

DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE TRIGO SUBMETIDAS A ÁCIDOS ORGÂNICOS

PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE OF WHEAT SEEDS SUBMITTED ORGANICS ACIDS

**Luiz Augusto Salles das Neves¹, Clairomar Emílio Flores Hoffmann²,
Leonardo Schaedler³, Cristiane Freitas Bastos⁴**

¹ Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Dep. de Agronomia.
E-mail: snaugusto@gmail.com

² UFSM. Dep. de Agronomia. E-mail: clairofh@gmail.com

³ UFSM. Dep. de Agronomia. E-mail: leoschaedler@gmail.com

⁴ UFSM. Dep. de Agronomia. E-mail: cricri.bastos@gmail.com

Recebido para publicação em: 20/07/2007

Aceito para publicação em: 01/12/2009

RESUMO

Resíduos vegetais em decomposição em terras baixas produzem ácidos orgânicos – tais como os ácidos acético, propiônico, butírico, vanílico, fórmico – que afetam a germinação e o desenvolvimento das plântulas. O objetivo deste trabalho foi analisar e descrever os efeitos dos ácidos acético e propiônico, separadamente, nas concentrações 0 (testemunha); 0,017; 0,034; 0,068; 0,102; 0,136; 0,17; 0,204; 0,238 e 0,272 na qualidade fisiológica de sementes e no crescimento de plântulas de trigo EMBRAPA 16, adaptada para semeadura em várzeas, onde o problema dos ácidos orgânicos é maior. A germinação, a primeira contagem da germinação, o índice de velocidade de germinação, o índice de velocidade de emergência, a emergência e o teor de clorofila total foram afetados negativamente com o crescimento da concentração de ambos os ácidos, acético e propiônico. A condutividade elétrica foi crescente com o aumento na concentração dos ácidos. Os ácidos acético e propiônico provocaram leve incremento no comprimento da parte aérea e na biomassa da parte aérea até a concentração de 0,068 mM, enquanto que o comprimento da raiz apresentou esse incremento até a concentração citada somente por ação do ácido propiônico. Nas concentrações maiores ($\geq 0,068$ mM) houve decréscimo. A biomassa seca da raiz decresceu com o incremento das concentrações dos dois ácidos. O teor da clorofila total demonstrou redução com o aumento da concentração de ambos os ácidos. A área foliar teve estímulo nas concentrações até 0,068 mM, decrescendo nas demais concentrações, sendo que o ácido propiônico provocou decréscimo a partir da concentração de 0,034 mM. De forma geral, os ácidos acético e propiônico prejudicaram a qualidade fisiológica das sementes de trigo EMBRAPA 16.

Palavras-chave: Ácido acético. Ácido propiônico. *Triticum aestivum*. Viabilidade.

ABSTRACT

Plant residues in anaerobic decomposition in lowlands produce organic acid, such as: acetic, propionic, butyric, formic, vanilic acids, that affect the establishment of seedlings. The objective of this work was to evaluate and described the effects of acetic and propionic acids, separately, in concentrations 0 (test.); 0,017; 0,034; 0,068; 0,102; 0,136; 0,17; 0,204; 0,238 e 0,272 on the physiological quality of seeds and growth of seedlings of the wheat EMBRAPA 16, adapted by farming of lowlands, when the problem of production the organic acids is major. The germination, first counting of the germination, of germination speed index, emergency speed index, the emergency and total chlorophyll had been affected negatively with increase of concentration of both acids acetic and the propionic. The electric conductivity was increasing with the increment of the concentration of acid ones. The acetic and propionic acids caused slight increase in shoot length and shoot biomass to the concentration of 0.068 mM, while the root length showed this increase to the concentration mentioned only by action of propionic acid. At higher concentrations (≥ 0.068 mM) were decreased. The root dry weight decreased with increasing concentrations of these acids. The content of total chlorophyll showed a reduction with increasing concentration of both acids. Leaf area was the stimulus to 0.068 mM concentrations, but decreased in the other concentrations, and the propionic acid resulted from the decreased concentration of 0.034 mM. Overall acids acetic and propionic undermined the quality of the seeds of wheat EMBRAPA 16.

Keywords: Acetic acid. Propionic acid. *Triticum aestivum*. Viability.

1. INTRODUÇÃO

O cultivo do trigo, atualmente, segue os padrões do binômio trigo-soja e milho-trigo, que fora implantado como uma forma do constante uso da capacidade do solo. Entretanto, o desgaste do solo foi intenso, até que na década de 1980 a manutenção dos restos culturais permitiu que houvesse a proteção do solo e o revigoramento da matéria orgânica. Juntamente com essa tecnologia para terras altas, a pesquisa avançou no sentido de semear trigo em terras baixas. Para tanto, a cultivar EMBRAPA 16 foi indicada com preferência para essa finalidade (CNPT, 2006). Com isso, os agropecuaristas teriam alternativa para o uso da terra no inverno, pois, comumente, é semeado azevém como pastagem sobre a resteva do arroz, para alimentação do gado.

Entretanto, a semeadura direta em solo de pouca drenagem, ou a incorporação dos resíduos vegetais antes da semeadura, leva à decomposição de material

orgânico de forma anaeróbia e, por consequência, à produção de substâncias fitotóxicas, que podem exercer efeitos negativos, restringindo a germinação e o estabelecimento de plântulas (HARPER; LYNCH, 1981; CAMARGO et al., 2001).

