 422CL.

Termos para indexação: *Oryza sativa* L., micronutriente, qualidade fisiológica.

RICE SEED YIELD AND QUALITY AS A FUNCTION OF BORON FERTILIZATION

ABSTRACT - Boron is an essential nutrient for plants, involved in cell growth and flower development. In the reproductive phase, its deficiency reduces male fertility due to damage to microsporogenesis and subsequent pollen tube growth. This study aimed to evaluate the effect of boron application on the agronomic and physiological quality of irrigated rice seeds. Boron applied as sodium borate ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) at a dosage of 10 kg ha^{-1} , was made at different times (sowing, tillering, panicle differentiation, and booting full flowering). The performance, sterility and yield components of the rice, as well as seed physiological quality, were evaluated. It was found that application of sodium borate at a dosage of 10 kg ha^{-1} at different growth stages did not cause sterility or affect grain yield, yield components and the physiological quality of irrigated rice seeds of the IRGA 422CL cultivar.

Index terms: *Oryza sativa* L., micronutrient, physiological quality.

¹Submetido em 23/07/10. Aceito para publicação em 05/05/11. Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada à UFPel/FAEM.

²Eng. Agr., Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em C&T de Sementes - UFPel/FAEM. rfcleite@gmail.com.

³Eng. Agr., Dr. Professor, Departamento de Fitotecnia, UFPel/FAEM,

Caixa Postal 354, 96001-970. Capão do Leão. lobs@ufpel.edu.br.

⁴Eng. Agr., Doutor, Pesquisador Independente. arrozcombat@yahoo.com.br.

⁵Eng. Agr. Pós graduando pelo Programa de Pós-Graduação em C&T de Sementes – UFPel/FAEM. lizandro_cicilianotavares@yahoo.com.br.

INTRODUÇÃO

O arroz é uma das principais culturas produzidas no mundo, com cerca de 150 milhões de hectares cultivados anualmente e com produção aproximada de 600 milhões de toneladas (Fao, 2004). A produção nacional de arroz alcançada na safra 2009/10, será de 11.356,8 mil toneladas, reduzindo 1.245,7 mil toneladas (9,9%) em relação à safra 2008/09 que foi de 12.602,5 mil (Conab, 2010). O Rio Grande do Sul é responsável por cerca de 50% do total da safra nacional do arroz, participando com 3,6% do total do PIB agrícola brasileiro, gerando renda de 175 milhões em ICMS e 250 mil empregos no estado. A produtividade média do Estado está próxima à obtida em países tradicionais no cultivo, como Estados Unidos, Austrália e Japão (Embrapa, 2005).

Assim, como todas as espécies cultivadas, o arroz irrigado necessita de apoio eficaz e contínuo da pesquisa, como, por exemplo, a aplicação de novas tecnologias que busquem melhorar a expressão do seu potencial produtivo com o aumento da rentabilidade e da qualidade.

Nas últimas décadas, foram intensificadas as pesquisas relativas à correção do solo e adubação do arroz irrigado na Região Sul, com o objetivo de buscar informações sobre a resposta da cultura a fontes, doses e épocas de aplicação de nitrogênio, fósforo, potássio e de alguns micronutrientes. Pesquisas realizadas até o momento no Rio Grande do Sul indicam que os solos arroseiros são, em geral, bem providos de micronutrientes devido à discreta resposta observada em experimentos (Scivittaro e Gomes, 2007). Deve-se ressaltar que os estudos realizados ainda são escassos e, de certa forma, superficiais. Assim, mais estudos são necessários para consolidar as avaliações preliminares.

O papel do boro na germinação do pólen e no crescimento do tubo polínico é particularmente importante para a produção das culturas. Ambos os processos são severamente inibidos pela deficiência deste micronutriente. Para que ocorra o crescimento do tubo polínico são necessárias altas concentrações de boro no estigma e no estilete para a inativação fisiológica de calose por intermédio da formação de complexos borato-calose na interface tubo polínico/estilete (Lewis, 1980). Este alto requerimento para o crescimento generativo foi observado por vários autores e um exemplo mostrando o efeito significativo da aplicação foliar de boro sobre a altura de planta, foi encontrado por Kappes et al. (2008), porém as doses e épocas de aplicação não influenciaram

a produtividade da cultura da soja.

