

ATIVIDADE DA ENZIMA ARILSULFATASE EM PLANOSSOLO HÁPLICO NO AGROECOSSISTEMA DE TERRAS BAIXAS

RAFAELA DE CASTRO SILVEIRA¹; IEDA MARIA BAADE DOS SANTOS²;
GIOVANI THEISEN³; MARIA LAURA TURINO MATTOS⁴

¹Instituto Federal Sul-rio-grandense – castrosilveirarafaella@gmail.com

^{2,3,4} Embrapa Clima Temperado - maria.laura@embrapa.br

1. INTRODUÇÃO

Os microrganismos do solo desempenham um papel fundamental na ciclagem de nutrientes, na decomposição da matéria orgânica (MO) e na manutenção da estrutura e fertilidade do solo. A qualidade e os nutrientes do solo são vitais para o crescimento saudável das plantas e para a sustentabilidade agrícola. A MO, que resulta da decomposição de resíduos vegetais e animais por microrganismos, é importante para a estruturação física do solo, retenção de água e fornecimento de nutrientes, para as plantas. Entre esses nutrientes, o enxofre (S), embora muitas vezes menos percebido que o nitrogênio ou o fósforo, é um nutriente essencial para o metabolismo das plantas, incluindo a síntese de aminoácidos e proteínas. No solo, 95 % do S encontra-se na forma orgânica, que constitui importante reserva desse nutriente, principalmente nos solos com alto grau de intemperização (TABATABAI & BREMNER, 1972). O S orgânico, que se torna disponível para as plantas por meio da mineralização da MO e é essencial para o crescimento vegetal (DAVID et al., 1982). Estudos revelam que enzimas arilsulfatase são amplamente distribuídas no solo e participam do ciclo do S, pois catalisa a hidrólise das ligações de éster de sulfato e libera íons sulfato. (TABATABAI & BREMNER, 1970) e, ainda, são extracelularmente secretadas por bactérias como uma resposta à limitação de S (MCGILL & COLLE, 1981). Neste contexto, a enzima arilsulfatase emerge como um importante indicador biológico para determinar a saúde e a qualidade do solo. Quanto à sua origem, pode ser tanto microbiana quanto vegetal (GANESHAMURTHY & NIELSEN, 1990) e sua atividade pode ser influenciada por fatores como grau de evolução da MO ou tipo de vegetação de sua origem (SPEIR, 1984). Dessa forma, compreender a relação entre níveis da MO e do teor de S no solo torna-se fundamental para otimizar as práticas agrícolas e de manejo do solo para um crescimento sadio das plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade da enzima arilsulfatase de um Planossolo Háplico sob campo nativo, vegetação espontânea, preparo convencional e integração lavoura pecuária, no agroecossistema de terras baixas.

2. METODOLOGIA

O estudo foi realizado na Estação Experimental Terras Baixas (ETB) da Embrapa Clima Temperado (Latitude: 31° 52' 00" S; Longitude: 52° 21' 24"), no município de Capão do Leão-RS, sob Planossolo Háplico com baixo teor de argila. As amostras de solo foram coletadas no início da estação de outono (24/04/2024), em quatro áreas distintas de uso do solo nas terras baixas: (1) campo nativo (CN), usada como referência de vegetação perene; (2) vegetação espontânea (VE), usada como referência de área de solo lavrado e em pousio; (3) preparo convencional (PC), usada como referência do sistema de cultivo

