



Vigor de sementes e atividade bioquímica em plântulas de arroz submetidas a ácidos orgânicos¹

Luiz Augusto Salles das Neves¹, Dario Munt de Moraes²,
Nei Fernandes Lopes³, Claudete Miranda Abreu⁴

Resumo - Resíduos vegetais em decomposição anaeróbica em lavouras irrigadas de arroz produzem ácidos orgânicos, tais como acético, propiônico, butírico, fórmico, vanílico, que afetam o estabelecimento das plântulas. Portanto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a qualidade fisiológica de sementes e a atividade bioquímica em plântulas de arroz BR IRGA-409 submetidas a concentrações zero, 1; 2; 4; 8 e 16 ml/L de ácido acético e propiônico. Para isso, utilizam-se testes de vigor (primeira contagem, CE, IVE e emergência, composição química (amido, açúcares solúveis totais e proteína totais), atividade das enzimas α -amilase e fosfatase ácida e medidas de crescimento (teor de clorofila total e área foliar). A análise de regressão mostrou que a germinação, o índice de velocidade de emergência de plântulas, a emergência de plântulas e a condutividade elétrica foram significativamente afetados com o aumento nas concentrações dos ácidos. O conteúdo de amido, açúcares solúveis totais e proteína foi reduzido a partir da concentração de 8 ml/L, por ambos os ácidos. A atividade total da α -amilase foi mais estimulada pelo ácido acético do que pelo propiônico, enquanto que a fosfatase ácida não foi alterada. Os teores de clorofila e a área foliar foram reduzidos com o incremento na concentração de ambos os ácidos.

Palavras-chave: ácido acético, ácido propiônico, germinação, α -amilase, fosfatase ácida, clorofila, área foliar.

Vigor of seeds and biochemical activity in rice seedlings treated with organic acids

Abstract - Vegetal residues in anaerobic decomposition in irrigated farmings of rice produce organic acids, such as, acetic, propionic, butiric, formic, vanilic, which affect the establishment of seedlings. Therefore the present work had for objective to analyze the physiological quality of seeds and bioquimical activity of rice BR IRGA-409 seedlings, treated with several concentrations (zero; 1; 2; 4; 8 and 16 ml/L) of acetic and propionic acids. In order to performer this some assay were conducted such as: tests of vigor (first count, electrical conductivity, emergency speed index and emergency), chemical composition (starch, total soluble sugars and protein contents), determinations of the activity of α -amylase and fosfatase acid, and measurements of growth (chlorophyll concentration and leaf area). The regression analysis showed that the germination, emergency speed index, the emergency of seedlings and the electric conductivity were significantly affected with the increase in the concentrations of acid. Starch, total soluble sugars and protein contents were reduced on higher concentrations (≥ 8 ml/L) for both acids. The total activity of α -amylase was more enhanced by acetic acid than propionic acid, while the activity of phosfatase-acid was not modified. The chlorophyll contents and leaf area decreased with increment on concentrations of acetic and propionic acids.

Key words: acetic acid, propionic acid, germination, α -amylase, fosfatase acid, chlorophyll concentration, leaf area.

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr. Prof. Depto. de Biologia/CCNE/UFSM, autor da Tese. E-mail: augusto@smail.ufsm.br

² Engenheiro Agrônomo, Dr. Prof. Depto. de Botânica/IB/UFPEL, orientador.

³ Engenheiro Agrônomo, Dr. Prof. Depto. de Botânica/IB/UFPEL, co-orientador.

⁴ Bióloga, Dr^a., Prof^a. Depto. de Botânica/UFPEL.

Recebido para publicação em 23/02/2006



Introdução

No Brasil, o arroz ocupa atualmente uma área de 3,58 milhões de hectares com um rendimento médio de 3,54 t/ha, sendo um dos maiores produtores desse cereal no mundo. No Rio Grande do Sul são cultivados cerca de 1,0 milhão de hectares com arroz irrigado, sendo um dos estados que mais produz (IBGE, 2005).

As tecnologias de cultivo aplicadas à cultura do arroz, como a semeadura sobre a resteva e/ou cultivo mínimo, permitiram que as terras de várzeas pudessem recuperar a estrutura e a fertilidade do solo; entretanto, observa-se que com esses sistemas, associados à inundação, há produção de ácidos orgânicos que prejudicam o estado final da cultura (BOHNEN et al., 2005).

Devido ao alagamento do solo e o esgotamento do oxigênio molecular, ocorre a decomposição anaeróbica da matéria orgânica e a formação de substâncias tóxicas para as plântulas (PONNAMPERUMA, 1972). Dentre os compostos formados estão os ácidos orgânicos de cadeia curta, tais como acético, propiônico e butírico (PATRICK, 1971), sendo que o primeiro é encontrado em maiores concentrações (CAMARGO et al., 2001; SOUSA, 2001 e 2002). Já foi verificado que tais ácidos prejudicam o desenvolvimento do sistema radicular das plântulas (CAMARGO et al., 1993; AGOSTINETTO et al., 2001; NEVES et al., no prelo).

No processo de germinação ocorre o reinício do crescimento do embrião paralisado nas fases finais do desenvolvimento da semente. Esse processo requer a mobilização de reservas, tais como amido, açúcares e proteínas. Além disso, ocorre também a ativação do sistema enzimático, pois enzimas hidrolíticas como a α -amilase e a fosfatase ácida são produzidas para desdobrar as reservas nutricionais e alimentarem o eixo embrionário na semente.

No aspecto fisiológico, a germinação inicia pela embebição das sementes, enquanto que no físiobioquímico está o aumento da respiração, a digestão enzimática das reservas, a mobilização e a assimilação dessas reservas pelo embrião, permitindo o alongamento e as diferenciações celulares (BEWLEY e BLACK, 1994).