O boro desempenha também, importante papel na migração e metabolismo de carboidratos, facilitando o transporte dos açúcares através das membranas, na forma do complexo açúcar-borato (Malavolta, 1980; Marschner, 1995 e Malavolta et al., 1997). Evidências sugerem que o boro exerce um papel crítico no florescimento e produção de sementes, e que sua deficiência em curto prazo (como resultado de secas, baixa transpiração ou a um rápido crescimento da planta) pode resultar em uma diminuição na produção (Brown e Hu, 1996). Existe uma relação direta entre o suprimento de boro e a capacidade de produção de pólen, pois o elemento afeta a microesporogênese, a germinação e particularmente o desenvolvimento do tubo polínico (Agarwala et al., 1981).

O boro é exigido em pequenas quantidades pela cultura do arroz, sendo a decisão para aplicar doses adequadas de boro no solo vital para aumentar a produtividade do arroz (Fageria, 1998), exigindo-se cautela por ser o intervalo de deficiência e toxidez bastante estreito (Scivittaro e Machado, 2004) uma vez que a toxidez pode ser constatada com baixos níveis no solo (Fageria, 1999). Dentre suas funções, vale destacar a participação no alongamento celular, por fazer parte dos polissacarídeos da parede celular, sendo sua desordem nutricional prejudicial ao crescimento radicular (Obata, 1995). Dessa forma, as práticas de manejo da adubação, como o uso de doses adequadas e a época apropriada de aplicação de nutrientes, inclusive o boro, podem ser fundamentais para o aumento da sua eficiência e da produtividade de grãos da cultura.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de boro, sobre as características agronômicas e a qualidade fisiológica das sementes de arroz produzidas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na empresa Agropecuária Santa Rita LTDA., localizada no Município de Turuçu-RS, e no Laboratório Didático de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, no Município de Capão do Leão-RS.

O solo no qual o experimento foi instalado é classificado como Planossolo Háplico Eutrófico Solódico (Embrapa, 2006). A instalação do experimento foi precedida de amostragem do solo, seguida de análise

de macro e micronutrientes do mesmo. O boro foi extraído da amostra do solo com água quente e determinado pelo método colorimétrico com azometina-H em espectrofotômetro, apresentando teor médio de 0,3 mg.dm⁻³. Foram utilizadas sementes da cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado, IRGA 422 CL, as quais foram semeadas a lanço, na densidade de 150 kg.ha⁻¹, em 24 unidades experimentais (parcelas) de 9 m² (5 m x 1,80 m), correspondentes a um delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições.

O controle de plantas daninhas foi realizado com aplicação do herbicida ONLY na dose de 1 L de p.c.ha⁻¹, cerca de 15 dias após a emergência das plântulas e, aos 20 dias estabeleceu-se a irrigação por inundação com lâmina d'água de cerca de 0,10 m, de forma contínua, até a colheita.

O boro foi aplicado na forma de grânulos de Na₂B₄O₇.10H₂O (borato de sódio) na dose de 10 kg.ha⁻¹, formando os seguintes tratamentos, de acordo com o estágio do ciclo da cultura: T1 - ausência de aplicação de boro (testemunha); T2 - aplicação de boro na semeadura; T3 - aplicação de boro em cobertura no perfilhamento; T4 - aplicação de boro em cobertura por ocasião da diferenciação do primórdio floral; T5 - aplicação de boro em cobertura no emborrachamento (período de desenvolvimento da panícula); T6 - aplicação de boro em cobertura na floração plena.

A instalação do experimento foi realizada no mês de novembro, juntamente com as adubações nitrogenada, fosfatada e potássica, as quais obedeceram às dosagens recomendadas pela CFQS RS/SC (Comissão de fertilidade e química do Solo – RS/SC, 2004) para o arroz irrigado. Os tratamentos culturais necessários foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para o cultivo de arroz irrigado no RS (Sosbai, 2005).

Os componentes do rendimento estudados foram: **Número de panículas.m⁻²**: foi determinado pela contagem das mesmas, em duas amostragens por parcela, com auxílio de um arco de 0,25 m². Os valores foram transformados para o equivalente em m². **Número de grãos por panícula**: foi determinado através da contagem do número de grãos por panícula. **Esterelidade**: foi realizada por ocasião da colheita, quando foram coletadas, ao acaso, 50 panículas.parcela⁻¹, e, em seguida, separadas as espiguetas cheias das vazias. Contou-se o número de grãos vazios e calculou-se o percentual destes em relação ao número total de grãos de cada amostra. **Peso de 100 sementes**: contou-se ao acaso, oito repetições de 100 sementes provenientes da porção semente pura de cada parcela. Cada repetição foi pesada

e calculada a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores obtidos nas pesagens, conforme as Regras de Análise de Sementes (Brasil, 2009). O resultado dessa determinação foi obtido multiplicando-se o peso médio das 100 sementes por 10, e expresso em gramas.

