



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*



## **Impactos de chuva ácida artificial em sistemas agrícolas do sul do Brasil – 2012 a 2015: quem é mais sensível, as plantas ou o solo?**

*Thiago BlaszczakBorgmann<sup>1</sup>; Grazieli Rodigheri<sup>1</sup>; Bruna Liska<sup>1(\*)</sup>; Gilberto Rocca da Cunha<sup>2</sup>; José Maurício Cunha Fernandes<sup>3</sup>; Aldemir Pasinato<sup>4</sup>; Ricardo Lima de Castro<sup>3</sup>; João Leonardo Fernandes Pires<sup>3</sup>; Genei Antonio Dalmago<sup>3</sup>; Anderson Santi<sup>3</sup>; Jorge Alberto de Gouvêa<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Estudante Engenharia Ambiental, Bolsista CNPq-IC/(\*)Estágio curricular de conclusão de curso, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo – RS

<sup>2</sup>Eng.-Agr., Pesquisador, Autor para correspondência, Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS, Fone: (54)3316-5800, [gilberto.cunha@embrapa.br](mailto:gilberto.cunha@embrapa.br)

<sup>3</sup>Eng.-Agr., Pesquisador, Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS

<sup>4</sup> Bacharel em Ciência da Computação, Analista, Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS

**RESUMO:** Neste estudo buscou-se, pela simulação de ocorrência de chuva ácida, avaliar o impacto da qualidade da água (pH) sobre a produtividade/sustentabilidade dos sistemas agrícolas do sul do Brasil (trigo e canola, na safra de inverno, e soja, na safra de verão). Os experimentos foram realizados em casa de vegetação, na Embrapa Trigo, de 2012 a 2015 (Trigo/Soja/Canola/Soja/Trigo/Soja). Foram usados vasos (capacidade de 8,0 kg) submetidos aos mesmos tratamentos, sem reposição de nutrientes ou correção de acidez. Em cada linha de cinco vasos (repetição), foi aplicado tratamento de chuva artificial, sendo que o tratamento T1 consistiu de água de chuva, enquanto T2, T3, T4, T5 e T6 foram com água com valores de pH ajustados para pH 6,0; 5,6; 4,0; 3,0; e 2,0, respectivamente. A irrigação dos vasos foi realizada com regadores manuais. Apesar da redução aparente de crescimento das plantas pela aplicação regular de solução aquosa artificialmente acidificada, não foi identificada diferença significativa entre os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5. Em T6 (pH2,0), desde a primeira safra de soja (verão), os indicadores biológicos de crescimento foram afetados negativamente, tornando-se o solo improdutivo a partir do quinto cultivo (trigo/2014). Os efeitos causados por chuva ácida são mais pronunciados na química do solo que na vegetação. O efeito sobre a produtividade biológica é indireto, sendo condicionado, a médio e longo prazo, pelas alterações químicas do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** deposição ácida, sustentabilidade, agricultura.

### **Impacts of artificial acid rain on crop systems in Southern Brazil –2012 to 2015: which one is more sensitive, crop plants or soil?**

**ABSTRACT:** In this study we aim to assess the impact of water quality (pH value) on the cropping systems of Southern Brazil (wheat and canola, in winter growing season, and soybean crop in summer growing season) by simulation of acid rain occurrence. The experiments were carried out in a greenhouse, from 2012 to 2015 (wheat/soybean/canola/soybean/wheat/soybean), at EmbrapaTrigo (Passo Fundo/RS, Brazil). Pots (8.0 kg capacity) were subjected to the same treatments, without replacement of nutrients or acidity correction. In each row of five pots (repetition) a treatment of artificial acid rain was applied. T1 treatment consisted of rain water, while T2, T3, T4, T5, and T6 consisted of water adjusted to various pH values: pH 6.0; 5.6; 4.0; 3.0; and 2.0, respectively. The pots were irrigated using sprinklers. Despite the apparent reduction of plant growth by regular application of artificially acidified aqueous solution, significant differences among the treatments T1, T2, T3, T4, and T5 were not identified. In T6 (pH2.0), since the first harvest of soybean, the biological indicators of growth have



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

been negatively affected, making the soil unproductive after the fifth cultivation (wheat/2014). The effects caused by acid rain are more pronounced in soil chemistry itself than on vegetation. The effect on the biological productivity is indirect, being conditioned, in the medium and long term, by soil chemical changes.