Com base nas informações citadas, o objetivo desse trabalho foi o vigor de sementes e a atividade bioquímica em plântulas de arroz submetidas a diferentes concentrações de ácidos acético e propiônico.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fisiologia Vegetal, do Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Pelotas. Sementes de arroz do cultivar BR IRGA-409, da safra 2003/2004, foram embebidas por 90 minutos em soluções de ácido acético e em ácido propiônico nas concentrações zero, 1, 2, 4,8 e 16 mL/L e a seguir submetidas aos testes de vigor e viabilidade.

Teste de germinação (G) – 2.400 sementes divididas em quatro repetições de 100 sementes por tratamento utilizando-se como substrato papel do tipo germitest previamente umedecido com água destilada (2,5 vezes o peso do papel). Os rolos foram colocados em sacos plásticos vedados e postos em câmara BOD na temperatura de 25°C. A contagem foi realizada aos 14 dias após a semeadura e os valores foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 1992). **Primeira contagem da germinação (PCG)** – realizada conjuntamente com o teste de germinação aos 5 dias após a semeadura. Os valores foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 1992). **Condutividade elétrica (CE)** – foi determinada nos períodos de 3 e 24 horas de incubação, conforme metodologia de Vieira e Carvalho (1994). **Índice de velocidade de emergência (IVE)** – 2.400 sementes divididas em quatro repetições de 100 sementes por tratamento foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido com 200 células cada uma, contendo areia, sendo que a semeadura foi realizada manualmente na profundidade de três centímetros e umedecida periodicamente. As observações foram realizadas diariamente durante 21 dias e foi anotado o número de plântulas emergidas por dia até que esse número permanecesse constante. Os valores lidos foram colocados na seguinte fórmula: $IVE = (E_1 - E_0)N_1 + (E_2 - E_1)N_2 + \dots + (E_n - E_{n-1})N_n$; onde E_0 é a contagem no primeiro dia, E_1 no segundo dia, ..., E_n no enésimo dia, N_1 é o primeiro dia após a semeadura, N_2 o segundo dia, ..., N_n o enésimo dia. **Emergência de plântulas em casa de vegetação (E)** – foi instalado de forma idêntica ao teste de velocidade de emergência em casa de vegetação, com apenas uma contagem aos 21 dias após a data da semeadura e os resultados foram expressos em porcentagem de emergência das plântulas, segundo Vieira e Carvalho (1994).

Para a análise de açúcares solúveis, amido e proteínas solúveis foram coletados 10 gramas de sementes por tratamento e embebidos pelo tempo de 90 minutos. Após, foram secos e moídos em moinho, para obter a farinha que foi acondicionada em vidros etiquetados e armazenados em dessecador, para análise posterior.

Teor de açúcar solúvel – obtido conforme metodologia de Clegg (1956). As leituras foram transformadas pela fórmula: Açúcar Solúvel = $\{[(\mu\text{g} \cdot 72)/1000] (20/\text{alíquota})\} / (1\text{g de semente}/0,25 \text{ de farinha})$, onde $\mu\text{g} = (\text{leitura} - a)/b$; a e b são valores obtidos na curva-padrão. Os resultados foram expressos em μg açúcar/g semente. **Teor de amido** – no resíduo do açúcar, nos tubos da centrífuga, se adicionou 20 mL de H_2SO_4 a 0,2N e seguiu-se a metodologia de McCready et al (1950). Os resultados foram expressos em μg amido/g semente. **Teor de proteínas totais** – da farinha foram coletadas quatro amostras de 0,5 g por tratamento e colocadas em tubos de centrífuga juntamente com 20 mL de KH_2PO_4 , seguindo a metodologia descrita por Bradford (1976). Os resultados foram expressos em $\mu\text{g}/\text{g}$ semente.

Para a determinação da atividade enzimática, as extrações foram feitas nos tempos zero (semente), aos 5 dias e aos 14 dias após a semeadura (plântulas) utilizando 0,5 g, sementes e/ou plântulas de cada concentração. As sementes e/ou as plântulas foram maceradas em gral com 20 mL de tampão acetato de potássio. A mistura foi centrifugada a 3.000 rpm por 10 minutos; o sobrenadante foi coletado em tubos de ensaio e colocado em refrigeração para as análises a seguir:

Atividade total da α -amilase – conforme metodologia desenvolvida por Ching (1986). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro E – 225D a 620 nm. Os valores foram expressos em μ g de amido hidrolisado/min/g de semente ao zero dia e μ g de amido hidrolisado/min/g de plântula, aos 5 e 14 dias. **Atividade total da fosfatase ácida** – para essa determinação usou-se a metodologia descrita por Ching (1986); as leituras foram realizadas em espectrofotômetro E – 225D a 620 nm e os resultados expressos em nanomoles/min/g semente, ao zero dia e μ g de amido hidrolisado/min/g de plântula, aos 5 e 14 dias.

Determinação da clorofila – a extração dos pigmentos e a determinação dos teores de clorofila a (Cl *a*) e clorofila b (Cl *b*) foram realizadas conforme metodologia descrita por Arnon (1949) e os resultados foram expressos em mg do pigmento g^{-1} matéria fresca. **Determinação da área foliar** – realizada aos 21 dias após a instalação do

teste de emergência das plântulas de arroz. Foram coletadas 10 plântulas por repetição, por tratamento, e a parte aérea foi levada ao medidor de área foliar da marca Li-Cor 3000. Os resultados foram expressos em $mm^2/plântula$.

O delineamento estatístico utilizado para todos os testes foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados em porcentagem foram previamente transformados pela fórmula: $x = \arcsin (X/100)^{1/2}$ e as médias foram submetidas à análise de regressão pelo programa Statistica 6.0.

Resultados e discussão

A figura 1 representa a germinação (A) e a primeira contagem da germinação (B) das sementes de arroz BR IRGA-409 submetidas à ação dos ácidos acético (ACA) e propiônico (ACP). Nessa figura percebe-se que, com o aumento das concentrações dos ácidos, houve diminuição na germinação e na primeira contagem da germinação das sementes de arroz.

