

Caracterização química da solução de um solo alagado cultivado com arroz, submetido a diferentes tensões de água no solo⁽¹⁾.

Jaqueline Trombetta da Silva⁽²⁾; Rogério Oliveira de Sousa⁽³⁾; Walkyria Bueno Scivittaro⁽⁴⁾; José Maria Barbat Parfitti⁽⁵⁾; Thais Antolini Veçozzi⁽⁶⁾; João Gomes⁽⁷⁾;

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos da Embrapa, CNPq e Fapergs.

⁽²⁾Doutoranda em Manejo e Conservação do Solo e da Água; Universidade Federal de Pelotas; Pelotas, RS; jak_trombetta@hotmail.com; ⁽³⁾Professor Titular; Universidade Federal de Pelotas; ⁽⁴⁾Pesquisadora; Embrapa Clima Temperado; ⁽⁵⁾Pesquisador; Embrapa Clima Temperado; ⁽⁶⁾Doutoranda; Universidade Federal de Pelotas; ⁽⁷⁾Graduando; Universidade Federal de Pelotas.

RESUMO: Variações no manejo da irrigação podem alterar a dinâmica e consequentemente a disponibilidade de nutrientes na solução do solo. O objetivo desse trabalho foi caracterizar quimicamente a solução de um solo alagado cultivado com arroz, a fim de verificar a influência de diferentes tensões de água no solo em duas fases distintas da cultura. O estudo foi realizado na safra 14/2015, em Capão do Leão, RS. Avaliaram-se os seguintes tratamentos: T1 – Tensão de 40 Kpa no estágio fenológico V5–R0; T2 – Tensão de 40 Kpa no estágio fenológico R1–R4 (+10 dias); T3 – Tensão de 10 Kpa no estágio fenológico V5–R0; T4 – Tensão de 10 Kpa no estágio fenológico R1–R4 (+10 dias); T5 – Tensão de 0 Kpa, durante todo o ciclo da cultura. As coletas de solução do solo foram feitas semanalmente, com excessão dos tratamentos submetidos a tensões de água no solo. As diferentes tensões de água no solo afetaram as características químicas da solução do solo. Pode-se observar que o Eh na solução do solo é elevado nos tratamentos após o reestabelecimento da irrigação continua com o fim da aplicação das tensões de água no solo, assim como os níveis de Fe^{2+} e Mn^{2+} são muito baixos, quando comparados aos tratamentos com tensão de 0 Kpa e lâmina de água continua. Já o pH é menos sensível às diferentes tensões de água no solo, porém também sofre variações quando comparado a irrigação continua com tensão de 0 Kpa.

Termos de indexação: déficit hídrico, eletroquímica, nutrientes

INTRODUÇÃO

A otimização do uso da água pela lavoura arrozeira, constitui-se em questão prioritária do setor orizícola que busca alternativas técnicas, econômicas e ambientalmente sustentáveis (Sosbai, 2014).

Essa carência do setor decorre especialmente de dois fatores, uma vez que, em um sistema de irrigação por inundação os custos com irrigação somam mais de 10% do custo de produção e outro

é que gasta-se um volume de água médio de 8 a 10 mil $m^3 ha^{-1}$ (Sosbai, 2014), o que significa necessitar em média de 1.300 L de água para produzir um Kg de arroz.

Esse último fator, quando comparado a outras culturas não é muito, porém é considerado elevado, uma vez que, no cultivo do arroz irrigado por inundação praticamente 100% dessa água provém da irrigação, sendo que durante o ciclo período de irrigação a precipitação pluvial nas regiões arrozeiras do estado, poderiam suprir em média 46% da água evapotranspirada pelo arroz, que é de aproximadamente 650 mm (Mota et al., 1990).

Nesse sentido, trabalhos recentes vêm sendo desenvolvidos no intuito de reduzir o consumo de água sem afetar a produtividade final da cultura. O sistema de irrigação intermitente é o que tem tido mais enfoque.

Entretanto, a mudança no estado de oxirredução do solo, como resultado da supressão da irrigação, pode alterar a disponibilidade de nutrientes na solução do solo (Borin, 2014).

O Objetivo desse trabalho foi caracterizar quimicamente a solução de um solo alagado cultivado com arroz, a fim de verificar a influência de diferentes tensões de água no solo em duas fases distintas da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Terras Baixas (ETB), localizada no município de Capão do Leão, RS. O estudo foi desenvolvido na safra agrícola, 2014/2015.

