

Atividade enzimática em solo cultivado com milho silagem: efeitos do consórcio com braquiária e tratamentos de adubação nitrogenada⁽¹⁾

Gabriela Guimarães Reis⁽²⁾, Monna Lysa Teixeira Santana⁽³⁾, Denise Pacheco dos Reis⁽³⁾, Ótávio Augusto Alves Mendes⁽²⁾, Laisla da Costa Almeida Lage⁽⁴⁾, Ivanildo Evodio Marriel⁽⁵⁾, Álvaro Vilela de Resende⁽⁵⁾, Miguel Marques Gontijo Neto⁽⁵⁾ e Vitor Paulo Vargas⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho financiado pelo projeto Embrapa/Yara Brasil. ⁽²⁾ Estudante de graduação, Universidade Federal de São João del-Rei, bolsista Pibic/CNPq na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. ⁽³⁾ Estudante de pós-doutorado. ⁽⁴⁾ Estudante de mestrado, Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, MG. ⁽⁵⁾ Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. ⁽⁶⁾ Pesquisador, Yara Internacional, Porto Alegre, RS.

Resumo – O consórcio de milho com braquiária, se comparado ao milho exclusivo, propicia um ambiente mais favorável ao desenvolvimento da microbiota, contribuindo para a melhoria da saúde e resiliência do solo. A atividade enzimática do solo é um parâmetro fundamental para avaliar a sua qualidade e antever alterações resultantes do manejo agrícola. Nesse sentido, objetivou-se quantificar a atividade de determinadas enzimas em amostras de solo cultivado para a produção de milho silagem, em sistemas consorciado ou não com *Urochloa ruziziensis*, sob tratamentos de adubação nitrogenada: 1) Sem N na adubação de base ou cobertura. 2) Controle sem N na adubação de cobertura. 3) Cobertura com nitrato de amônio. 4) Ureia comum. 5) Ureia + NBPT, sendo essas três fontes aplicadas na dose de 220 kg ha⁻¹ de N. As análises foram realizadas na Embrapa Milho e Sorgo. A atividade das enzimas betaglicosidase e arilsulfatase foi estatisticamente distinta entre os sistemas consorciado e exclusivo. O sistema consorciado de milho com braquiária apresentou maior atividade das enzimas betaglicosidase e arilsulfatase, indicadoras da saúde do solo.

Termos para indexação: saúde do solo, nitrogênio, sustentabilidade agrícola, microbiologia do solo.

Enzymatic activity in soil cultivated with maize silage: effects of intercropping with brachiaria and nitrogen fertilization treatments

Abstract – The intercropping maize-brachiaria, compared to monocropping maize production, provides a more favorable environment for the development of the microbiota, contributing to the improvement of soil health and resilience. Soil enzymatic activity is a fundamental parameter for evaluating soil quality and predicting changes resulting from agricultural management. In this sense, the objective of the work was to quantify the activity of certain enzymes in soil samples cultivated for the production of maize silage, in systems intercropped or not with *Urochloa ruziziensis*, under nitrogen (N) fertilization treatments: 1) No nitrogen in the basal and topdressing fertilization. 2) Control without N topdressing. 3) Calcium ammonium nitrate. 4) Common urea. 5) Urea + NBPT, with the latter three sources applied at a rate of 220 kg ha⁻¹ of N. The analysis were carried out at Embrapa Maize and Sorghum. The activity of beta-glucosidase and arylsulfatase enzymes was statistically different between the intercropping and monocropping systems. The intercropped system of maize with brachiaria showed greater activity of the enzymes beta-glucosidase and arylsulfatase, indicators of soil health.

Index terms: soil health, nitrogen, agricultural sustainability, soil microbiology.

Introdução

A produção de milho silagem é uma prática agrícola amplamente realizada no Brasil, mas pode causar significativa degradação do solo por causa da quase total remoção da matéria vegetal do campo. Para mitigar esses impactos, o consórcio do milho com forrageiras surge como uma estratégia eficaz. Gramíneas forrageiras como as braquiárias, por exemplo, com raízes abundantes e profundas, promovem a ciclagem e disponibilidade de nutrientes, auxiliam na estabilização de agregados do solo e, conseqüentemente, na redução da suscetibilidade à erosão.