Ambos os ácidos mostraram comportamento semelhante até a concentração de 2 mL/L, inclusive. A partir da concentração de 4 mL/L o ácido acético teve efeito mais inibitório do que o ácido propiônico, pois, nesse caso, ocorreu maior redução da germinação.

O efeito dos ácidos orgânicos sobre a germinação e a primeira contagem da germinação das sementes tem

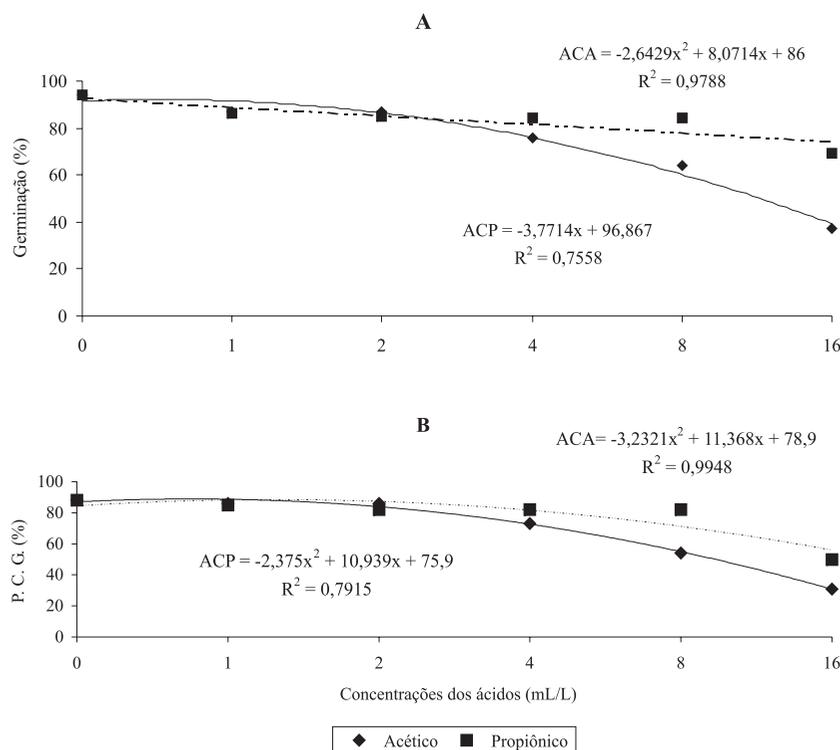


Figura 1 - Germinação (A) e primeira contagem da germinação – PCG (B) de sementes de arroz BR IRGA-409 submetidas às concentrações zero, 1, 2, 4, 8 e 16 mL/L de ácidos acético (ACA) e propiônico (ACP).

sido pouco descrito, haja vista que a maior preocupação estava voltada para o estágio de plântula, quando os ácidos orgânicos estão em alta concentração no solo (CAMARGO et al., 2001). Entretanto, redução da germinação e da primeira contagem da germinação foi encontrada também por Neves e Moraes (2005) quando submetteram sementes de arroz BR IRGA-410 à ação do ácido acético nas mesmas concentrações aqui trabalhadas. Esses autores verificaram drástica redução da germinação na concentração de 16 mL/L, pois apenas 2% das sementes germinaram.

Igualmente, Lynch (1980) descreve que o ácido acético reduziu em 77% a germinação das sementes de cevada, enquanto que o ácido propiônico reduziu em apenas 35%.

A condutividade elétrica foi medida a 3 (A) e 24 (B) horas do início do teste (Figura 2). Verifica-se na Figura (2A) que a liberação de eletrólitos para a água de incubação é crescente com o incremento das concentrações dos ácidos acético e propiônico. tratadas com ácido propiônico do que com o ácido acético. Na concentração de 4 mL/L houve equiparação dos efeitos pela ação de ambos os ácidos e nas concentrações acima observa-se que o ácido acético provocou maior liberação de exsudatos das sementes que o ácido propiônico.

Na figura 2B observa-se que a liberação de eletrólitos causada por ambos os ácidos tem o mesmo compor-

tamento, apesar do ácido propiônico, nas concentrações de 1, 2 e 4 mL/L, provocar maior liberação do que o ácido acético. Nas concentrações de 8 e 16 mL/L ambos os ácidos provocam efeitos semelhantes.

O teste de condutividade elétrica é de uso freqüente na análise da qualidade fisiológica de sementes, na medição dos efeitos de hormônios, soluções salinas, biocidas; entretanto há poucas descrições com referência aos efeitos na condutividade elétrica de sementes tratadas com ácidos orgânicos.

Sementes de arroz Epagri 111, tratadas com ácido acético, mostraram aumento na condutividade elétrica com o aumento da concentração do ácido (NEVES et al. no prelo).

Na figura 3A está a curva de regressão referente ao índice de velocidade de emergência (IVE) das plântulas de arroz cujas sementes foram submetidas aos ácidos acético e propiônico; no final dos 21 dias, obteve-se a emergência (Figura 3B).

Na figura 3A percebe-se que o IVE decresce com o aumento da concentração de ambos os ácidos. Nas concentrações zero 1 e 2 mL/L, não há diferença entre os efeitos dos ácidos, porém a partir da concentração 4 mL/L, o ácido acético reduz acentuadamente o IVE, enquanto que o ácido propiônico produz redução significativa somente nas concentrações 8 e 16 mL/L. Comparativa-