Tratamentos e amostragens

Os tratamentos compreenderam variações de tensão de água no solo, tensão de 0, 10 e 40 Kpa, em diferentes estádios fenológicos da cultura do arroz, estágio vegetativo e reprodutivo, onde : T1 – Tensão de 40 Kpa no estágio fenológico V5–R0 (fase vegetativa); T2 – Tensão de 40 Kpa no estágio fenológico R1–R4+10 (fase reprodutiva);



T3 – Tensão de 10 Kpa no estágio Fenológico V5–R0 (fase vegetativa); T4 - Tensão de 10 Kpa no estágio fenológico R1–R4 (+10 dias) (fase reprodutiva); T5 - Tensão de 0 Kpa, durante todo o ciclo da cultura.

Para a efetivação dos tratamentos de déficit hídrico programados, foi feita a drenagem das subparcelas experimentais no início de cada período que foi submetido ao estresse. Quando a tensão nas subparcelas chegou à tensão pré-determinada, de 10 e 40 Kpa, foi feita a irrigação para que a tensão de água no solo retornasse a zero (saturado). Nos períodos em que a cultura não foi submetida ao estresse hídrico as parcelas foram irrigadas por inundação contínua mantendo-se uma lâmina de 7,5 cm de altura. Já o tratamento T5, para efetivação da tensão de 0 Kpa, permaneceu com lâmina contínua de 7,5 cm durante todo o ciclo da cultura.

Para monitorar a tensão de água no solo no período aeróbico foram instalados sensores watermark® em cada subparcela, na profundidade de 10 cm.

É importante ressaltar que a 1ª adubação nitrogenada foi feita em V3, com a entrada da água e a 2ª, de cobertura, foi feita em R0, para ambas foi dado um período para a absorção do nitrogênio antes de manejar os tratamentos para obter a tensão desejada.

As coletas de solução do solo foram feitas semanalmente, com excessão do período submetido ao tratamento. Os coletores de solução foram instalados anteriormente a entrada de água nas parcelas, perfazendo quatro repetições por tratamento. As amostragens foram feitas com base no método desenvolvido por Sousa et al. (2002), adaptado para experimentos de campo.

Nessas amostras de solução do solo foram analisadas o pH e o Eh (potencial redox) no local da coleta, logo após a amostragem, com eletrodos específicos combinados, ligados a um potenciômetro, e previamente instalados na célula eletrométrica construída em vidro. O Eh medido foi corrigido com base no potencial padrão do eletrodo de referência (AgCl), conforme a seguinte equação: $Eh = Eh \text{ medido} + 220 \text{ mV}$.

Após as determinações eletroquímicas as amostras foram filtradas, transferindo-se aproximadamente 30 mL de solução para frascos de vidro contendo 1 mL de HCl em concentração estabelecida para que a concentração final da amostra seja próxima a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$.

As análises químicas da solução do solo foram feitas quantificando-se os teores de manganês (Mn^{2+}) e ferro (Fe^{2+}) seguindo métodos descritos em Tedesco et al. (1995).

Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e quando significativa ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste Duncan a 5% de probabilidade, dentro de cada coleta realizada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da primeira a quarta coleta (aos 7, 13, 21 e 28 dias após a emergência-DAA) os resultados não apresentaram diferença estatística nos dois parâmetros eletroquímicos da solução do solo para os tratamentos T2, T4 e T5 (**Tabela 1**). Essa dinâmica era esperada uma vez que, esses tratamentos permaneceram com água até este momento.

No entanto, aos 34 DAA os tratamentos T1 e T3 diferenciaram-se dos demais, apresentando valores maiores de Eh (**Tabela 1**). Nessa coleta, o manejo da tensão na fase vegetativa havia encerrado, assim esses dois tratamentos passaram a ser irrigados com lâmina contínua de 7,5 cm.

Portanto, esses maiores valores de Eh encontrados nestes dois tratamentos, estão relacionados a dinâmica de redução dos solos alagados, uma vez que, o Eh mede a intensidade de redução do solo (Sousa et al., 2008), a qual ocorre após o alagamento do solo. Ou seja, os tratamentos T1 e T3 (**Tabela 1**) estavam em estágio inicial do processo de redução do solo, quando comparado aos demais.

