

ROTAÇÃO DE ARROZ IRRIGADO E SOJA: IMPACTOS NA DISPONIBILIDADE DE NITROGENIO, ATIVIDADE ENZIMATICA DO SOLO E DESENVOLVIMENTO DE AZEVÉM

Filipe Selau Carlos¹; Iuri Rossi²; Marina Buchain²; Bruno Lewandoski³; Tiago Cereza²; Flávio Camargo⁴

Palavras-chave: rotação de culturas, amônio, nitrato, dinâmica bioquímica do solo.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a partir do crescimento exponencial da população mundial a agricultura moderna convergiu para mocultivos altamente especializados, com grande adoção de insumos e tecnologias que foram importantes para o aumento da produtividade e produção da grande maioria de alimentos no mundo (Sadik, 2012). Contudo, a perda da biodiversidade causada pela intensiva agricultura de monocultivo é uma das grandes preocupações mundiais (Figueroa et al., 2015). Na atividade orizícola esse cenário não é diferente, o mocultivo de arroz irrigado é uma prática comum na maior parte dos países asiáticos que concentram 90% da produção mundial desse cereal (IRRI, 2016) e no Brasil que é principal produtor de arroz da América Latina (SOSBAI, 2014). Sob esse mocultivo contínuo tem-se observado o aumento dos casos de plantas daninhas resistentes à herbicidas (Galon et al., 2008), maior infestação de doenças e redução da qualidade do solo de áreas cultivadas com arroz irrigado no Sul do Brasil.

A diversificação de cultivos é uma prática conservacionista que contribui para incrementar a diversidade de agroecossistemas (Mcdaniel and Grandy, 2016). Tem-se verificado em inúmeros trabalhos os benefícios da rotação de culturas, tais como o aumento dos estoques de carbono (Mcdaniel and Grandy, 2016), maior disponibilidade de nitrogênio, aumento da biomassa microbiana, maior atividade de enzimas extracelulares (Balota et al., 2014) e aumento da diversidade microbiana do solo (Souza et al., 2015). Contudo, a dinâmica de nutrientes como o nitrogênio e a atividade microbiana e seus reflexos sobre o desenvolvimento de plantas em ambientes de cultivo arroz irrigado sob rotação com leguminosas ainda são incipientes, principalmente nas condições subtropicais da América Latina.

A soja é a leguminosa que possui a maior área semeada no mundo. Seu amplo cultivo ocorre principalmente pelo seu alto valor proteico, o que a valoriza muito economicamente. No Brasil, o cultivo dessa oleaginosa vem crescendo acentuadamente, e no Sul do País ganhou força em rotação com a cultura do arroz irrigado, possibilitando inúmeros benefícios econômicos e agrônômicos. A soja possui capacidade de fixar simbioticamente nitrogênio que é um elemento essencial para nutrição do arroz (Carlos et al., 2015) e para o metabolismo microbiano. Por outro lado, o arroz é uma espécie que possui uma composição bastante distinta da soja, como alta relação C:N, alto teor de silício e lignina. A composição dessa gramínea tende a ter uma mineralização mais lenta no solo comparativamente as leguminosas (Mcdaniel and Grandy, 2016).

Além das características da biomassa vegetal, o arroz possui uma peculiaridade entre as principais culturas agrícolas, cerca de 75% da área cultivada no mundo é sob o irrigação por alagamento (IRRI, 2016). Esse sistema caracteriza-se por um ambiente de hipóxia que modifica totalmente a dinâmica bioquímica do solo. Sabe-se que o alagamento diminui a difusão de oxigênio para o solo cerca de 10.000 vezes comparativamente a atmosfera e reduz o potencial redox do solo (Carlos et al., 2015). Nesse ambiente reduzido os microrganismos passam a ter menor atividade e reduzir a atividade bioquímica do solo.

¹ Mestre, IRGA, Avenida Bonifácio Carvalho Bernardes, 1494, Cachoeirinha-RS. filipeselauCarlos@hotmail.com

² Graduando(a) em Agronomia, ULBRA.

³ Graduando em Química, ULBRA.

⁴ Doutor, UFRGS.