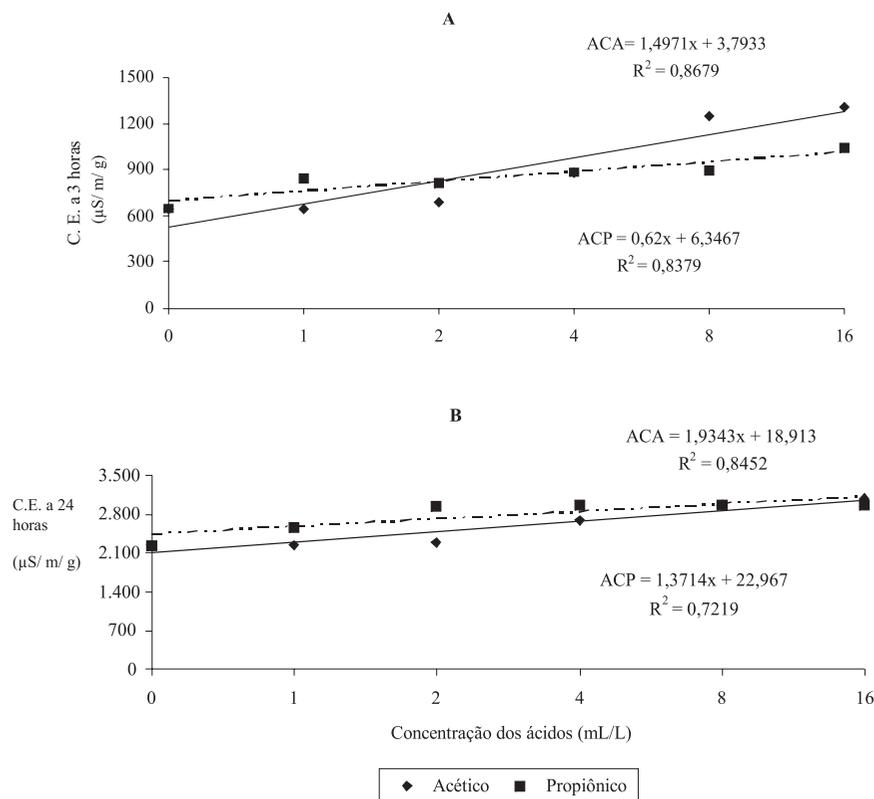


Figura 2 - Condutividade elétrica medida a 3 horas (A) e a 24 horas (B), do início do teste, em sementes de arroz BR IRGA-409 submetidas às concentrações zero, 1, 2, 4, 8 e 16 mL/L de ácido acético (ACA) e propiônico (ACP).

mente, nas concentrações maiores o ácido acético afetou mais o IVE do que o ácido propiônico.

Com referência à emergência (Figura 3B), o comportamento é semelhante ao IVE, pois, pela ação dos ácidos acético e propiônico, o percentual de emergência se reduz com o incremento da concentração; entretanto, a partir da de 4 mL/L a redução, pelo ácido acético, torna-se mais acentuada. Já o ácido propiônico reduz a emergência de forma expressiva somente na concentração de 16 mL/L. Por fim, o ácido acético afetou mais o percentual de emergência das plântulas de arroz do que o ácido propiônico, nas concentrações mais elevadas.

Poucas são as referências sobre a emergência de plântulas sob ação de ácidos orgânicos. As que relatam utilizam-se de palhadas em incubação anaeróbica onde os ácidos orgânicos são produzidos. Guenzi et al. (1967) verificaram que palhadas de trigo, cevada, sorgo e milho em incubação produziram diferentes quantidades de ácidos orgânicos. Em vista disso, testaram suas fitotoxicidades na cultura do trigo, analisando a emergência de plântulas durante dois anos consecutivos. Dentre os resíduos vegetais, o de trigo foi o mais fitotóxico, pois apresentou inibição de até 90%, sendo considerado pelos autores como autotoxicidade. O resíduo do sorgo foi o menos fitotóxico, pois somente 52% das plântulas não emergiram.

O IVE foi estudado por Neves et al (no prelo) na cultivar de arroz Epagri 111 sob ação do ácido acético. Esses autores verificaram que, com o aumento da concentração do ácido, ocorreu decréscimo no IVE, sendo que a partir da concentração de 4 mL/L o IVE decaiu em mais de 50%.

Na Figura 4 estão descritos os efeitos dos ácidos, acético e propiônico, sobre a solubilidade do amido, açúcares totais e proteínas totais.

Na Figura 4A observa-se que os teores de amido e proteína foram estimulados pela ação do ácido acético nas concentrações 1 e 2 mL/L, sendo que na proteína esse estímulo estende-se até a concentração de 4 mL/L. Quanto aos açúcares totais, percebe-se que o teor decresce com o incremento da concentração do ácido, apesar de nas concentrações 1, 2 e 4 mL/L não diferirem entre si.

Na Figura 4B verifica-se que os teores de amido, açúcares totais e proteínas totais foram estimulados nas concentrações 1 e 2 mL/L por efeito do ácido propiônico. Nas concentrações 4 e 8 mL/L não houve diferença entre os teores; entretanto, na concentração 16 mL/L houve significativa redução nos teores de todos os constituintes celulares analisados. De forma geral, ambos os ácidos provocaram efeitos semelhantes.

Ao se comparar a germinação das sementes (Figura 1) com as solubilidades do amido, açúcares totais e proteínas totais (Figura 4), observa-se que a redução da ger-