Efeitos negativos de fitotoxinas, derivadas da decomposição anaeróbia da palha de trigo e aplicadas sobre sementes de trigo cv Gabo e Kondut, na forma de extratos aquosos, foram demonstrados por Kimber (1967) e por Lynch (1978). Entre esses efeitos, Lynch (1978) verificou a redução do crescimento de raízes de plântulas de *Hordeum vulgare* L. e de rizomas de *Agropirum repens* L.

Dentre as fitotoxinas produzidas na decomposição anaeróbia de resíduos culturais no solo estão os ácidos orgânicos voláteis (AOV), especialmente os alifáticos de cadeia curta, como o acético, o propiônico, o butírico, o fórmico e o vanílico (LYNCH, 1980; BOHNEN et al., 2005), sendo que o tipo e a quantidade desses ácidos, no processo, dependem da

quantidade e qualidade do resíduo vegetal, da característica fermentativa da microbiota e das condições predominantes no solo. Camargo et al. (2001) relatam que 100 mg/kg de palha do trigo em decomposição produzem cerca de 14,45 mM de ácido acético, 1,56 mM de ácido propiônico e 0,1mM de ácido butírico, enquanto que a resteva do arroz, na mesma quantidade, sobre a qual seria semeado o trigo, produz cerca de 14 mM de ácido acético, 1,3 mM de ácido propiônico e 4,8 mM de ácido butírico, em solos com temperatura normal para semeadura.

O ácido acético é o principal AOV produzido na decomposição anaeróbica de resíduos vegetais (LYNCH, 1976). Por essa razão, é o mais estudado na análise de seus efeitos sobre a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas. Pela ação desse ácido verificou-se redução de 23% na taxa de germinação de sementes de cevada (LYNCH, 1980) e de 39% em arroz (NEVES, 2005; NEVES e MORAES, 2005).

A fitotoxicidade do ácido acético não afeta negativamente apenas a germinação, mas também o alongamento das raízes e da parte aérea das plântulas. Em arroz, foi verificado redução de 51% do alongamento das raízes e de 53% da parte aérea pela ação do ácido acético em cultura de tecidos (CAMARGO et al., 1993a). Em milho (KROGMEIER; BREMNER, 1990), trigo (LYNCH, 1978; WALLACE; WHITEHAND, 1980), aveia (LYNCH, 1978) e trevo (LYNCH, 1980) também foram observadas reduções no alongamento sistema radicular.

Com base nessas informações, o objetivo do presente trabalho foi estudar os efeitos dos ácidos acético e propiônico na qualidade fisiológica de sementes de trigo EMBRAPA 16.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fisiologia de Sementes e em Casa de Vegetação, do Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Pelotas. Foi utilizada a metodologia descrita por Neves (2005): as sementes de trigo do cultivar EMBRAPA 16 foram embebidas previamente por 60 minutos em soluções de ácido acético e em ácido propiônico, separadamente, nas concentrações 0 (testemunha); 0,017; 0,034; 0,068; 0,136 e

0,272 mM. O delineamento utilizado para todos os testes e para cada ácido foi o totalmente casualizado em quatro repetições por tratamento. As médias foram submetidas ao teste Tukey a 5% e após a análise de regressão, usando-se o programa estatístico Statigraf 6.0 do Departamento de Estatística e Matemática da Universidade Federal de Santa Maria. Os dados em porcentagem foram previamente transformados pela fórmula: $x = \arcsin (X/100)^{1/2}$.

Testes da qualidade fisiológica de sementes

Foram aplicados os seguintes testes para avaliar a qualidade fisiológica das sementes de trigo cv EMBRAPA 16:

Teste de germinação (TG) – foi conduzido com 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). Essas sementes foram enroladas e colocadas em sacos plásticos escuros, vedados, e postas em câmara BOD na temperatura de 25°C. A leitura foi realizada 8 dias após a semeadura e os valores foram expressos em porcentagem de germinação.

Primeira contagem da germinação (PCG) – realizado conjuntamente com o teste de germinação aos 5 dias após semeadura. Os valores foram expressos em porcentagem de sementes com a raiz protusa.

Índice de velocidade de germinação (IVG) – também foi realizado junto com o teste de germinação. As observações foram feitas diariamente e anotado o número de sementes germinadas durante 14 dias, até que esse número permanecesse constante. Os valores foram lidos e colocados na seguinte fórmula: $IVG = (G_1 - G_0)/N_1 + (G_2 - G_1)/N_2 + \dots + (G_n - G_{n-1})/N_n$; onde G_0 é a contagem das sementes germinadas no primeiro dia, G_1 no segundo dia, ..., G_n no enésimo dia, N_1 é o primeiro dia após semeadura, N_2 o segundo dia, ..., N_n o enésimo dia.

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. A semeadura foi realizada manualmente, à profundidade de aproximadamente três centímetros, e as sementes foram umedecidas com frequência. As observações seguiram a mesma metodologia do índice de velocidade de germinação.

Emergência de plântulas em casa de vegetação (E) – este teste foi instalado de forma idêntica ao índice de velocidade de emergência com apenas uma contagem aos 21 dias após semeadura, e os resultados foram expressos em porcentagem de emergência das plântulas.