Rendimento de grãos: foi obtido pela pesagem das sementes colhidas manualmente das áreas úteis (4 m x 1,50 m) de cada parcela, transformado para kg.ha⁻¹ e corrigido para 13% de umidade.

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada por meio dos testes: **Germinação**: foram distribuídas 4 subamostras de 50 sementes - obtidas de cada unidade experimental – colocadas em substrato de papel de germinação previamente umedecido em água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco (Brasil, 2009). Os rolos foram mantidos em germinador à temperatura de 25 ± 2 °C. As contagens foram realizadas aos 7 e 14 dias após a semeadura (Brasil, 2009). **Triplíce teste**: foram distribuídas 4 subamostras de 50 sementes de cada tratamento em caixas plásticas (gerbox) contendo 200 g de solo previamente seco e peneirado, e posteriormente umedecido com 60 mL de água, conforme Amaral et al. (1995). As sementes foram primeiramente descascadas, antes de serem dispostas nas caixas, e, então, cobertas com 100 g de solo peneirado. Por fim, os gerbox foram tampados e levados ao germinador a 30 °C. Com este teste, foram avaliados o vigor e a germinação das sementes, por meio de contagens aos 3 e 4 dias após a semeadura. **Envelhecimento acelerado**: as sementes foram expostas a condições de alta temperatura (42 °C) e umidade relativa. Foi utilizado o “método de gerbox”, onde 7 g das sementes de cada parcela foram distribuídas em telas de alumínio adaptadas em caixa plásticas contendo 40 mL de água. Em seguida, estes foram colocados em câmara BOD por um período de 72 horas, após o qual foi efetuado o teste de germinação (Delouche e Baskin, 1973). **Teste de frio**: Para análise de vigor, também foi realizado o teste de frio conforme descrito por Barros et al. (1999), sendo distribuídas 4 subamostras de 50 sementes em substrato de papel de germinação previamente umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos de papel foram acondicionados em sacos plásticos e mantidos em câmara BOD por sete dias à temperatura de 10 °C. Após este período, os rolos foram transferidos para o germinador, e mantidos nas mesmas condições do teste de germinação, de forma que foi realizada a contagem de plântulas normais após sete dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de panículas por m² (Tabela 1) é definido entre os estádios S0 (germinação) e R0 (início do desenvolvimento da panícula). Este componente do rendimento não foi afetado pela aplicação de borato de sódio, não havendo diferenças entre os tratamentos, já que o suprimento de boro não afetou a formação de perfilhos na planta. Isto é percebido em função dos tratamentos prévios ao perfilhamento não terem tido diferença às adubações mais tardias com boro. Blevins e Lukaszewski (1998)

afirmam que gramíneas apresentam menor requerimento de boro para manter um crescimento vegetativo normal, mas precisam tanto de boro quanto outras espécies no estágio reprodutivo. Já Dunn et al. (2005) relatam efeito da aplicação de boro no solo sobre o crescimento vegetativo e o perfilhamento de plantas de arroz. O número de panículas está diretamente relacionado à fase de crescimento vegetativo, e é determinado pelo número de perfilhos das plantas, sendo que a densidade de semeadura e a adubação nitrogenada são os principais fatores que influenciam este componente.

TABELA 1. Efeito da aplicação de boro sobre o número de panículas.m⁻², grãos.panícula⁻¹, esterilidade (%), peso de 1000 sementes (g) e produtividade (kg.ha⁻¹), na cultivar IRGA 422CL de arroz irrigado. T1 - ausência de aplicação de boro (testemunha); T2 - aplicação de boro na semeadura; T3 - aplicação de boro em cobertura no perfilhamento; T4 - aplicação de boro em cobertura por ocasião da diferenciação do primórdio floral (DPF); T5 - aplicação de boro em cobertura no emborrachamento; T6 - aplicação de boro em cobertura na floração plena.