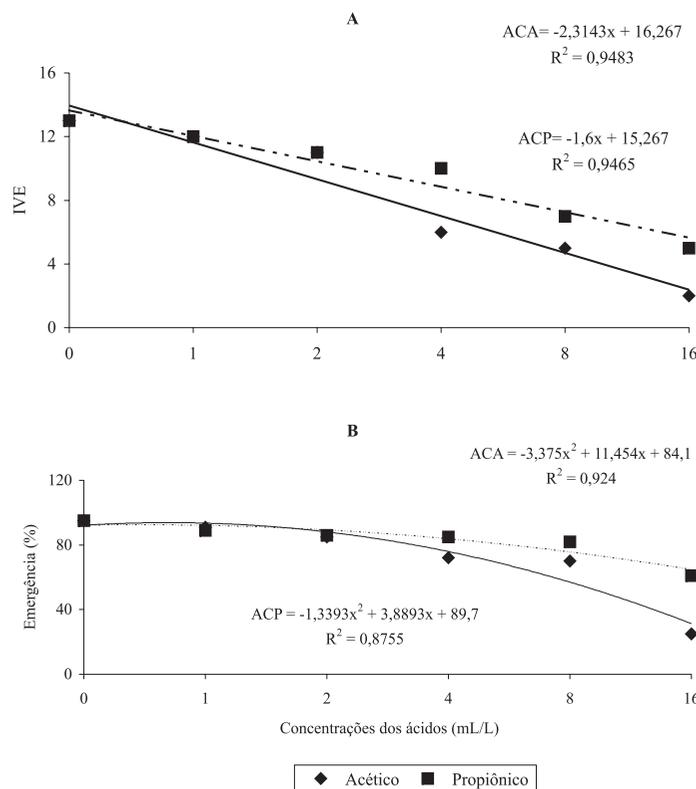


Figura 3 - Índice de Velocidade de Emergência – IVE (A) e emergência (B) de plântulas de arroz BR IRGA-409 submetidas às concentrações zero, 1, 2, 4, 8 e 16 mL/L de ácido acético (ACA) e propiônico (ACP).

minação a partir da concentração de 8 mL/L do ácido acético, principalmente, pode ter ocorrido devido aos efeitos tóxicos que esse ácido provocou nos constituintes químicos, enquanto que o ácido propiônico não produziu efeito na mesma proporção.

A ação dos ácidos orgânicos sobre a atividade dos constituintes celulares durante a germinação não havia sido descrita ainda, haja vista que a maior preocupação está voltada para o desenvolvimento das plântulas. Entretanto, Neves e Moraes (2005) verificaram que houve incremento na solubilidade do amido no cultivar BR IRGA-410, quando as sementes foram submetidas ao ácido acético nas mesmas concentrações utilizadas no presente trabalho. Todavia, o comportamento do cultivar Epagri 111 foi semelhante ao cultivar BR IRGA-409.

Na Figura 5 está o efeito dos ácidos acético e propiônico na atividade total da α -amilase considerando o período da semente (zero dia) até plântula (5 e 14 dias).

Na Figura 5 A está o efeito da α -amilase na semente. Percebe-se que houve diferença significativa entre os ácidos, pois, enquanto há estímulo causado pelo ácido acético, há inibição pelo ácido propiônico, com o incremento da concentração. Este resultado pode ser atribuído ao efeito do ácido sobre a solubilidade do amido (Figura 4 A). Segundo Bewley e Black (1994) a atividade dessa enzima é lenta na semente, aumenta na plântula aos 5 dias e decresce posteriormente aos 14 dias, entre-

tanto, no caso presente, a atividade foi semelhante na semente e aos 5 dias e decresceu aos 14 dias.

Os valores altos observados para a atividade total da α -amilase, provavelmente, sejam devidos à reativação do mRNA maduro em dormência na semente seca, que é ativado pelo processo de germinação, somado a novas sínteses da enzima que ocorrem nesse momento.

A atividade da α -amilase, sob ação de ácidos orgânicos, foi estudada por Neves e Moraes (2005) em sementes de arroz BR IRGA-410 e Epagri 111. No primeiro cultivar, nos períodos considerados, houve crescimento da atividade total da enzima com o incremento da concentração da dose; porém, essa mesma atividade decresceu no cultivar Epagri 111.

Na Figura 6 estão os efeitos dos ácidos, acético e propiônico, sobre a atividade da fosfatase ácida sobre as sementes e plântulas de arroz BR IRGA-409.

Na semente, a atividade da enzima fosfatase ácida (Figura 6A) não apresentou diferenças significativas por ação dos ácidos acético e propiônico. Percebe-se que, apenas nas concentrações 4 e 8 mL/L, é que o ácido acético estimula a atividade da fosfatase ácida mais do que o ácido propiônico. Já aos 5 dias, nas plântulas (Figura 6B), o estímulo do ácido acético, em relação ao propiônico, torna-se mais acentuado. Nas concentrações 4, 8 e 16 mL/L, do ácido propiônico, percebe-se inibição da atividade da fosfatase ácida, em relação ao controle. Nessa última

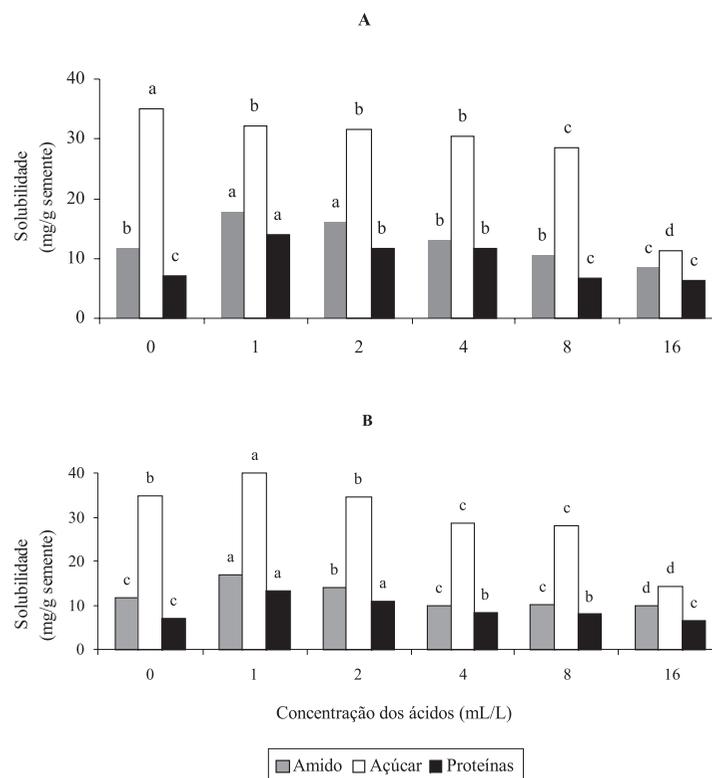


Figura 4 - Solubilidade do amido, açúcares totais e proteínas totais das sementes de arroz BR IRGA-409 submetidas à ação do ácido acético (A) e do ácido propiônico (B) nas concentrações zero, 1, 2, 4, 8 e 16 mL/L.

concentração, observa-se efeito semelhante dos dois ácidos sobre as plântulas de arroz.