A avaliação de indicadores relacionados à saúde do solo se faz necessária para validação dos benefícios do cultivo de milho consorciado com braquiária. Tecnologias como a BioAs, desenvolvida pela Embrapa, têm sido pioneiras na integração de bioindicadores que qualificam a parte biológica do solo (Mendes et al., 2020). Esses bioindicadores permitem que os agricultores obtenham informações para interpretar e tomar decisões mais assertivas e rápidas no uso e manejo do solo.

Entre os principais bioindicadores utilizados para avaliar a microbiologia do solo estão as enzimas betaglicosidase e arilsulfatase. Essas enzimas desempenham papéis cruciais nos ciclos biogeoquímicos do solo e no metabolismo dos microrganismos (Matsuoka et al., 2003).

Por confirmar informações sobre fatores de manejo cultural que favorecem a saúde do solo na produção de milho silagem, este trabalho contribui para o atendimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável - ODS 2 da Agenda 2030 proposta pela Organização das Nações Unidas ONU: Erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável, mais especificamente para com a meta 2.4:

Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo (Nações Unidas, 2024).

O objetivo do estudo, portanto, foi quantificar a atividade das enzimas betaglicosidase e arilsulfatase em amostras de solo cultivado para a produção de milho silagem, em sistema exclusivo ou consorciado com braquiária *ruziziensis*, sob diferentes tratamentos de adubação nitrogenada.

Material e métodos

O trabalho foi conduzindo na estação experimental do Reagro Pesquisa, localizada no município de Nazareno, MG (21°15'40.3"S 44°31'02.1"W), em um Latossolo Vermelho Amarelo de textura argilosa.

O experimento de campo, iniciado na safra 2022-2023, consiste de dois sistemas de produção de milho para silagem, cultivo exclusivo e consorciado com braquiária *ruziziensis* (*Urochloa ruziziensis*), com diferentes tratamentos de adubação nitrogenada: 1) Sem N na adubação de base ou cobertura. 2) Controle sem N na adubação de cobertura. 3) Nitrato de amônio (CAN). 4) Ureia comum. 5) Ureia + NBPT. As três fontes foram aplicadas em cobertura no estágio V3-4 do milho, na dose de 220 kg ha⁻¹ de N. Em cada sistema de produção, os tratamentos de adubação nitrogenada foram dispostos em delineamento em blocos casualizados.

O milho foi semeado em 18/10/2022, sendo que no sistema consorciado as sementes da braquiária foram misturadas ao adubo de base distribuído no sulco de plantio. Após a colheita do milho para silagem, em 15/2/2023, foram realizados dois cortes da braquiária do consórcio no período de entressafra. As amostras de solo para análises enzimáticas foram coletadas em 2/10/2023, após a dessecação das áreas para o início da safra seguinte, na profundidade de 0 a 10 cm. Em cada parcela, foi obtida uma amostra composta de nove amostras simples, sendo seis coletadas nas entrelinhas e três nas linhas de adubação do primeiro ciclo de cultivo.

As atividades da betaglicosidase e arilsulfatase foram avaliadas conforme o método descrito por Tabatabai et al. (1994). Os dados de atividade enzimática foram submetidos à análise de variância conjunta, de modo a verificar a existência de interação entre tratamentos de adubação nitrogenada e sistemas de produção com e sem braquiária em consórcio. Quando significativo o teste F ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas no software R, versão 4.2.3 (R Core Team, 2024).

Resultados e discussão

A enzima betaglicosidase foi sensível aos sistemas de produção de milho silagem exclusivo ou em consórcio com braquiária, mas sem diferenças significativas por causa dos tratamentos de adubação nitrogenada (Figura 1). O sistema de consórcio apresentou os maiores valores da atividade desta enzima para todos os tratamentos de adubação nitrogenada.

Semelhantemente ao que foi observado para a betaglicosidase, a atividade da enzima arilsulfatase foi maior no sistema consorciado para todos os tratamentos de adubação nitrogenada (Figura 2). A atividade da arilsulfatase no sistema consorciado apresentou média de $92,5 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}\text{solo h}^{-1}$, enquanto que no sistema de milho exclusivo foi de $73,1 \mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}\text{solo h}^{-1}$.