**KEYWORDS:** acid deposition, sustainability, agriculture.

## INTRODUÇÃO

A chuva ácida é uma forma de poluição antrópica que pode afetar o crescimento e o desenvolvimento das plantas. O conceito de chuva ácida foi estabelecido por Smith (1872) ao verificar a relação entre o pH ácido da água da chuva, a combustão de lenha e carvão nas indústrias e os danos causados ao ecossistema pela precipitação pluvial (Cunha et al., 2009). As gotículas de água incorporam partículas e gases solúveis presentes na atmosfera, fazendo com que a chuva tenha o valor de pH alterado para mais ácido ou básico. As águas de chuva, na natureza, são ligeiramente ácidas devido à presença de ácido carbônico na atmosfera (Ferenbaugh, 1976), além do dióxido de carbono, nitrogênio e o enxofre, que liberam íons através de processos biogeoquímicos naturais (Migliavacca et al., 2005).

Ainda que, em tese, a chuva ácida possa exercer efeitos prejudiciais diretamente sobre os vegetais, danificando folhas e caules, por exemplo, segundo Amthor (1984) são poucas as evidências que isso esteja ocorrendo na natureza e ou em sistemas cultivados. A chuva ácida pode afetar o solo e assim, indiretamente, influir sobre o crescimento das plantas. Todavia, há relatos que consideram chuva ácida um problema ambiental capaz de causar impacto em agricultura, na área florestal e na saúde humana (Shvetsova et al., 2002; Fia et al., 2013). A acidificação do solo dificulta o crescimento das raízes, diminui a disponibilidade de nutrientes aos vegetais e aumenta a quantidade de elementos tóxicos que podem ser absorvidos pelas plantas.

Neste trabalho buscou-se, pela simulação de ocorrência de chuva ácida artificial, avaliar, sob condições controladas, o impacto da qualidade da água (valor de pH) sobre os sistemas agrícolas do sul do Brasil (trigo e canola, na safra de inverno, e soja, na safra de verão).

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação, na Embrapa Trigo, de 2012 a 2015, com a seguinte sequência de cultivos (safra inverno/safra/verão): Trigo/Soja/Canola/Soja/Trigo/Soja. Foram usados vasos (capacidade de 8,0 kg) submetidos aos mesmos tratamentos, sem reposição de nutrientes ou correção de acidez. Em cada linha de cinco vasos (repetição), foi aplicado um tratamento de chuva artificial (via irrigação sobre as plantas com o uso de regador manual), sendo que o tratamento T1 consistiu de água da chuva coletada no local, enquanto T2, T3, T4, T5 e T6 foram com água que tiveram os valores de pH artificialmente ajustados para: pH 6,0; 5,6; 4,0; 3,0; e 2,0, respectivamente. O solo/substrato utilizado foi uma mistura à base de Latossolo vermelho distrófico húmico, areia e terra vegetal, com os mesmos tratamentos mantidos fixos, na sequência dos cultivos (Trigo/Soja/Canola/Soja/Trigo/Soja), sem reposição de nutrientes ou correção de acidez. Foram utilizados 180 vasos, distribuídos em seis blocos de 30 vasos, subdivididos em seis linhas (Tratamentos – T1 a T6) com cinco vasos cada. Os tratamentos foram aleatoriamente distribuídos em cada bloco. A água da chuva foi recolhida e armazenada em tambores com capacidade para 200 litros e para o preparo das soluções foi utilizada água destilada. As soluções eram alcalinizadas ou acidificadas conforme o tratamento, utilizando-se hidróxido de sódio (NaOH, 1M) ou ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1N). A irrigação dos vasos foi realizada em intervalos de dois ou três dias. No final dos ciclos dos cultivos, a parte aérea das plantas foi coletada, por vaso, e as espigas/vagens/síliquas, os grãos e as hastes separados