Condutividade elétrica (CE) – neste teste, a condutividade elétrica foi determinada após 24 horas de incubação, utilizando-se 100 sementes divididas em quatro repetições de 25 sementes por tratamento, as quais foram colocadas em recipientes de vidro com 80 ml de água deionizada. As sementes foram mantidas em germinador com temperatura constante de 25°C, após o pré-tratamento com os ácidos acético e propiônico. A leitura da condutividade elétrica foi realizada em condutivímetro de bancada Digimed CD 21. As leituras foram transformadas pela seguinte fórmula: $CE = (\text{leitura no condutivímetro} - \text{leitura da água deionizada}) / \text{peso seco das sementes}$. Os resultados foram expressos em $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$.

Determinação do comprimento e da biomassa seca da parte aérea e da raiz – essa determinação, relativa às plântulas, ocorreu no teste de emergência de plântulas, aos 21 dias. Em 10 plântulas por repetição, por tratamento, procedeu-se a separação da parte aérea das raízes e logo foi efetuada a sua medida. Os resultados foram expressos em centímetros. Após, as partes das plântulas (parte aérea e raiz) foram colocadas em sacos de papel devidamente etiquetados e levados para estufa a 70°C, até peso constante, sendo então pesadas para obter a biomassa seca. Os resultados foram expressos em g plântula⁻¹.

Determinação do teor de clorofila total – para a determinação da clorofila total usou-se 0,5 g da parte aérea, por repetição, por tratamento, das plântulas coletadas aos 21 dias e macerou-se em almofariz com 20 ml de etanol 80%, no escuro. Após centrifugou-se a 3.000 rpm por 10 minutos, coletou-se o sobrenadante em tubos de ensaio e armazenou-se na geladeira até o fim da coleta de todos os tratamentos. Após todas as coletas realizou-se a leitura em espectrofotômetro marca E – 225D no comprimento de onda de 662 nm para clorofila **a** e a 644 nm para a clorofila **b**. As leituras foram transformadas pelas seguintes fórmulas: $Cl\ a = [(9,78 \cdot \text{leitura a } 622) - (0,99 \cdot \text{leitura a } 644)] \cdot 0,25$ e $Cl\ b = [(21,4 \cdot \text{leitura a } 644) - (4,65 \cdot \text{leitura a } 622)] \cdot 0,25$. Os resultados de cada fórmula foram somados para

resultar a clorofila total e foram expressos em mg Cl g peso fresco⁻¹.

Determinação da área foliar – realizada aos 21 dias após a instalação do teste de emergência de sementes de arroz. Foram coletadas 10 plântulas por repetição, por tratamento, e a parte aérea foi passada pelo medidor de área foliar da marca Li-Cor, modelo 3000. Os resultados foram expressos em mm² plântula⁻¹.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 mostra o quadrado médio dos tratamentos, o teste F e o coeficiente de variação dos testes utilizados no presente trabalho. Nota-se que em todos eles houve significância, demonstrando que, nas concentrações utilizadas, tanto o ácido acético como o propiônico causaram algum efeito significativo.

Tabela 1 – Quadrado médio dos tratamentos, teste F e coeficiente de variação dos efeitos dos ácidos acético e propiônico em trigo, cv EMBRAPA 16, cujas sementes foram submetidas às concentrações zero, 0,017; 0,034; 0,068; 0,136 e 0,272 mM

Testes	QM _i	F	Continua
			CV (%)
Ácido acético			
Primeira contagem da germinação	1342,30	12,10	2,50
Germinação	981,68	22,05*	2,50
IVG	118,94	11,32*	6,90
Condutividade elétrica	64,55	16,52*	9,50
IVE	15,40	6,77*	3,80
Emergência	312,12	12,65*	4,90
Comp. parte aérea	223,46	96,24*	11,80
Comp. raiz	422,30	19,50*	14,50
Biomassa seca parte aérea	25,71	19,46*	10,12
Biomassa seca da raiz	12,35	7,38*	9,91
Clorofila total	269,36	61,80*	7,80
Área foliar	431,65	25,81*	5,80
Ácido propiônico			
Primeira contagem da germinação	2734,21	26,08*	6,70

Germinação	764,18	17,43*	4,30
IVG	216,22	12,67*	6,70
Condutividade elétrica	94,21	15,47*	10,0
IVE	12,98	8,92*	5,40
Emergência	730,67	7,98*	3,30
Comp. parte aérea	1165,32	57,61*	14,0
Comp. raiz	658,91	7,02*	12,50
Biomassa seca parte aérea	19,43	20,41*	11,0
Biomassa seca da raiz	21,28	7,54*	12,6
Clorofila total	336,91	57,89*	8,30
Área foliar	529,49	46,15*	4,00
			Conclusão

*Significativo a 5%.