Tratamentos	Panículas.m ⁻²	Grãos. panícula ⁻¹	Esterilidade (%)	Peso de 1000 sementes (g)	Rendimento de grãos (t.ha ⁻¹)
T1	550a*	77,8a	19,28a	29,6a	5,65a
T2	434a	81,9a	17,03a	29,6a	5,67a
T3	542a	72,3a	17,26a	30,1a	5,76a
T4	560a	73,2a	17,73a	29,7a	5,86a
T5	521a	75,8a	18,08a	29,4a	5,62a
T6	540a	74,5a	18,60a	29,7a	6,13a
CV (%)	13,69	5,81	6,18	1,29	6,69

*Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

O período compreendido entre os estádios de desenvolvimento da panícula (R0) e polinização (R4) é fundamental para a definição do número de grãos por panícula. Como não foram detectadas diferenças entre os tratamentos aplicados (Tabela 1), provavelmente não houve efeito na diferenciação do primórdio floral, na microesporogênese e no crescimento do tubo polínico diferentemente do que foi observado por Wang et al. (2003). Resultados obtidos por Hossain et al. (2001) indicam a fundamental importância do suprimento de boro para a formação de grãos na cultura do arroz.

Os resultados observados para esterilidade de espiguetas (Tabela 1) apresentaram-se relativamente altos. Entretanto, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos testados, o que indica que a disponibilidade de boro parece

não ter sido o fator preponderante na manifestação da esterilidade. Esses resultados diferem daqueles encontrados por Rashid et al. (2004), segundo os quais o aumento da produtividade do arroz, com o suprimento de boro, se dá, principalmente, como consequência da redução de panículas estéreis. Os autores verificaram efeito da aplicação de boro em duas cultivares de arroz, com aumento do rendimento e qualidade do grão. Dell e Huang (1997), afirmam que deficiências de boro podem afetar a microesporogênese e o crescimento do tubo polínico, resultando no aumento de espiguetas vazias (estéreis).

A avaliação do peso de mil sementes nas diferentes épocas de aplicação de boro demonstrou que o micronutriente não influenciou no enchimento dos grãos, já que não foi detectada diferença entre os tratamentos

testados. O peso variou entre 29,4 g, na aplicação de boro na DPF, e 30,1 g, quando o nutriente foi aplicado no início do perfilhamento. Pelos resultados obtidos observa-se que não houve deficiência de boro após a antese, pois conforme Dell e Huang (1997), em casos de disponibilidade insuficiente do nutriente há prejuízo à embriogênese, com o conseqüente aborto de sementes ou a má formação dos frutos.

A comparação entre os resultados encontrados e a literatura comprova a afirmação de Marchezan et al. (2001), que a aplicação de micronutrientes, via foliar, não influencia a produção de grãos de arroz irrigado cultivado em área de retirada de solo devido ao processo de nivelamento. Isso está relacionado ao tipo de solo onde são instalados os experimentos, bem como às diferentes condições de clima verificadas de local para local, entre anos de avaliação. As variáveis analisadas, tal qual o número de panículas por m², o número de grãos por panícula, peso de 1000 sementes, percentual de esterilidade e o rendimento de grãos não foram significativas, nas diferentes épocas de aplicação de boro, conforme ilustrado na Tabela 1.

O rendimento de grãos por hectare (Tabela 1) também não foi afetado pelos tratamentos aplicados. Diferentemente, Garg et al. (1979), Yu e Bell (1999), Dunn et al. (2005) e Rashid et al. (2004) relataram respostas significativas na produtividade de arroz quando a cultura foi tratada com aplicações de boro. Segundo Slaton et al. (2002), o boro, quando benéfico à produtividade,

teria maior efeito aplicado nos estádios iniciais do desenvolvimento reprodutivo, próximo à iniciação da panícula.

As avaliações de qualidade fisiológica das sementes encontram-se na Tabela 2. Pelos resultados do teste de germinação, verifica-se ausência de efeito da aplicação de boro sobre o percentual de plântulas normais. Entretanto, Bevilaqua et al. (2002), trabalhando com soja, verificaram que a aplicação de Ca e B aumentou o peso de grãos por planta, mas não afetou a qualidade fisiológica das sementes. A contagem de plântulas normais, após a realização do teste de frio, não apresentou diferenças entre os níveis do fator pesquisado, de forma que a aplicação de boro não causou efeito no vigor das sementes. No entanto, plantas deficientes em boro podem apresentar grãos mais leves, grãos mal formados ou embriões deficientes (Dell e Huang, 1997; Blevins e Lukaszewski, 1998; Rashid et al., 2004). Como não houve diferenças entre os tratamentos para estes aspectos, nota-se que a disponibilidade de boro não foi limitante à embriogênese e, assim, não houve a formação de sementes de diferente vigor. Da mesma forma que o teste de frio, o teste de germinação após o envelhecimento precoce das sementes indicou ausência de efeitos da aplicação de boro sobre o vigor das sementes de arroz irrigado produzidas. O triplice teste não foi eficiente em identificar possíveis efeitos do suprimento de boro sobre a qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado produzidas, quer seja sobre a germinação ou sobre o vigor das mesmas.