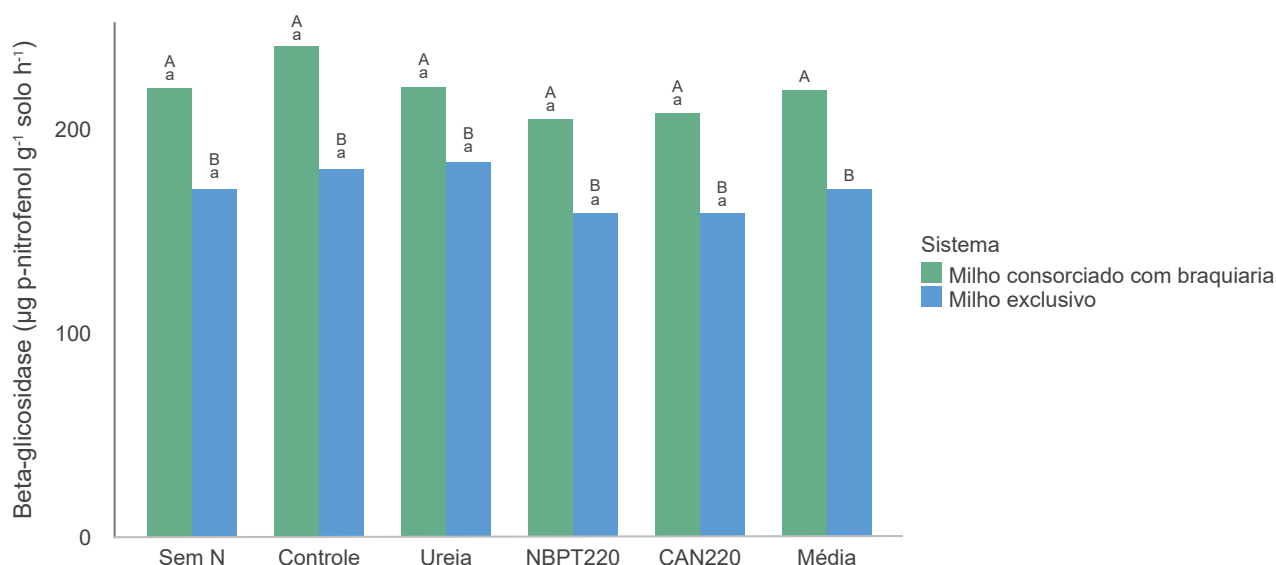


Figura 1. Atividade da enzima betaglicosidase em sistemas de cultivo milho silagem exclusivo e consorciado com braquiária, sob tratamentos de adubação nitrogenada. Letras maiúsculas diferentes para sistemas e letras minúsculas para tratamentos de adubação indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