A primeira contagem da germinação (PCG), realizada aos 5 dias após semeadura das sementes tratadas com ácido acético, variou de 94% a 10%,

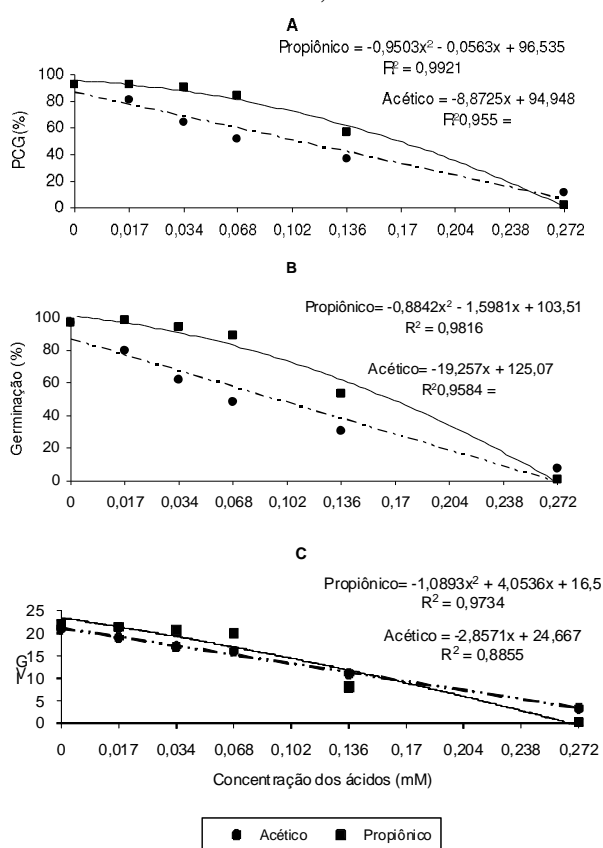


Figura 1 – Efeito das concentrações (zero; 0,017; 0,034; 0,068; 0,136 e 0,272 mM) dos ácidos, acético e propiônico, sobre a primeira contagem da germinação (PCG%) (A), germinação (G%) (B) e índice de velocidade de germinação (IVG), em sementes de trigo EMBRAPA 16.

sendo que as submetidas ao ácido propiônico variaram de 94% a 1% (Figura 1A).

A porcentagem de germinação (G) de sementes de trigo do cultivar EMBRAPA 16 submetidas a tratamentos com ácido acético variou de 96% a 13%, enquanto que as que foram tratadas com ácido propiônico variaram entre 96% a 3%. Em ambos os testes o aumento da concentração dos ácidos causou decréscimo na germinação (Figura 1B). O efeito do ácido propiônico ajustou-se a uma curva de regressão quadrática, demonstrando que as concentrações menores (0,017; 0,034 e 0,068 mM) não apresentaram significância em relação ao controle, enquanto que nas maiores concentrações (0,136 e 0,272 mM) houve diferença significativa na germinação. O efeito do ácido acético ajustou-se a uma curva de regressão linear, demonstrando que houve decréscimo com o incremento da concentração do ácido.

O índice de velocidade de germinação (IVG) decresceu com o incremento das doses de ambos os ácidos, acético e propiônico, entretanto seus efeitos foram semelhantes aos da germinação. Na dose de 0,272 mM houve drástica redução, quando as sementes foram tratadas com o ácido acético, porém quando submetidas à ação do ácido propiônico a redução mais acentuada foi a partir da dose de 0,136 mM (Figura 1C). Entretanto, pode-se perceber que apesar de os efeitos se ajustarem a curvas de regressão diferentes, os valores do IVG de ambos os ácidos confundem-se nas concentrações menores ($\leq 0,068$ mM). Somente nas concentrações maiores ($\geq 0,068$ mM) é que se observam valores diferenciados.

Reduções na PCG e na G em sementes de arroz tratadas com ácido acético nas mesmas concentrações aqui utilizadas, foram verificadas nas cultivares Epagri 111 (NEVES et al., 2006), BR IRGA-409 (NEVES, 2005) e BR IRGA-410 (NEVES e MORAES, 2005). Já o IVG em arroz cujas sementes foram submetidas ao ácido butírico apresentou leve atraso até o quinto dia de observação na cultivar BRS – Pelota (CONCENÇÃO et al., 2005).

Na incubação da palha do trigo foi verificada a presença de ácidos orgânicos, como os ácidos acético, propiônico e butírico, em grandes quantidades (WALLACE; ELLIOT, 1979). Resultados semelhantes já haviam sido encontrados por Lynch (1978), quando verificou a presença do ácido acético em incubação de resíduos vegetais de trigo, cevada,

aveia e nabo.

A liberação de exsudatos, medidos pela condutividade elétrica (CE) nas sementes de trigo EMBRAPA 16, foi crescente com o incremento da concentração dos ácidos. Não houve diferença significativa entre os ácidos acético e propiônico, pois ambos provocaram efeitos nas mesmas proporções e ajustaram-se em curvas de regressão linear (Figura 2).

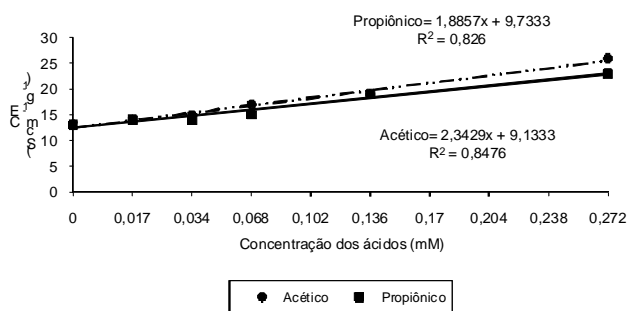


Figura 2 – Efeito das concentrações (zero; 0,017; 0,034; 0,068; 0,136 e 0,272 mM) dos ácidos, acético e propiônico sobre a condutividade elétrica (CE), em sementes de trigo EMBRAPA 16.