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

para determinações de massa seca e de componentes de rendimento. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e para discriminação de médias o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) foi empregado.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados de produção de matéria seca (parte aérea) obtidos nas safras 2012, 2013 e 2014, para os seis cultivos seguidos: trigo/soja/canola/soja/trigo/soja. Na comparação possível entre cultivos sucessivos da mesma espécie, caso do trigo (2012 x 2014) e da soja (2012 x 2013 x 2014), há perda de capacidade produtiva dos sistemas, de um cultivo para o outro, independentemente do tratamento de pH da água, que pode ser atribuída ao esgotamento gradual da reserva de nutrientes do solo que são essenciais para as plantas (não houve reposição de nutrientes, frise-se). Na comparação entre tratamentos (valores de pH da água), com exceção do primeiro cultivo (trigo 2012), quando não houve diferenças, constata-se que a partir do segundo cultivo (soja 2012), há redução drástica na produtividade de matéria seca no tratamento que recebeu água com pH 2,0. Esse comportamento é mantido a partir de então, sempre com esse tratamento apresentando produtividades mínimas, que denotam a exaustão relativamente rápida (em menos de um ano) da capacidade produtiva de um sistema submetido a uma condição de acidificação extrema via chuvas com valores de pH 2,0. Para os demais tratamentos (água da chuva x pH 6,0 x pH 5,6 x pH 4,0 x pH 3,0), não foram observadas diferenças em produtividade para todos os cultivos (inclusive na canola, usada em 2013, que retornou ao sistema em 2015, após a soja 2014). Ainda, nesse estudo, não foram observadas injúrias significativas na parte aérea das plantas, independentemente o valor de pH da água precipitada sobre o dossel, corroborando relatos de Kohno & Kobayashi (1989), em soja, e reforçando a conclusão que a influência maior sobre a produtividade dos sistemas em função da qualidade da água das chuvas (valor de pH) se dá partir de alterações químicas do solo, especialmente pela elevação da concentração de alumínio e o esgotamento de nutrientes essenciais para os vegetais (caso do potássio, por exemplo, que tem a sua lixiviação no solo aumentada sob chuvas com valores de pH inferiores a 3,0; constatada por Zhang et al., 2007); conforme denotam as análises sequenciais de solo efetuadas no início e no final de cada cultivo.

**Tabela 1.** Matéria seca da parte aérea (g de MS/Vaso) de cultivos de trigo/canola e soja (inverno e verão) submetidos a tratamentos de chuva ácida artificial em ambientes protegidos. Embrapa Trigo, Passo Fundo/RS, 2012 a 2015.

<b>Tratamento</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
	<b>Trigo – g de MS/Vaso</b>	<b>Canola – g de MS/Vaso</b>	<b>Trigo – g de MS/Vaso</b>
Chuva (T1)	102,6 Ab	101,8 a	27,0 Ba
pH 6,0 (T2)	108,6 Ab	102,0 a	23,9 Ba
pH 5,6 (T3)	106,8 Ab	104,3 a	23,3 Ba
pH 4,0 (T4)	117,8 Aa	105,4 a	24,7 Ba
pH 3,0 (T5)	118,2 Aa	108,2 a	22,0 Ba
pH 2,0 (T6)	122,7 Aa	16,8 b	5,5 Bb
	<b>Soja – g de MS/Vaso</b>	<b>Soja – g de MS/Vaso</b>	<b>Soja – g de MS/Vaso</b>
Chuva (T1)	51,5 Aa	33,6 Ba	19,3 Ca
pH 6,0 (T2)	50,2 Aa	24,4 Ba	16,6 Ca
pH 5,6 (T3)	49,4 Aa	27,3 Ba	17,2 Ca
pH 4,0 (T4)	49,4 Aa	27,3 Ba	17,2 Ca
pH 3,0 (T5)	53,6 Aa	24,5 Ba	14,6 Ca
pH 2,0 (T6)	3,5 Ab	2,0 Ab	0,1 Ab

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL e minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ )

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMTHOR, J. Does acid rain directly influence plant growth? Some comments and observations. **Environmental Pollution (Series A)**, v. 36, p. 1-6, 1984.

CUNHA, G. R. et al. Dinâmica do pH da água das chuvas em Passo Fundo, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.44, n.4, p. 339-346, 2009.

FERENBAUGH, R. W. Effects of simulated acid rain on *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae). **American Journal of Botany**, v. 63, n. 3, p. 283-288, 1976

FIA, R. et al. Análise qualitativa de poluentes nas águas das chuva em Lavras –MG. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 2, p. 269-278, 2013.

KOHNO, Y.; KOBAYASHI, T. Effect of simulated acid rain on the growth of soybean. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 43, p. 11-19, 1989.

MIGLIAVACCA, D. M. et al. Composição química da precipitação atmosférica no sul do Brasil – Estudo Preliminar. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 371-379, 2005.

SHVETSOVA, T. et al. Soybean electrophysiology: effects of acid rain. **Plant Science**, v. 162, p.723-731, 2002.

ZHANG, J. et al. Impacts of simulated acid rain on cation leaching from latosol in south China. **Chemosphere**, v. 67, p. 2131-2137, 2007.