convencional de arroz e, (4) integração lavoura-pecuária (ILP), usada como referência de movimentação mínima do solo com aporte de material orgânico. As quatro áreas eram equidistantes no campo experimental. Em cada área foram coletadas três amostras compostas por cinco subamostras na profundidade de 0-10 cm. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em uma caixa de isopor e transportadas para o Laboratório de Microbiologia do Solo da Embrapa Clima Temperado. No laboratório, as amostras foram passadas em peneira com malha de 2 mm e, em seguida, secas à temperatura ambiente durante sete dias. Para a análise da enzima arilsulfatase (SECRETARIA..., 2024) 1g de solo foi adicionado em frascos de *Durham*, utilizando-se dois frascos para repetições e um frasco como branco analítico. Posteriormente, foram adicionados 4mL de solução tampão de acetato e 1mL de solução de PNS 0,25 mol L⁻¹, exceto no branco analítico. Os frascos foram tampados e incubados por uma hora a 37 °C. Após esse período, 1 mL de cloreto de cálcio 0,5 M (CaCl₂), 4mL de hidróxido de sódio 0,5 M (NaOH) e 1mL de PNS foram adicionados ao branco analítico. Os frascos foram agitados em vortex e, após a filtragem dos sólidos suspensos em papel filtro *Whatman*, o sobrenadante foi utilizado para a quantificação do p-nitrofenol (pNP) que foi determinada em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 410 nm. Uma curva padrão foi preparada com quantidades conhecidas do pNP. As análises dos teores de S e da MO foram realizadas no laboratório de Fertilidade do Solo da Embrapa Clima Temperado. O S disponível no solo é na forma de sulfato, adsorvido ou ligado à MO (THIECHER et al., 2012). Assim, os resultados da análise do solo expressam o teor de sulfato. A Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SOCIEDADE..., 2016) estabelece, como teor crítico de S para o arroz irrigado por inundação cultivado em solos de terras baixas, o valor menor que 10 mg dm⁻³. O teor de MO no solo interpretado como baixo, considerando-se a classe textural 4 e CTC_{pH7,0} ≤ 7,5 mol dm⁻³ é de ≤ 2,5 (%) (SOCIEDADE..., 2016). A análise estatística foi feita por meio da comparação das médias da variável níveis da enzima arilsulfatase, com o cálculo do desvio padrão das médias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observam-se as relações entre a atividade da enzima arilsulfatase com os teores de S, MO e umidade do solo, nas distintas áreas amostradas. Na área sob preparo convencional, verificou-se o solo com 5,95% de umidade e um teor de S de 5,0 mg dm⁻³, apresentando a menor atividade da enzima arilsulfatase (59,9 mg *p*-nitrofenol kg⁻¹ solo h⁻¹). A baixa umidade combinada com um baixo teor de S no solo e a ausência de vegetação, afetaram a atividade da arilsulfatase. A umidade do solo insuficiente pode reduzir a mobilidade dos substratos e a eficiência das reações enzimáticas, enquanto a menor quantidade de S disponível pode restringir a capacidade da arilsulfatase de realizar sua função de hidrólise.

O solo do campo nativo, com 9,05% de umidade, 1,0% de MO e 44,8 mg dm⁻³ de S, apresentou o maior nível de atividade da enzima, com 131,8 mg *p*-nitrofenol kg⁻¹ solo h⁻¹ (Tabela 1), evidenciando a importância da ciclagem do S orgânico pela arilsulfatase nas áreas nativas (MATSUOKA et al., 2003). Esse resultado está relacionado à condição de campo nativo, formação vegetal pertencente ao Bioma Pampa que apresenta grande diversidade biológica de espécies (OLIVEIRA et al., 2016) e efeito rizosférico de microrganismos associados e, ainda, crescimento apenas do fim da primavera (outubro-novembro)

até o início do outono (abril) (REIS, 1998), favorecendo a mineralização da MO que, gradualmente, disponibiliza o S na forma de sulfato para a solução do solo (THIECHER et al., 2012), nutriente fundamental para a atividade da arilsulfatase. O teor de S no solo acima do teor crítico (10 mg dm^{-3}) para a exigência da cultura do arroz irrigado, refletiu o grau de evolução da MO e o tipo de vegetação do campo nativo que influenciou comunidades de microrganismos envolvidas na atividade da enzima. No solo sob vegetação espontânea, com 9,49% de umidade, $24,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de S e 2,1 (%) de MO (Tabela 1), determinou-se uma atividade da arilsulfatase de $64,8 \text{ mg } p\text{-nitrofenol kg}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ que foi superior a área do PC, indicando que, o nível de S, a umidade do solo e a MO promoveram o aumento da atividade microbiana e enzimática do solo devido a presença de plantas que adicionaram resíduos orgânicos (CARDOSO et al., 2003). Na área sob sistema integração lavoura-pecuária, no solo com movimentação mínima e aporte de material orgânico, verificou-se o nível de atividade da arilsulfatase ($77,0 \text{ mg } p\text{-nitrofenol kg}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$) superior ao das áreas sob preparo convencional e vegetação espontânea (Tabela 1). Esse resultado pode estar associado ao aporte de resíduos orgânicos (animal e vegetal) que contribuíram para manutenção da umidade do solo (10,55%) e atividade dos microrganismos na mineralização da MO cujo teor foi baixo (1,6%) mas superior aos solos sob preparo convencional e campo nativo. O menor teor de S ($6,7 \text{ mg dm}^{-3}$) é decorrente do baixo teor de MO e de seu grau de evolução (SPEIR, 1984) que determinaram a dinâmica do S nessa condição de solo. Esses resultados indicam que, embora a umidade e a matéria orgânica sejam fatores ambientais que afetam a atividade enzimática no solo, MO é a principal reserva de ésteres de sulfato, que são substratos da enzima arilsulfatase (TIECHER et al., 2012). Dessa forma, compreender a atividade da arilsulfatase em diferentes usos do solo e suas características químicas e físicas, torna-se preponderante para uma compreensão abrangente da dinâmica do S e da MO em terras baixas.