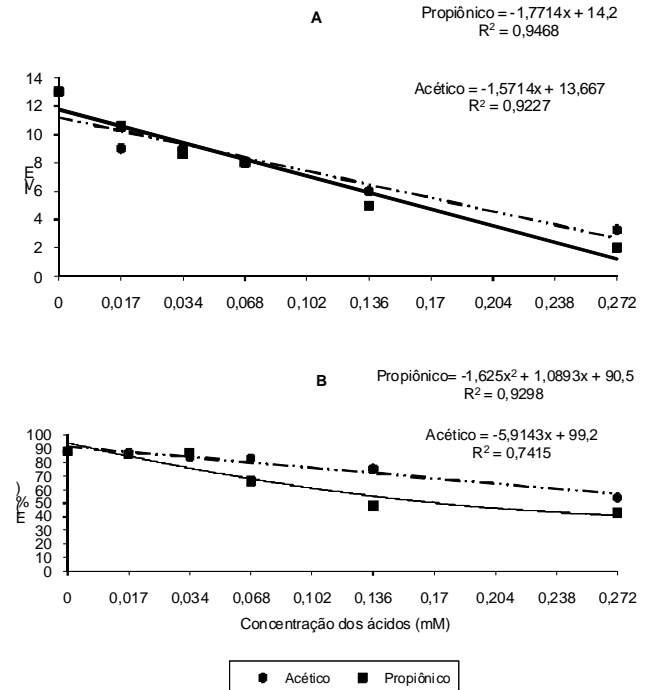
Comparando a CE (Figura 2) e a G (Figura 1B), percebe-se que com o aumento da liberação de eletrólitos houve redução da germinação, provocada pelo ácido acético; entretanto, para o ácido propiônico esta observação somente é válida nas concentrações maiores ($\geq 0,136$ mM). Esses dados são respaldados pela observação de Sampaio et al. (1995), Vieira e Kryzanowski (1999) e por Braccini et al. (2001). Esses autores relatam que a perda da integridade das membranas, durante o processo de embebição em água, promove perda de compostos orgânicos, assim como íons inorgânicos, entre eles cálcio, magnésio e potássio, reduzindo, com isso, a germinação.

Respalhando os dados aqui obtidos com trigo, observam-se resultados semelhantes em arroz Epagri 111 e BR-IRGA 410, nos quais a CE foi crescente com o incremento da concentração do ácido acético (NEVES; MORAES, 2005).

O índice de velocidade de emergência (IVE) foi reduzido com o aumento das concentrações dos ácidos acético e propiônico (Figura 3A). A emergência (E) apresentou redução com o incremento das concentrações dos ácidos acético e

propiônico (Figura 3B), sendo que o ácido propiônico, a partir da concentração de 0,068 mM, mostrou-se mais fitotóxico, tendo seus efeitos ajustados a uma curva de regressão quadrática, enquanto que os efeitos do ácido acético ajustaram-se à regressão linear.

Figura 3 – Efeito das concentrações (zero; 0,017; 0,034; 0,068; 0,136 e 0,272 mM) dos ácidos, acético



e propiônico sobre o índice de velocidade de emergência (IVE) (A), e a emergência (E) (B), em sementes de trigo EMBRAPA 16.

Reduções na emergência de plântulas de cevada com o aumento da concentração do ácido acético foram verificadas por Lynch (1980) na ordem de 23%, enquanto que Kimber (1967), utilizando extratos de resíduos vegetais de trigo sobre sementes de duas diferentes cultivares de trigo, verificou redução na emergência de plântulas na ordem de 13% na cultivar Gabo e de 9% na Kondut, aos 21 dias após semeadura.

Já em arroz, reduções no IVE e na E foram observadas na cultivar Epagri 111 (NEVES et al., 2006) e na cultivar BR IRGA-409 (NEVES, 2005), quando as sementes foram tratadas com ácido acético, nas mesmas concentrações aqui utilizadas. Nessa última cultivar, o efeito mais fitotóxico foi causado mais pelo ácido acético do que pelo propiônico.

No alongamento da parte aérea e da raiz, os

ácidos acético e propiônico produziram um efeito polinomial (Figura 4). Na parte aérea (Figura 4A), o efeito de ambos os ácidos foi o de alongar o crescimento, acima do controle, até a concentração de 0,068 mM, sendo que, a partir desse ponto, houve redução com o incremento na concentração dos ácidos. Os efeitos de ambos os ácidos foram semelhantes.