Já, aos 71 DAA (**Tabela 1**), os tratamentos T2 e T4 diferenciaram-se dos demais, apresentando valores maiores de Eh, uma vez que, a submissão do solo, no período que compreende a fase reprodutiva (estádio R0-R1 +25 dias) às diferentes tensões de água havia terminado, passando também a ser irrigado normalmente. Schimdt et al. (2013) também encontraram maiores valores de Eh nas coletas realizadas após drenagens. Esta autora cita que isto deve-se à uma reoxidação do solo ou uma inversão nas reações de redução do mesmo.

Aos 42 DAA (**Tabela 1**) o Eh dos tratamentos T1 e T3 ainda diferenciaram-se do tratamento T5, que mantém tensão de 0 Kpa durante todo o ciclo da cultura. Posteriormente, aos 49 DAA os tratamentos não diferenciaram-se uns dos outros, provavelmente devido a estabilização do Eh.

Quanto ao pH, o mesmo apresentou diferença estatística entre os tratamentos na 10ª coleta, aos 71 DAA (**Tabela 1**), sendo que o T5 apresentou os maiores valores de pH, diferenciando-se do T3 e T4.

A re-oxidação do solo no tratamento T4 (**Tabela 1**), durante o estágio R1-R4+10 dias e tensão de 10



Kpa, pode ter influenciado a redução do pH, uma vez que, durante esse período o solo foi submetido a essa tensão várias vezes, intercalando assim ciclos umedecimento e secagem. Borin (2014) também verificou decréscimo no pH após supressão da irrigação por um determinado período, a qual fez com que o solo se reoxidasse novamente.

De maneira geral, os valores de pH apresentaram valores acima de 6,0. Esse aumento era esperado, pois a maioria dos solos, tende à neutralidade após a submergência, atingindo usualmente um equilíbrio em torno de 6,5 a 7,5 (Camargo et al., 1999), uma vez que, ocorre o consumo de prótons H^+ na redução de elementos anteriormente oxidados (Ponnamperuma, 1977).

Na **tabela 1** podemos observar que as concentrações de Fe^{2+} e Mn^{2+} na solução do solo apresentaram diferença significativa aos 34 DAA para os tratamentos T1 e T3, que se diferenciaram dos demais, pois apresentaram os menores valores e aos 71 DAA, onde os tratamentos T2 e T4 foram significativamente diferentes dos demais, apresentando as menores concentrações.

A dinâmica desses dois nutrientes, Fe^{2+} e Mn^{2+} , na solução do solo apresentou interação com o Eh, ou seja, quando os estes tratamentos apresentaram os maiores valores de Eh na solução do solo, foi quando ocorreram as menores concentrações de Fe^{2+} e Mn^{2+} , consequentemente em função da não redução dos óxidos de Fe^{2+} e Mn^{2+} . Schimidt et al. (2013) também constataram que alterações no Eh também alteram as concentrações de Fe^{2+} na solução do solo, promovidas pelo manejo da água, sendo que em condições de baixo Eh ocorreram maiores concentrações de Fe^{2+} na solução do solo. Segundo estes autores, as taxas de liberação de Fe^{2+} para a solução do solo são controladas pela evolução das condições redox em solos alagados.

CONCLUSÕES

O potencial de oxirredução acompanhou a dinâmica dos manejos de irrigação (tensão de água no solo) e influenciou diretamente as concentrações de Fe^{2+} e Mn^{2+} na solução do solo.

A aplicação das tensões de água de 10 e 40 kPa no solo, aumentou os valores do potencial de oxirredução e reduziu as concentrações de Fe^{2+} e Mn^{2+} na solução do solo, na fase vegetativa e reprodutiva, quando comparada a de 0 kPa (irrigação contínua). No entanto, os valores do potencial de oxirredução e as concentração de Fe^{2+} e Mn^{2+} na solução do solo são estabilizados e ficam próximos aos valores observados na irrigação contínua em no máximo duas semanas.

O pH da solução do solo aumenta após o alagamento e estabiliza com o retorno da irrigação contínua após o fim do uso das tensões de água no solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes e Fapergs pelo auxílio financeiro e bolsas de estudo, assim como a Embrapa Clima Temperado pelo apoio.

REFERÊNCIAS

BORIN, J.B.M. Alterações da solução do solo e resposta do arroz irrigado ao manejo da irrigação e da adubação. [Dissertação]. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2013.