Aos 14 dias, nas plântulas (Figura 6C), verifica-se que há redução da atividade da fosfatase ácida com o incremento da concentração dos ácidos. Nas concentrações 1, 2 e 4 mL/L o ácido propiônico afetou para menos a atividade da enzima, enquanto que, nessas mesmas concentrações, o ácido acético provocou efeito menos significativo em relação ao controle. Nas concentrações 8 e 16 mL/L os efeitos dos ácidos se equivalem, pois ambos reduziram a atividade da fosfatase ácida nas plântulas de arroz.

A fosfatase ácida é uma hidrolase que participa de reações de hidrólise de ésteres, podendo agir sobre os fosfolípidos de membrana, provocando a peroxidação

destes, principalmente da fosfatil colina, fosfatidil etanolamina e fosfatidil inositol. Esta enzima está envolvida na manutenção do fosfato celular, podendo sua atividade afetar o metabolismo do fosfato em sementes, como os níveis de ATP e nucleotídeos (SANTOS et al., 2004).

A fosfatase ácida foi estudada por Neves et al. (no prelo b) em sementes e plântulas de arroz Epagri 111. Esses autores verificaram que, nesse cultivar, o ácido acético não provocou variação significativa na atividade da fosfatase ácida nos períodos considerados.

Na Figura 7, estão os efeitos dos ácidos, acético e propiônico, sobre os teores de clorofila total e na área foliar de plântulas de arroz.

O teor de clorofila total e a área foliar (Figura 7 A e B) foram prejudicados com o incremento das concentra-

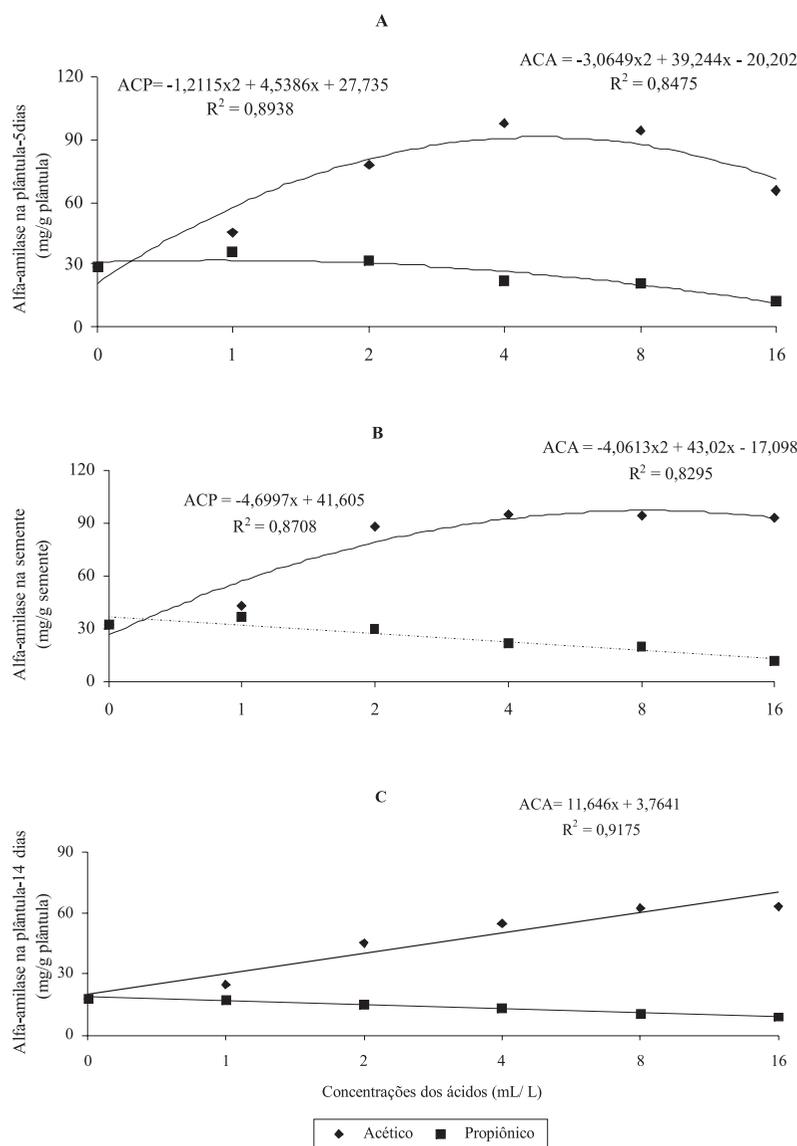


Figura 5 - α -amilase na semente (A) e nas plântulas - 5 dias (B) e 14 dias (C) de arroz BR IRGA-409 submetidas à ação de ácidos acético (ACA) e propiônico (ACP).