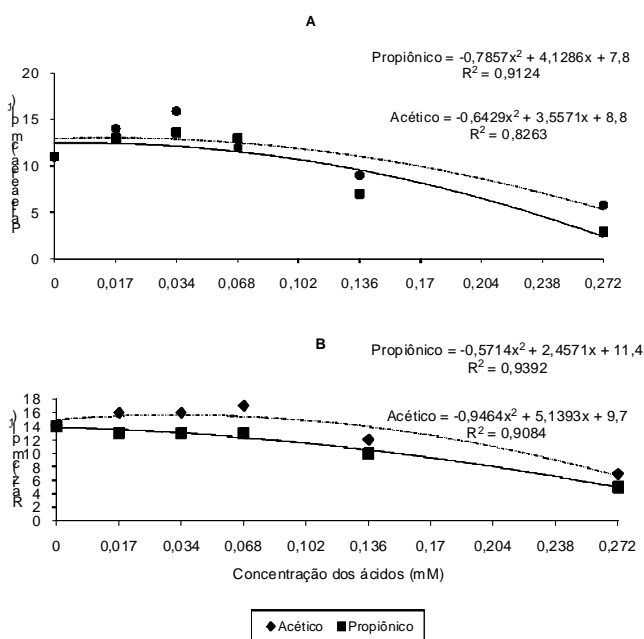


Figura 4 – Efeito das concentrações (zero; 0,017; 0,034; 0,068; 0,136 e 0,272 mM) dos ácidos acético e propiônico sobre o comprimento da parte aérea (A) e da raiz (B), de plântulas de trigo EMBRAPA 16, aos 21 dias.

No caso da raiz (Figura 4B), o efeito do ácido acético foi o de incrementar o alongamento até a concentração de 0,068 mM. A partir de então houve redução do comprimento raiz das plântulas de trigo EMBRAPA 16. Entretanto, o efeito do ácido propiônico foi diferenciado, pois somente houve inibição nas concentrações maiores ($\geq 0,136$ mM).

Em trigo, não há descrições dos efeitos dos ácidos orgânicos sobre o crescimento da parte aérea e das raízes. Em vista disso, serão usadas referências de arroz, para comparar os dados aqui obtidos. Neves (2005), analisando os efeitos dos mesmos ácidos, nas mesmas concentrações aqui utilizadas, verificou que tanto a parte aérea como as raízes foram estimuladas nas concentrações menores ($\leq 0,034$ mM) para decrescer com o incremento das concentrações dos ácidos. Da mesma forma, Souza e Bortolon (2002),

quando cultivaram plântulas de arroz BRS-7 Taim em meio de cultura contendo ácido acético, verificaram que houve redução no comprimento da raiz e da parte aérea aos 13 dias, após o início do experimento. Por sua vez, Camargo et al. (1993 a) descreveram resultados semelhantes, pois doses do ácido acético afetaram o comprimento da parte aérea, reduzindo-a em 53%, o mesmo ocorrendo com o comprimento da raiz, demonstrando, com isso, um efeito fitotóxico dos ácidos orgânicos.

Os efeitos dos ácidos acético e propiônico sobre a biomassa seca da parte aérea das plântulas de trigo ajustaram-se a um modelo de regressão quadrática no qual as concentrações menores ($\leq 0,068$ mM) provocaram estímulos acima do controle (Figura 5A). Todavia, pode-se perceber que nas concentrações maiores ($\geq 0,136$ mM) o efeito foi semelhante ao controle, pela ação do ácido acético. Pela ação do ácido propiônico o efeito das doses maiores ($\geq 0,0136$ mM) foi semelhante ao controle. O efeito desses mesmos ácidos na biomassa seca da raiz (Figura 5B) ajustou-se a uma regressão linear, de forma que o incremento da concentração dos ácidos reduziu a biomassa seca da raiz.

Os efeitos de ambos os ácidos sobre a biomassa seca da parte aérea e da raiz estão demonstrados na Figura 5. Para a parte aérea (Figura 5A), observa-se que os efeitos ajustaram-se a curvas de regressão quadrática; entretanto, para a raiz (Figura 5B) os efeitos de ambos os ácidos ajustaram-se a curvas de regressão linear, demonstrando que com o aumento da concentração dos ácidos houve redução no comprimento da raiz.

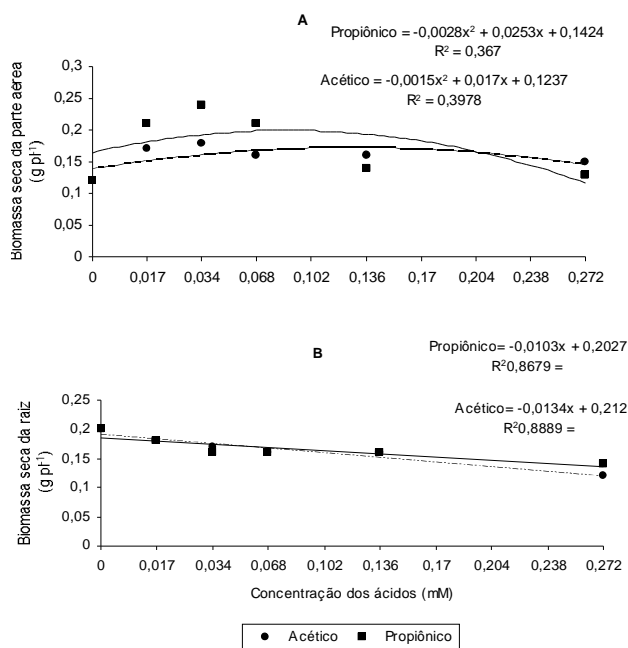


Figura 5 – Efeito das concentrações (zero; 0,017; 0,034; 0,068; 0,136 e 0,272 mM) dos ácidos, acético e propiônico sobre a biomassa seca da parte aérea (A) e da raiz (B), de plantas de trigo EMBRAPA 16, aos 21 dias.