A prática da rotação de soja com arroz irrigado em áreas expressivas é uma prática recente no Brasil (SOSBAI, 2014) e na Ásia mesmo que a rotação com outras culturas seja mais frequente, é conduzida com outras espécies gramíneas como milho e trigo que possuem composição similar ao arroz (IRRI, 2016). Assim, há pouco entendimento da dinâmica do N e atividade de enzimas extracelulares do solo após a o cultivo de soja e arroz irrigado em solos de terras baixas no Sul do Brasil. Tampouco há informações claras a respeito das mudanças que ocorrem no solo e seus reflexos sobre o desenvolvimento de plantas após o cultivo de arroz irrigado e soja.

Nos hipotizamos que o cultivo de soja em áreas com longo histórico de cultivo de arroz irrigado é importante para aportar resíduos vegetais de maior labilidade. Essa condição irá aportar maior quantidade de N ao solo, aumentar a atividade de enzimas extracelulares, e beneficiar o desenvolvimento de plantas de azevém cultivadas em sucessão.

Nesse cenário, o objetivo desse trabalho é avaliar após os cultivos de arroz irrigado e soja em solo historicamente cultivado com arroz irrigado: I) a disponibilidade de formas minerais de N no solo; II) quantificar a atividade de enzimas extracelulares e III) avaliar o desenvolvimento de plantas de azevém.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação EEA IRGA, Cachoeirinha, Rio Grande do Sul. O solo foi classificado com um Gliessolo Háptico. Possui 200 g kg^{-1} de argila; pH 5,3; 12 mg dm^{-3} de P; $41,8 \text{ mg dm}^{-3}$ de K; 3,1 e 1,2 cmol. dm^{-3} de Ca e Mg, respectivamente. Essa área anteriormente a implantação do experimento estava sob cultivo de arroz irrigado a 70 anos. O delineamento experimental é de blocos casualizados com quatro repetições. A unidade experimental são parcelas de $10 \times 10 \text{ m}$, totalizando uma área útil de 100 m^2 . Os tratamentos implantados nesse experimento foram o cultivo de arroz irrigado e de soja no ano agrícola 2015/16. Na área cultivada com arroz irrigado foi semeado a cultivar IRGA 424 RI com densidade de semente de 100 kg ha^{-1} recebendo uma adubação de 150, 68 e 108 kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e K_2O , respectivamente. Já a soja foi utilizada a cultivar ponta semeada na densidade de 14 plantas por metro linear e recebeu uma fertilização de 130 e 120 kg ha^{-1} de K_2O e P_2O_5 , respectivamente.

As coletas de solo para avaliação das enzimas e N mineral do solo foram feitas a cada 15 dias nas 5 primeiras coletas e espaçadas a cada 20 dias para as demais coletas após o colheita de soja e arroz. No total foram 9 coletas que totalizaram um período de avaliação de 150 dias após a colheita. Foram coletadas 6 sub amostras de solo em cada unidade experimental na camada de 0-5 cm e posteriormente homogeneizadas. Estas eram então encaminhadas ao laboratório onde eram tamisadas (2mm) e posteriormente determinados os teores de amônio e nitrato pelo método de micro destilação *Kjeldahl* (Tedesco et al., 1995). Para as determinações da atividade enzimática do solo utilizou-se metodologia descrita por Tabatabai (1982). Em quatro datas ao longo do período de outono-inverno de 2016 também foram coletadas amostras de azevém em 4 pontos de $0,25 \text{ m}^2$ por unidade experimental para quantificar a produção de matéria seca. Posteriormente essas amostras eram secas em estufa a 65°C e pesadas. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. As análises que demonstraram significância pelo F-teste ($p < 0,05$) foram submetidas à comparação de médias pelo teste de Tukey ($\alpha < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as enzimas extracelulares, em maior ou menor intensidade, tiveram efeito significativo da inclusão do cultivo de soja no solo (Figura 1). A atividade da β -glucosidase foi superior após o cultivo de soja na maioria das avaliações (Figura 1A). Apenas uma avaliação após a cultura do arroz irrigado foi superior a $100 \mu\text{g de PNP g}^{-1} \text{ h}^{-1}$, enquanto que após o cultivo da leguminosa a maioria da expressão dessa enzima foi acima de $100 \mu\text{g de}$