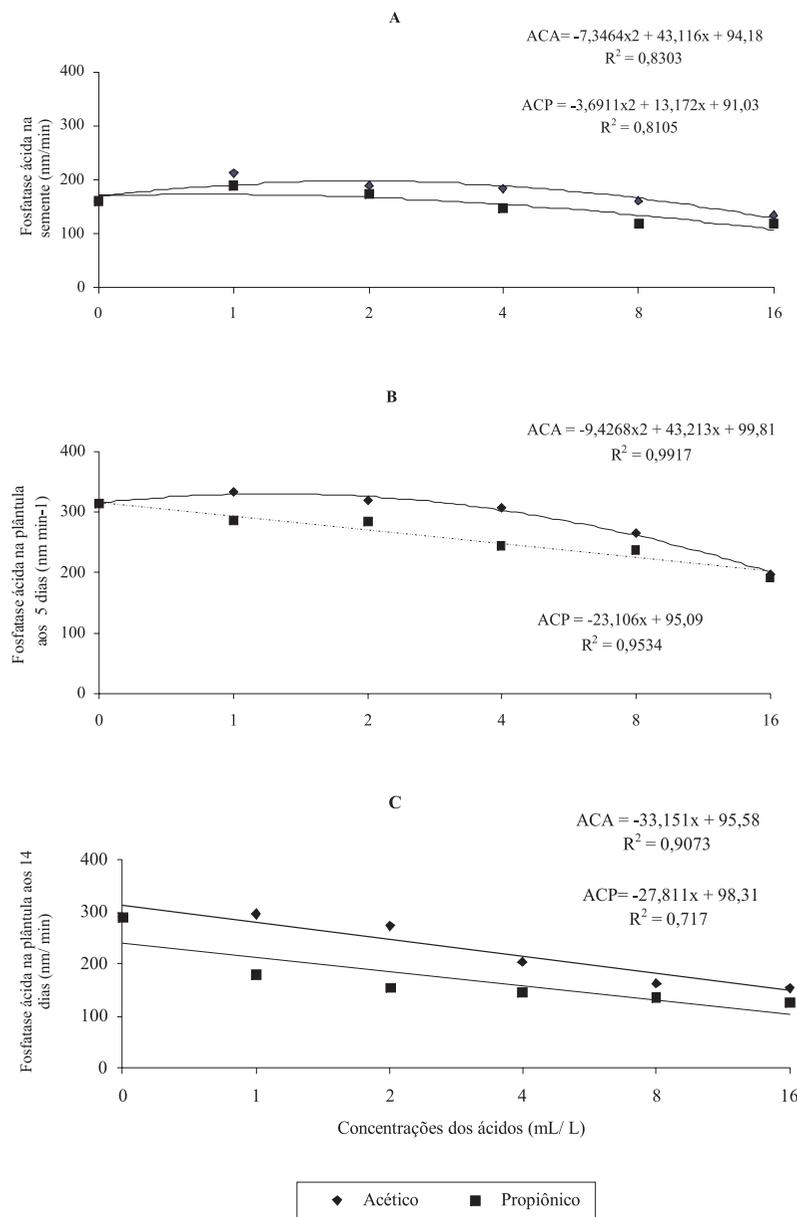


Figura 6 - Fosfatase ácida na semente (A) e nas plântulas – 5 dias (B) e 14 dias (C) de arroz BR IRGA-409 submetidas à ação de ácidos acético (ACA) e propiônico (ACP).

ções dos ácidos, não se percebendo, praticamente, diferença entre os efeitos de ambos os ácidos.

A análise de teores de clorofila total e da área foliar de plântulas de arroz cujas sementes foram tratadas com ácidos orgânicos não tem sido ainda descrita. Por isso, para se comparar os resultados aqui obtidos, serão usados aqueles que foram verificados em plântulas submetidas a estresse salino.

O teor de clorofila total, aos 21 dias, em plântulas de arroz cv El Passo L 144 cujas sementes foram submetidas a diferentes níveis de salinidade, não foi reduzido com o aumento de sal nas soluções de embebição; entretanto, em plântulas de feijão, cv FT Nobre, cujas semen-

tes foram tratadas nas mesmas concentrações, ocorreu redução de até 50% no teor de clorofila nas concentrações de 30, 60 e 90 mM de NaCl (GALINA, 2004).

Em plântulas de arroz El Passo L 144 (GALINA, 2004) e em trigo BRS 179 (DUARTE, 2004), cujas sementes foram submetidas a estresse salino, ocorreu redução na área foliar com o aumento da concentração de NaCl na água de embebição. Em plântulas de feijão FT Nobre oriundas das sementes tratadas com as mesmas concentrações salinas, ocorreu redução acima de 50% a partir da concentração de 60 mM de NaCl. A concentração máxima de 150 mM de sal provocou forte redução da área foliar (GALINA, 2004).

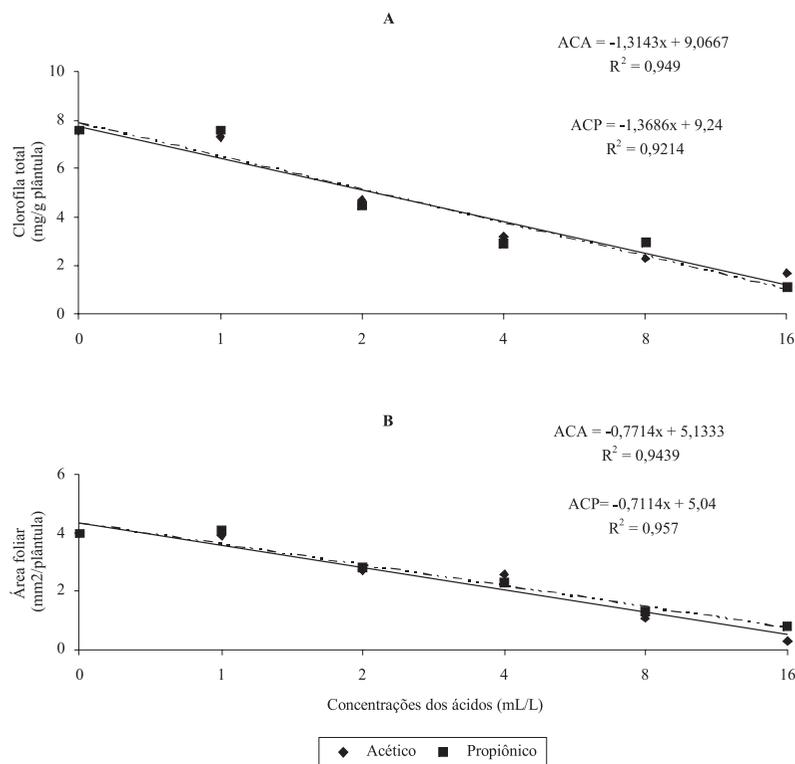


Figura 7 - Teores de clorofila total (A) e na área foliar (B) de plântulas de arroz BR IRGA-409, cujas sementes foram submetidas às concentrações zero, 1, 2, 4, 8 e 16 mL/L de ácidos acético (ACA) e propiônico (ACP).