Igualmente ao arroz, o trigo EMBRAPA 16 mostrou sensibilidade para o comprimento e biomassa seca da raiz das plântulas, por ação dos ácidos orgânicos. Da mesma forma, Camargo et al. (1993 a) e Souza e Bortolon (2002) observaram efeitos semelhantes dos ácidos orgânicos em plântulas de arroz cultivadas em meios de cultura suplementados com ácidos acético e propiônico.

Em arroz, na cultivar Epagri 111, foi observado que a matéria seca, tanto da raiz como da parte aérea, cresceu com o incremento dos ácidos acético e propiônico, nas mesmas concentrações aqui estudadas (NEVES et al., 2006). Já na cultivar BR IRGA-409 houve redução significativa da biomassa seca com o incremento das concentrações, evidenciando efeito fitotóxico diferenciado em relação às cultivares, desses mesmos ácidos (NEVES, 2005; CAMARGO et al., 1993b).

Estímulos no aumento da matéria seca da parte aérea de milho e soja foram observados por Bhowmik e Doll (1982), quando houve a utilização de extratos aquosos que continham resíduos vegetais de centeio, cevada e trigo, que foram, separadamente, adicionados ao solo, em vasos, em casa de vegetação. Todavia, nas concentrações maiores os autores

verificaram reduções na biomassa seca das raízes, na ordem de 35%.

Os efeitos do ácido acético sobre o teor de clorofila total ajustaram-se a uma curva de regressão quadrática, apesar de ter havido redução com o incremento da concentração do ácido (Figura 6A). Todas as concentrações mostraram efeitos abaixo do controle. Para o ácido propiônico, o efeito ajustou-se à regressão linear em que houve redução do teor de clorofila total com o aumento na concentração do ácido. Nas concentrações acima de 0,068 mM, de ambos os ácidos, os efeitos são semelhantes entre si. Para a área foliar (Figura 6B), o efeito do ácido acético ajustou-se a uma curva quadrática com aumento até a concentração de 0,068 mM, a partir da qual houve redução da área foliar, sendo que na concentração de 0,272 mM o efeito não diferiu do controle. Já para o ácido propiônico o efeito foi linear com o crescimento da concentração do ácido, demonstrando maior fitotoxicidade sobre as plântulas de trigo EMBRAPA 16 (Figura 6B).

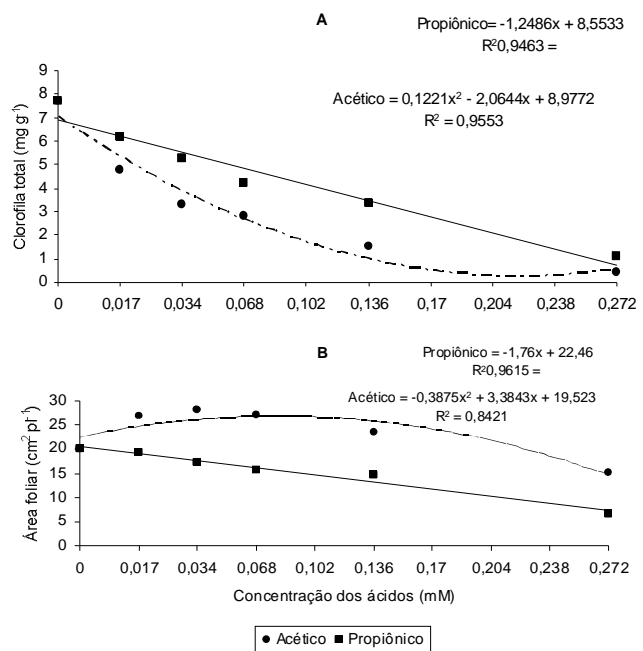


Figura 6 – Efeito das concentrações (zero; 0,017; 0,034; 0,068; 0,136 e 0,272 mM) dos ácidos, acético e propiônico sobre o teor de clorofila total (A) e sobre a área foliar (B) de plântulas de trigo EMBRAPA 16.

Efeitos dos ácidos orgânicos sobre o teor de clorofila e área foliar em trigo não foram ainda descritos. Entretanto em arroz, nas cultivares Epagri 111

e BR IRGA-409, foi verificado que o teor de clorofila total e a área foliar decresceram linearmente com o incremento da dose dos mesmos ácidos, e nas mesmas concentrações aqui utilizadas (NEVES, 2005; NEVES et al., 2006). Presume-se que tanto em trigo como em arroz o decréscimo do teor de clorofila assemelha-se principalmente à degradação da clorofila em plantas submetidas à salinização, a qual, segundo Sharma e Hall (1991), se deve a ação da enzima clorofilase que degrada a clorofila. Relatam esses últimos autores que a molécula de sódio (Na^+) em dissolução é capaz de competir com a molécula de magnésio (Mg^+) na formação da clorofila. Por isso, quando as plantas são submetidas a estresse salino nas concentrações mais altas, há decréscimo significativo das clorofilas *a* e *b*.