PNP $g^{-1} h^{-1}$. Por outro lado, para atividade da urease, observaram-se diferenças significativas nos primeiros 45 dias de avaliação onde coincidiu com os maiores valores de atividade dessa enzima (Figura 1B). Nos primeiros 30 dias de avaliação a urease teve maior atividade após o cultivo da soja e na terceira avaliação após o cultivo de arroz irrigado. Posteriormente, independente do cultivo observaram-se valores que ficaram entre 15 e 30 $mg NH_4^+ g^{-1} 2h^{-1}$. A atividade da fosfatase ácida, similar a β -glucosidase, teve grande influência do cultivo de soja sendo superior na grande maioria das avaliações (Figura 1C). Após o cultivo de soja observou-se maior atividade da fosfatase no período inicial dos 75 dias. Enquanto que após o cultivo de arroz irrigado se manteve oscilando entre 30 e 60 μg de PNP $g^{-1} h^{-1}$, com exceção de picos aos 30 e 150 dias de avaliação. A atividade da fluoresceína diacetato foi superior após o cultivo de soja em 44% das avaliações em relação ao tratamento cultivado com arroz irrigado (Figura 1D).

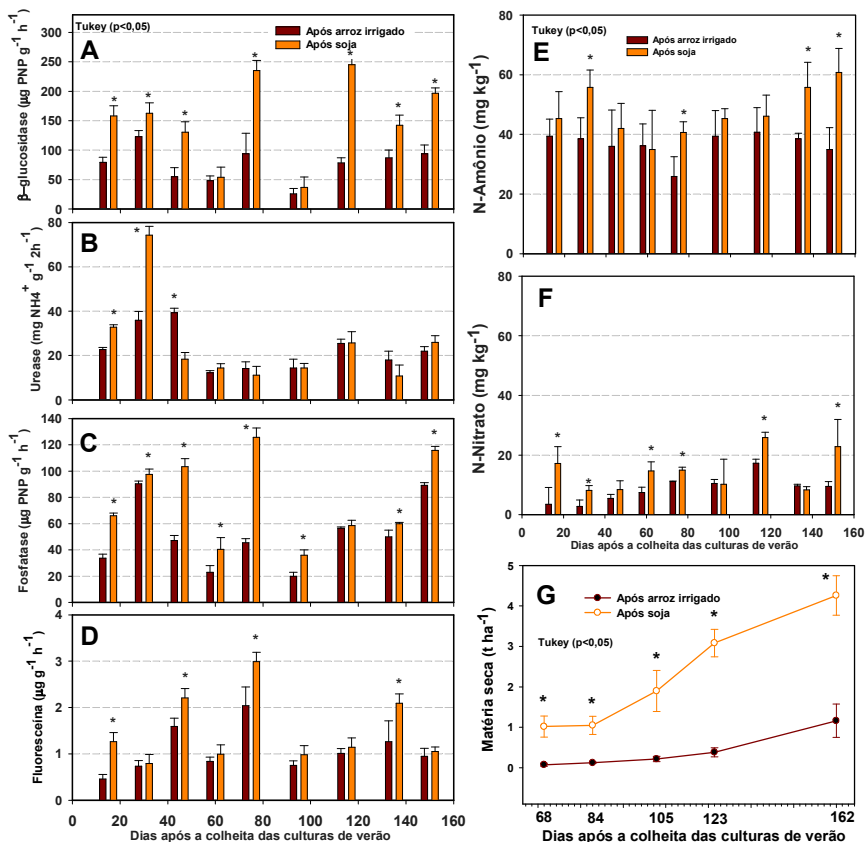


Figure 1. Atividade de β -glucosidase (A), urease (B), fosfatase ácida (C), diacetato de fluoresceína (D), N-Amônio (E), N-Nitrato (F) e desenvolvimento de azevém (G) após o cultivo de arroz irrigado e soja em um Gleissolo Háplico. Barras verticais indicam o desvio padrão. Tukey ($p < 0.05$).