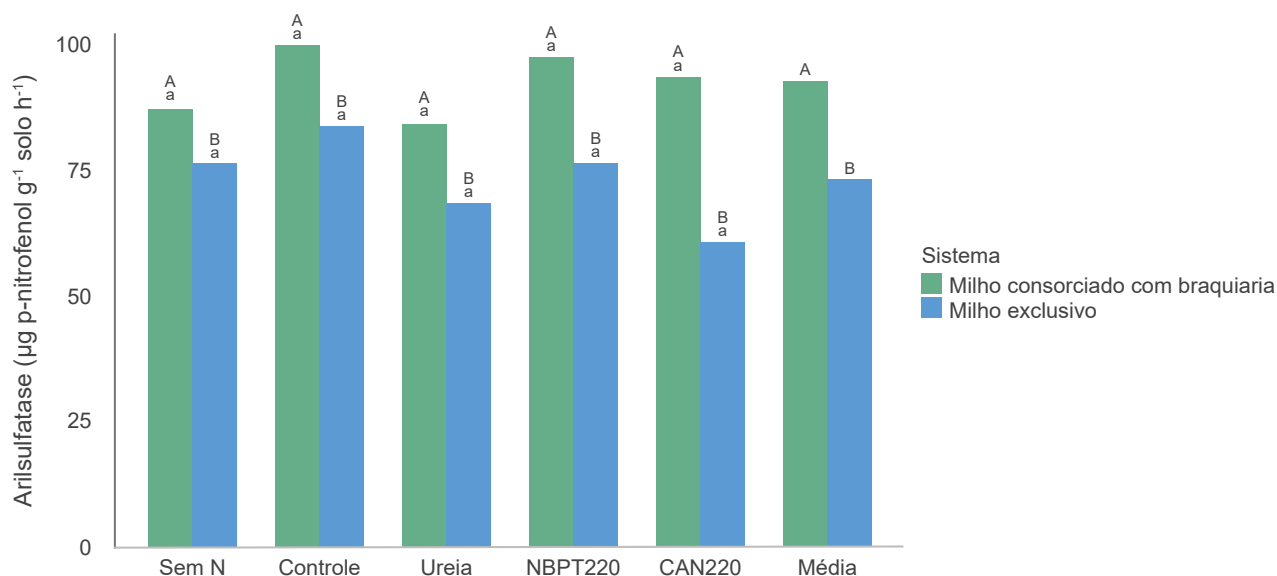


Figura 2. Atividade da enzima arilsulfatase em sistemas de cultivo milho silagem exclusivo e consorciado com braquiária, sob tratamentos de adubação nitrogenada. Letras maiúsculas diferentes para sistemas e letras minúsculas para tratamentos de adubação indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As enzimas betaglicosidase e arilsulfatase se mostraram sensíveis e tiveram sua atividade influenciada pelo sistema de produção de milho utilizado e/ou pelos tratamentos de adubação nitrogenada. Este comportamento foi observado também por Rodrigues et al. (2022) nas avaliações enzimáticas do solo sob cultivo de café utilizando-se braquiária consorciada, constatando maior atividade das enzimas betaglicosidase e arilsulfatase com 33 e 46% maiores que nos demais manejos ausentes de plantas de cobertura. De fato, a atividade de betaglicosidase e de arilsulfatase tem sido utilizada como bioindicadora da qualidade do solo, pois é maior em sistemas de manejo mais sustentáveis, refletindo a condição de saúde dele, conforme enfatizado por Mendes et al. (2019). Essas constatações subsidiaram, inclusive, o desenvolvimento de método de análise da atividade dessas duas enzimas em rotina para laboratórios prestadores de serviço, denominado BioAS, com classes de interpretação agrônoma dos resultados.

Conclusões

A análise de atividade das enzimas betaglicosidase e arilsulfatase foi sensível aos sistemas de cultivo de milho silagem exclusivo ou em consórcio com braquiária *rupestris*, bem como aos tratamentos de adubação nitrogenada.

O sistema consorciado apresentou, em geral, maiores valores de atividade enzimática, indicando melhor qualidade do solo.

Tais enzimas destacam-se como bioindicadoras da saúde do solo, sendo úteis na discriminação de alterações decorrentes de práticas e sistemas de manejo do solo e da cultura, associadas à sustentabilidade na produção de milho silagem.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela concessão da bolsa Pibic. À Yara Brasil e à Embrapa Milho e Sorgo, em parceria no projeto 20.23.00.061.00.00, pelo suporte financeiro.

Referências

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; 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**, v. 27, n. 3, p. 425-433, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000300004>.

MENDES, I. de C.; SOUSA, D. M. G. de; REIS JÚNIOR, F. B. dos; LOPES, A. A. de C.; SOUZA, L. M. de; CHAER, G. M. Bioanálise de solo: aspectos teóricos e práticos. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 10, p. 399-462, 2019.

MENDES, I. de C.; CHAER, G. M.; SOUSA, D. M. G. de; REIS JÚNIOR, F. B. dos; SILVA, O. D. D. da; OLIVEIRA, M. I. L. de; LOPES, A. A. de C.; SOUZA, L. M. de. Bioanálise de solo: a mais nova aliada para a sustentabilidade agrícola. **Informações Agrônomicas**, n. 8, p. 1-11, 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1128778/1/IEDA-Bioanalise-do-solo-informacoes-agronomicas.pdf>. Acesso em: 12 maio 2024.

NAÇÕES UNIDAS. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2**: fome zero e agricultura sustentável: erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/2>. Acesso em: 13 maio 2024.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 6 jun. 2024.

RODRIGUES, R. N.; REIS JÚNIOR, F. B. dos; LOPES, A. A. de C.; ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; VEIGA, A. D.; MENDES, I. de C. Soil enzymatic activity under coffee cultivation with different water regimes associated to liming and intercropped brachiaria. **Ciência Rural**, v. 52, n. 3, e20200532, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200532>.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: MICKELSON, S. H.; BIGHAM, J. M. (ed.). **Methods of soil analysis**: part 2: microbiological and biochemical properties. Madison: Soil Science Society of America, 1994, p. 775-833. (Soil Science Society of America. Book Series, 5).