No trabalho ora apresentado também se observou redução dos teores das clorofilas com o aumento da concentração dos ácidos utilizados. Dessa forma se pode, portanto, levantar a hipótese de que moléculas dos ácidos acético e propiônico interferem no processo de síntese das clorofilas, reduzindo significativamente o seu teor na matéria verde. Por outro lado, pode-se presumir também que tenha havido redução da clorofila e da área foliar devido ao fato de que os AOV, no solo, interferem na absorção de nutrientes, principalmente em pH baixo (CAMARGO et al., 2001).

4. CONCLUSÕES

Os ácidos acético e propiônico afetam negativamente a primeira contagem da germinação, a germinação, o índice de velocidade de germinação, o índice de velocidade de emergência e a emergência.

A condutividade elétrica aumenta com o incremento das concentrações de ambos os ácidos. O comprimento da parte aérea e da raiz e a biomassa da parte aérea sofrem estímulo até a concentração de 0,068 mM e após inibição com incremento na concentração dos ácidos.

A biomassa seca da raiz decresce com o incremento da concentração dos ácidos. Já o teor de clorofila total decresce com o aumento da concentração dos ácidos.

A área foliar é incrementada pela ação do ácido acético até a concentração de 0,136 mM e iguala-se

ao controle na concentração de 0,272 mM. O ácido propiônico inibe a área foliar com o aumento da concentração do ácido.

REFERÊNCIAS

- BHOWMIK, P. C.; DOLL, J. D. Corn and soybean response to allelopathic effects of weed and crop residues. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.601-606, 1982.
- BOHNEN, H.; SILVA, L. S.; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E. Ácidos orgânicos na solução de um gleissolo sob diferentes sistemas de cultivo com arroz irrigado. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p.475-480, 2005.
- BRACCINI, A. L.; BRACCINI, M. C. L.; SCAPIM, C. A. Mecanismos de deterioração das sementes: aspectos bioquímicos e fisiológicos. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.11, n.1, p.10-15, 2001.
- 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. Efeito dos ácidos acético e butírico sobre o crescimento de plântulas de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.9, p.1011-1018, 1993a.
- 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 glei sob condições anaeróbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.17, n.3, p.337-342, 1993b.
- CNPT – Centro Nacional de Pesquisa do Trigo. **Cultura do trigo**. Cultivar EMBRAPA 16. Disponível em http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/cultivares/c_tr16.htm Acesso em: 12 jan. 2006.
- CONÇENÇO, G. Ácido butírico e a redução na germinação e no desenvolvimento inicial da cultivar de arroz BRS-Pelota em condições controladas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 4, 2005, Santa Maria, **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Arroz Irrigado, 2005. v.2, p.413.
- HARPER, S. H.; LYNCH, J. M. The chemical components and decomposition of wheat straw leaves, internodes and nodes. **Journal of Science of Food and Agriculture**, Baltimore, v.32, p.1057-1062, 1981.
- KIMBER, R. W. Phytotoxicity from plant residues. I. The influence of rotted wheat straw on seedling growth. **Australian Journal of Agriculture Research**, Collingwood, v.18, p.361-374, 1967.

KROGMEIER, M. J.; BREMNER, J. M. Effects of aliphatic acids on seed germination and seedling growth in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.21, n7 e 8, p.547-555, 1990.

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.

_____. **Production and phytotoxicity of acetic acid in anaerobic soil containing plant residues**. Soil Biology and Biochemistry, Quesland, v.10, n.2, p.131-135, 1978.

_____. Products of soil microorganisms in relation to plant growth. **CRC-Critical Review in Microbiology**, New York, v.5, p.67-107, 1976.

NEVES, L. A. S. **Efeito dos ácidos acético e propiônico sobre a qualidade de sementes e o crescimento de plântulas de arroz (cv BRIRGA-409)**. 2005. 56p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

NEVES, L. A. S.; MORAES, D. M.; ABREU, C. M.; FERREIRA, L.; DEUNER, S. Influência do ácido acético na qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Agrociências**. Pelotas, v.12, n.4, p.435-442, 2006.

NEVES, L. A. S. das; MORAES, D. M. Análise do vigor e da atividade da α -amilase em sementes de cultivares de arroz submetidas a diferentes tratamentos com ácido acético. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p.35-43, 2005.

SAMPAIO, N. V.; SAMPAIO, T. G.; DURÁN, J. M. Avaliação da qualidade de sementes através da condutividade elétrica dos exsudatos de embebição. **Informativo ABRATES**. Londrina, v.5, n.3, p.39-52, 1995.

SHARMA, P. K.; HALL, D. O. Interaction of salt stress and photo inhibition on photosynthesis in barley and sorghum. **Journal of Plant Physiology**, Rockville, v.138, p.614-619, 1991.

SOUSA, R. O.; 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. B.; KRYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇANETO, J. B. (Eds.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. 1999, 218p.

WALLACE, J. M.; ELLIOTT, L. F. Phytotoxins from anaerobically decomposing wheat straw. **Soil Biology and Biochemistry**, Quesland, v.11, n.4, p.325-330, 1979.

WALLACE, J. M.; WHITEHAND, L. C. Adverse synergistic effects between acetic, propionic, butyric and valeric acids on the growth of wheat seedling roots. **Soil Biology and Biochemistry**, Quesland, n.12, p.445-446, 1980.