A análise de regressão linear evidenciou que, de forma geral, o ácido acético (ACA) foi mais fitotóxico do que o ácido propiônico (ACP), em todas as análises realizadas. Na germinação, primeira contagem da germinação das sementes, no IVE, na emergência das plântulas, no teor de clorofila total e na área foliar, o efeito foi negativo e aumentou com o incremento da concentração dos ácidos. Na atividade total da α -amilase os efeitos dos ácidos também foram negativos do período de sementes (zero dia) para o de plântulas (5 e 14 dias).

Na condutividade elétrica (3 e 24 horas), os ácidos acético e propiônico mostraram efeitos semelhantes entre si. Na atividade da fosfatase ácida os efeitos também

foram crescentes do período de sementes (zero dia) para o de plântulas (5 e 14 dias) e, ainda, nesse caso, o ácido acético afetou mais do que o propiônico.

Conclusões

Os ácidos acético e propiônico afetam negativamente o vigor, o IVE e a emergência de plântulas de arroz, além da solubilidade do amido, açúcares totais e proteínas totais, o teor de clorofila total e a área foliar.

A atividade total da α -amilase decresceu do período de semente (zero dia) para o de plântula (14 dias), enquanto que a fosfatase ácida foi normal no mesmo período, pela ação de ambos os ácidos.

Referências

AGOSTINETTO, D.; FLECK, N. G.; BALBINOT, A. A. et al. Ácidos Orgânicos que se Formam durante a Decomposição da Palha no Solo Afetam os Processos de Germinação e de Crescimento Inicial das Plântulas da Cultivar de Arroz IRGA-417. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO. 2., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 894.

ARNON, D. I. Cooper Enzymes in Isolated Chloroplasts Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 24, p.1-15, 1949.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology for Development and Germination**. New York: Plenum Press. 2. ed. 1994. 445 p.

BOHENEN H.; SILVA, L. S. da; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E. Ácidos Orgânicos na Solução de um Gleissolo sob Diferentes Sistemas de Cultivo com Arroz Irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 475-480, 2005.

BRADFORD, M. M. A Rapid and Sensitive Method for the Quantification of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-dye Binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 246-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.

CAMARGO, F. A. O.; ZONTA, E.; SANTOS, G. A. et al. Aspectos

- Fisiológicos e Caracterização da Toxidez de Ácidos Orgânicos Voláteis em Plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.3, p. 523-529, 2001.
- CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; ROSSIELLO, R. O. P. et al. Produção de Ácidos Orgânicos Voláteis com Adição de Palha de Arroz em Gleis sob Condições Anaeróbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, n.3, p. 337-342, 1993.
- CHING, T. M. Biochemical Aspects of Seed vigor. **Seed Science & Technology**, Zürich, v. 1, n. 1, p.73-88, 1986.
- CLEGG, K. M. The Application of the Anthrone Reagent to the Estimation of Starch in Cereals. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 7, p. 40-44, 1956.
- DUARTE, G. L. **Qualidade Fisiológica de Sementes, Crescimento e Alterações Bioquímicas em Trigo, sob Estresse Salino**. Pelotas, 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Instituto de Biologia, UFPEL. 2004.
- GALINA, S. **Efeito da Salinidade na Qualidade Fisiológica de Sementes de Arroz (*Oryza sativa* L.) cv El Passo L 144 e de Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv FT Nobre**. Pelotas, 2004. 30 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Instituto de Biologia. UFPEL, 2004.
- GUENZI, W. D.; McCALLA, T. M.; NORSTADT, F. A. Presence and Persistence of Phytotoxic Substances in Wheat, Oat, Corn, and Sorghum Residues. **Agronomy Journal**, Madison, v. 59, n.2, p.163-165, 1967.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 nov. de 2005.
- LYNCH, J. M. Effects of Organic acids on the Germination of Seeds and Growth of Seedlings. **Plant Cell and Environment**, Logan, v. 3, p. 255-259, 1980.
- MCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; WENZ, H. S. Determination of Start an Amylase in Vegetables. **Analytical Chemistry**, Washington, n. 22, p.1156-1158, 1950.
- NEVES, L. A. S. das; MORAES, D. M.; ABREU, C. M. et al. Influência do Ácido Acético na Qualidade Fisiológica de Sementes de Arroz. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, (no prelo a).
- _____. ; _____. ; LOPES, N. F. et al. Análise da Ação Fisiológica do Ácido Acético sobre a Condutividade Elétrica e sobre os Componentes Bioquímicos em Sementes de Arroz. **Revista Científica Rural**, Bagé, (no prelo b)
- _____. ; _____. ; Análise do Vigor e da Atividade da Alfa-amilase em Sementes de Cultivares de Arroz Submetidas a Diferentes Tratamentos com Ácido Acético. **Revista de Ciências Agrovetenárias**, Lages, v. 4, n.1, p. 35-43, 2005.
- PATRICK, Z. A. Phytotoxic Substances Associated with the Decomposition in Soil of Plants Residues. **Soil Science**, Madison, USA, v. 3, n.1, p. 13-18, 1971.
- PONNAMPERUMA, F. N. The Chemistry of Submerged Soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 24, p. 29-96, 1972.
- SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Alterações Fisiológicas e Bioquímicas em Sementes de Feijão Envelhecidas Artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n.1, p.110-119, 2004.
- SOUSA, R. O. **Oxirredução em Solos Alagados Afetado por Resíduos Vegetais**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 164 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, UFRGS. 2001.
- _____. ; BORTOLON, L. Crescimento Radicular e da Parte Aérea do Arroz (*Oryza sativa* L.) e Absorção de Nutrientes em Solução Nutritiva com Diferentes Concentrações de Ácido Acético. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 8, n.3, p. 231-235, 2002.
- VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de Vigor de Sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.