CAMARGO, F.A.O. SANTOS, G.A. & ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. *Ciência Rural*. 1999; 29(1):171-180.

MOTA, F.S. da; ALVES, E.G.P. & BECKER, C.T. Informação climática para planejamento da necessidade de água para irrigação do arroz no Rio Grande do Sul. *Lavoura Arrozeira*. 1990; 43(392):3-6.

PONNANPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, New York. 1972; 24: 29-96.

SOSBAI - SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil/XXX Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Bento Gonçalves, RS: SOSBAI, 2014. 192 p.

SOUSA, R.O.; BOHNEN, H. & MEURER, E.J. Composição da solução de um solo alagado conforme a profundidade e o tempo de alagamento, utilizando novo método de coleta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2002; 26:343-348.

SOUSA, R.O.; VAHL, L.C. & OTERO, X.L. Química de Solos Alagados. In: MELLO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. Química e Mineralogia do Solo. Parte II – Aplicações. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2008. p.485-528.

SCHIMIDT, F; FORTES, M.A.; WESZ, J.; BUSS, G.L. & SOUSA, R.O. Impacto do manejo da água na toxidez por ferro no arroz irrigado por alagamento. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2013; 37:1226-1235.

TEDESCO, M.J. et al. Análises de solos, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p.



Tabela 1. pH, Eh e concentrações de Fe^{2+} e Mg^{2+} na solução de um solo dos 7 até os 92 DAA, cultivado com arroz irrigado por alagamento, submetido a diferentes tensões de água no solo.

Média dos tratamentos											
Dias após o alagamento											
7	13	21	28	34	42	49	57	63	71	83	92
pH											
T1				6,57a	6,25ba	6,59a	6,62a	6,63a	6,53ab	6,41a	6,51a
T2	6,05a	5,84a	6,40a	6,56a	6,48a				6,74ab	6,50a	6,51a
T3				6,64a	6,46aa	6,57a	6,71a	6,74a	6,58bb	6,52a	6,48a
T4	6,23a	6,00a	6,59a	6,77a	6,58a				6,46b	6,45a	6,48a
T5	6,25a	6,00a	6,46a	6,61a	6,64a	6,64a	6,63a	6,72a	6,73a	6,73a	6,45a
Eh (mV)											
T1				149a	189a	85a	95a	103a	133b	98a	108a
T2	112a	74a	85a	98a	105b				189a	112a	100a
T3				199a	175a	82a	92a	95a	141b	106a	125a
T4	118a	82a	84a	81a	122b				191a	145a	90a
T5	108a	86a	85a	75a	90b	123b	72a	98a	107a	126b	121a
Fe^{2+} (mg L ⁻¹)											
T1				12,13c	44,21a	67,23a	73,36a	64,33a	53,88a	59,36a	51,02a
T2	43,06a	93,45a	84,50a	95,8a	119,06a				8,63b	47,15a	61,39a
T3				7,76c	38,04a	67,16a	72,01a	59,52a	38,94a	52,02a	48,62a
T4	40,84a	82,24a	93,73a	76,80a	99,29b				5,78b	46,64a	80,53a
T5	42,91a	101,63a	112,67a	94,57a	148,53a	107,54a	63,95a	56,22a	52,08a	51,99a	60,22a
Mn^{2+} (mg L ⁻¹)											
T1				0,92b	1,97b	2,59a	2,78a	2,51a	2,08a	1,85a	2,02a
T2	2,92a	4,37a	4,22a	4,74a	4,16a				0,33b	1,73a	2,00a
T3				0,71b	1,68b	2,49a	2,62a	2,12a	1,8a	1,70a	1,67a
T4	2,62a	2,87a	4,38a	4,32a	3,81a				0,92ab	1,75a	3,15a
T5	2,86a	4,05a	4,38a	4,84a	4,84a	3,17a	2,45a	2,06a	1,95a	1,88a	1,95a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, dentro de cada parâmetro avaliado, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. T1= Tensão de 40 Kpa no estágio fenológico V5–R0 (fase vegetativa), T2= Tensão de 40 Kpa no estágio fenológico R1–R4 (+10 dias) (fase reprodutiva); T3= Tensão de 10 Kpa no estágio Fenológico V5–R0 (fase vegetativa); T4= Tensão de 10 Kpa no estágio fenológico R1–R4 (+10 dias) (fase reprodutiva); T5= Tensão de 0 Kpa, durante todo o ciclo da cultura.