TABELA 2. Efeito da aplicação de boro sobre a germinação, teste de frio, envelhecimento acelerado e triplice teste na cultivar IRGA 422CL de arroz irrigado. T1 - ausência de aplicação de boro (testemunha); T2 - aplicação de boro na semeadura; T3 - aplicação de boro em cobertura no perfilhamento; T4 - aplicação de boro em cobertura por ocasião da diferenciação do primórdio floral (DPF); T5 - aplicação de boro em cobertura no emborrachamento; T6 - aplicação de boro em cobertura na floração plena.

Tratamentos	Germinação (%)	Teste de frio (%)	Envelhecimento acelerado (%)	Tríplice teste vigor (%)	Tríplice teste germinação (%)
T1	84a*	71a	83a	81a	86a
T2	82a	69a	80a	77a	81a
T3	80a	67a	78a	75a	82a
T4	79a	70a	78a	73a	80a
T5	84a	72a	79a	75a	82a
T6	81a	71a	79a	74a	83a
CV (%)	2,63	4,22	3,32	6,80	3,06

*Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A qualidade fisiológica das sementes oriunda dos tratamentos com boro nos diferentes estádios da cultura, não apresentaram diferenças entre si, demonstrando que o nutriente na dosagem utilizada não foi limitante para o fator da qualidade das sementes produzidas. Resultados semelhantes foram encontrados por Ambrosano et al. (1999), que avaliando o efeito da adubação nitrogenada e micronutrientes na qualidade de sementes do feijoeiro cultivar IAC - Carioca, observaram que os tratamentos não influenciaram a porcentagem de germinação e de plântulas anormais, tanto nos ensaios de aplicação de nitrogênio como nos de micronutrientes, não tendo estes, alterado a qualidade das sementes determinada pelo teste de germinação.

Os resultados também foram coerentes com os de Bevilaqua et al. (2002), que avaliando a qualidade fisiológica de sementes de soja com botões florais fechados, 80% das flores abertas, vagens com 3 a 5 mm e vagens com 15 mm, detectaram que a aplicação foliar com Ca e B, não melhorou a qualidade das sementes produzidas em nenhuma das fases de aplicação.

CONCLUSÃO

A aplicação de boro na forma de borato de sódio na dosagem de 10 Kg.ha⁻¹, nos diferentes estádios de crescimento, não provoca esterelidade, não influencia o rendimento de grãos, os componentes do rendimento, nem a qualidade fisiológica das sementes de arroz irrigado, cultivar IRGA 422CL.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa concedida ao primeiro e último autor, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes/UFPel.

REFERÊNCIAS

AGARWALA, S.C.; SHARMA, P.N.; CHATTERJEE, C.; SHARMA, C.P. Development and enzymatic changes during pollen development in boron deficient maize plants. **Journal Plant Nutrition**, v.3, p.329-336, 1981.

AMARAL, A.S.; PESKE, S.T.; LABBÉ, L.M.B.; PIEROBOM, C.R. Avaliação da qualidade de sementes de arroz pelo triplice teste. **Lavoura Arrozeira**, v.48, n.421, p.3-7, 1995.

AMBROSANO, E.J.; AMBROSANO, G.M.B.; WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MARTINS, A.L.M.; SILVEIRA, L.C.P. Efeitos da adubação nitrogenada e com micronutrientes na qualidade de sementes do feijoeiro cultivar IAC-Carioca. **Bragantia**, v.58, n.2, p.393-399, 1999.

BARROS, A.S.R.; DIAS, M.C.L.L.; CÍCERO, S.M.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de Frio. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap.5, 1999.

BEVILAQUA, G.A.P.; SILVA FILHO, P.M.; POSSENTI, J.C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, v.32, p.31-34, 2002.