Tabela 1. Atividade da enzima arilsulfatase e teores enxofre, matéria orgânica e umidade de um Planossolo Háplico sob distintos usos nas terras baixas.

Uso do Solo*	Arilsulfatase ($\text{mg } p\text{-nitrofenol kg}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$)	Teor S (mg dm^{-3})	Matéria orgânica (%)	Umidade (%)
PC	$59,9 \pm 11,7$	5,0	1,2	5,95
CN	$131,8 \pm 18,0$	44,8	1,0	9,05
VE	$64,8 \pm 21,5$	24,0	2,1	9,49
ILP	$77,0 \pm 13,6$	6,7	1,6	10,55

*PC= preparo convencional; CN=campo nativo; VE=vegetação espontânea; ILP=integração lavoura pecuária

4. CONCLUSÕES

A presença de vegetação em solo de terras baixas estimula a comunidade microbiana, aumenta o teor de enxofre e a atividade da enzima arilsulfatase. O sistema integração lavoura-pecuária aumenta a atividade da enzima arilsulfatase em relação ao solo sob preparo convencional.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARDOSO, I.M.; BODDINGTON, C; JANSSEN, B.H.; OENEMA, O.; KUYPER, T. W. Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. **Agroforestry Systems**, Berlim, v.58, p. 33-43, 2001.

DAVID, M.B.; MITCHELL, M.J.; NAKAS, J.P. Organic and inorganic sulfur constituents of a forest soil and their relationship to microbial activity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, n. 4, p. 847-852, 1982.

REIS, J. C. L. **Pastagens em terras baixas**. Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1998. 34p. (EMBRAPA-CPACT. Circular Técnica, 7). Acessado em 25 set. 2024. On line. Disponível em: <http://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/739537/pastagens-em-terras-baixas>

GANESHAMURTHY, A.N.; NIELSEN, N.E. Arylsulphatase and the biochemical mineralization of soil organic sulphur. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v.22, n.8, p. 1163-1165, 1990.

MCGILL, W.B.; COLLE, C.V. Comparative aspects of cycling of organic C, N, S and P through soil organic matter, Amsterdam, **Geoderma**, v.26, p. 267-286, 1981.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. de Carvalho; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.3, p. 425-433, 2003.

OLIVEIRA, C.A.O.; CASTILHOS, Z.M. S.; THUROW, J.M. et al. **Recria e terminação de bovinos de corte em campo nativo: respostas produtivas e econômicas**. Porto Alegre: Fepagro, 2016. 66 p. (Circular Técnica; 29). Acessado em 25 set. 2024. On line. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202105/11145704-circular-29.pdf>.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. INSTITUTO AGRÔNOMO. CENTRO DE SOLOS E RECURSOS AMBIENTAIS. **Determinação da atividade de enzimas em solo**. Acessado em 26 set. 2024. On line. Disponível em: <https://lab.iac.sp.gov.br/Publicacao/ProtocoloIACEnzimasSolosAbril2022.pdf>

SPEIR, T.W. Urease, phosphatase, and sulphatase activities of Cook Island and Tongan soils. **New Zealand Journal of Science**, Nova Zelândia, v.27, p. 73-79, 1984.

TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. Arylsulfatase activity of soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.34, p. 225-229, 1970.

TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Michaelis constants of soil enzymes. **Soil Biology and Biochemistry**, Amsterdam, v. 3, p. 317-323, 1972.

TIECHER, T.; SANTOS, D. R. DOS; RASQUE, J. W. A.; BRUNETTO, G.; MALLMANN, F. J. K.; PICCIN, R. Respostas de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. **Bragantia**, São Paulo, v. 71, n. 4, p. 518-527, 2012.