Para os teores de N mineral no solo verificou-se que das 9 avaliações realizadas em 44% (4 avaliações) os teores de amônio após o cultivo de soja foram superiores a área

cultivada com arroz (Figura 1E). Com relação aos teores de nitrato, essa tendência é ainda maior, em 67% (6 avaliações) os teores foram superiores quando o cultivo anterior foi a leguminosa (Figura 1F). Os teores de amônio foram constantes ao longo do período de avaliação das avaliações realizadas. Por outro lado, observa-se que os teores de nitrato apresentaram, independente do cultivo anterior, tendência de aumento dos teores dessa forma mineral ao decorrer do tempo de avaliação. Observou-se também que a maior parte do nitrogênio mineral no solo foi encontrado na forma amoniacal, onde os teores foram na faixa de 30 a 50 mg dm⁻³, enquanto que o nitrato, a maior parte dos teores verificados, independente do cultivo anterior, foi entre 10 e 20 mg dm⁻³ (Figura 1). A maior disponibilidade de N mineral no solo e a maior atividade enzimática propiciaram condições mais favoráveis ao desenvolvimento de plantas de azevém que tiveram produção de biomassa vegetal cerca de 200% superior após o cultivo da leguminosa em comparação ao arroz irrigado.

CONCLUSÃO

O cultivo de soja em terras baixas em rotação com o arroz irrigado é uma alternativa para o aumento da disponibilidade de nitrogênio mineral no solo e incremento da atividade de enzimas. Essas mudanças significativas no solo se refletem no maior desenvolvimento de biomassa vegetal de plantas de azevém cultivado em sucessão à cultura da soja comparativamente ao cultivo de arroz irrigado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balota, E.L., Machineski, O., Truber, P.V., Auler, P.A.M., 2011. Effect of tillage systems and permanent groundcover intercropped with orange trees on soil enzyme activities. *Brazilian Arch. Biol. Technol.* 54, 221–228. doi:10.1590/S1516-89132011000200001
- Carlos, F.S., Marafon, A.J., Andrezza, R., Anghinoni, I., Tedesco, M.J., Camargo, F.A.O., 2015. Electrochemical changes and nutrient dynamics in the solution of soil with rice irrigated with treated industrial leachate | Alterações eletroquímicas e dinâmica de nutrientes na solução do solo em arroz irrigado com lixiviado industrial tratado. *Rev. Bras. Cienc.* do Solo 39. doi:10.1590/01000683rbc20140127
- Figuerola, E.L.M., Guerrero, L.D., Türkowsky, D., Wall, L.G., Erijman, L., 2015. Crop monoculture rather than agriculture reduces the spatial turnover of soil bacterial communities at a regional scale. *Environ. Microbiol.* 17, 678–688. doi:10.1111/1462-2920.12497
- Galon, L., Panozzo, L.E., Noldin, J.A., Concenço, G., Tarouco, C.P., Ferreira, E.A., Agostinetto, D., Silva, A.A., Ferreira, F.A., 2008. Resistência de *Cyperus difformis* a herbicidas inibidores da ALS em lavoura de arroz irrigado em Santa Catarina. *Planta Daninha* 26, 419–427. doi:10.1590/S0100-83582008000200019
- IRRI, 2016. Rice facts [WWW Document]. URL <http://irri.org> (accessed 8.22.16).
- Mcdaniel, M.D., Grandy, A.S., 2016. Soil microbial biomass and function are altered by 12 years of crop rotation 2, 583–599. doi:10.5194/soil-2-583-2016
- Sadik, N., 2012. Population growth and the food crisis. *Agric. Consum. Prot.*
- SOSBAI, 2016. Arroz Irrigado - Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil, Embrapa Clima Temperado. Bento Gonçalves.
- Souza, R.C., Hungria, M., Cantão, M.E., Vasconcelos, A.T.R., Nogueira, M.A., Vicente, V.A., 2015. Metagenomic analysis reveals microbial functional redundancies and specificities in a soil under different tillage and crop-management regimes. *Appl. Soil Ecol.* 86, 106–112. doi:10.1016/j.apsoil.2014.10.010
- Tabatabai, M. G., 1982. Soil Enzymes: Methods Soil Anal. Part 2. *Microbiol. Biochem. Prop.* 9, 903–947. doi:10.1002/0471263397.env211
- Tedesco, M., Gianello, C., Bissani, C., Bohnen, H., Volkwiess, S., 1995. Análises de solo, plantas e outros materiais, 2nd ed. Porto Alegre-RS, Brazil.