BLEVINS, D.G.; LUKASZEWSKI, K.M. Boron in plant structure and function. **Annual Reviews. Plant Physiology Molecular Biology**, v.49, p.481-500, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

BROWN, P.H.; HU, H. Phloem mobility of boron in species dependent: Evidence of boron mobility in sorbitol-rich species. **Annals of Botany**, v.77, n.5, p.497-505, 1996.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2009/2010 – Décimo Levantamento – Julho/2010 – Brasília: Conab, 2010. 43p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/969898a66ca1ceede424d5853d3f8543.pdf>> Acesso em: 21 de jul. 2010.

CQFS RS/SC. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. SBCS – Núcleo Regional Sul. 10.ed. Porto Alegre, 2004, 400p.

DELL, B.; HUANG, L. Physiological response of plants to low boron. **Plant and Soil**. v.193, n.1/2, p.103-120, 1997.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**. v.1, n.2, p.427-452, 1973.

DUNN, D.; STEVENS, G.; KENDIG, A. Boron fertilization of rice with soil and foliar applications. **Crop Management**. [Online]. 2005. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/research/2005/>>

boron>/. Acesso em: 21 de jul. de 2010.

EMBRAPA. **Importância Econômica, Agrícola e Alimentar do Arroz**. In: Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil. versão Eletrônica, 2005. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br>>. Acesso em: 21 de jul. de 2010.

EMBRAPA. Centro de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA. Rio de Janeiro, 2ed. 2006. 306p.

FAGERIA, N.K. **Manejo da calagem e adubação do arroz** In: BRESEGHELLO, F.; STONE, L.F. Tecnologia para o arroz de terras altas. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 1998. p.67-78.

FAGERIA, N.K. Nutrição mineral. In: VIEIRA, N.R. A.; SANTOS, AB.; SANT'ANA, E.P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p.329-353.

FAO - **The Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Production of selected agricultural commodities. 2004.

GARG, O.; SHARMA, A.; KONA, G. Effect of boron on the pollen vitality and yield of rice plants (*Oryza sativa* L. var. Jaya). **Plant and Soil**, v.52, p.591-594, 1979.

HOSSAIN, M.B.; KUMAR, T.N.; AHMED, S. Effect of Zinc, Boron and Molybdenum Application on the Yield and Nutrient Uptake by BRRI Dhan 30. **Journal of Biological Sciences**, v.1, n.8, p.698-700. 2001.

KAPPES, C.; GOLO, A.L.; CARVALHO, M.A.C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, v.9, n.3, p.291-297, 2008.

LEWIS, D.H. Are there interrelations between the metabolic role of boron synthesis of phenolic phytoalexins and the germination of pollen. **New Phytologist**, v.84, p.261-270, 1980.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 215p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 210p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic, 1995. 889p.

MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T.; MARZARI, V.; VILLA, S.C.C.; AVILA, L.A.; Manejo da adubação do arroz irrigado em sistema pré-germinado na produtividade e na perda de nutrientes através de drenagem inicial. **Ciência Rural**, v.31, n.5, p.877-879, 2001.

OBATA, H. Micro essential elements. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Ed.). **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Police Research Center. Tokyo, 1995. v.2, 420-433p.

RASHID, A.; YASIN, M.; ASHRAF, M.; MANN, R.A. Boron deficiency in calcareous soil reduces rice yield and impairs grain quality. **International Rice Research Notes**, v.29, p.58-60, 2004.

SCIVITTARO, W.B.; GOMES, A.S. **Adubação e Calagem para o Arroz Irrigado no Rio Grande do Sul**. Pelotas-RS, 2007. Embrapa Clima Temperado. (Circular Técnica 62).

SCIVITTARO, W.B.; MACHADO, O.M. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In: GOMES, A.S.; MAGALHÃES JUNIOR, A.M. (Ed.). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília, DF, Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. 259-297p.

SLATON, N.A.; BOLLIICH, P.K.; DUNN, D.; ROSS, J.R.; MOZAFFARI, M.; ESPINOSA, L. Rice Response to boron application rate and timing in Arkansas, Louisiana, and Missouri. In: **Arkansas Rice Research Studies**. Research Series 504, 2002. p.315-320.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz Irrigado: recomendações da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria: Sosbai, 2005. p.89-92.

WANG, Q.; LU L.; LI Y.; LIN J. Boron influences pollen germination and pollen tube growth in *Picea meyeri*. **Tree Physiology**, v.23, p.345-351, 2003.

YU, X.; BELL, P.F. Boron deficiency in 'Bengal' rice (*Oryza sativa* L.) grown on a Louisiana rice- soil in the greenhouse. **Louisiana Rice Research Board**, USA, 1999.