

NITROGÊNIO MINERAL NA SOLUÇÃO DO SOLO DURANTE O CICLO DO ARROZ IRRIGADO COM CULTIVO DE LEGUMINOSA HIBERNAL E DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

Adriano Vilmar Garcia¹; Tainá Bartmann²; Luciano Brauwiers²; Amanda P. Martins³; Felipe de Campos Carmona⁴

Palavras-chave: Nitrogênio, *Oryza sativa*, solução do solo.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é ingrediente básico na alimentação diária de mais de 2,5 bilhões de pessoas no mundo (CANCELLIER, et al. 2011). O estado do Rio Grande do Sul (RS) responde a 65% da produção nacional de arroz (AZAMBUJA e VERNETTI JR. 2004), beirando 12 milhões de toneladas produzidas (CONAB, 2018). O cultivo de arroz irrigado por alagamento é o sistema mais usado pelos produtores rurais, alcançando um milhão de hectares no RS (IBGE, 2016).

Segundo Anghinoni et al. (2004) o nitrogênio (N) é o nutriente que mais limita a obtenção de moires rendimentos produtivos da cultura. A forma mais comum de adubação deste nutriente é com ureia. Da totalidade de N encontrado no solo, 95 % está na forma orgânica, indisponível para as plantas absorverem, os outros 5%, a fração inorgânica, é composta por basicamente por três formas disponíveis as plantas: amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-). A presença natural de N mineral do solo é resultado da mineralização dos restos das plantas por microrganismos, principalmente de leguminosas com associação biológica com rizóbios, fixando N_2 da atmosfera, gerando restos culturais muito ricos neste nutriente (STEVENSON et al. 1982). Segundo Poutala & Hannukkala (1995) o trevo persa (*Trifolium resupinatum* L.) apresenta em média 197 kg/ha de N em sua biomassa, similar a outros estudos que mostraram a concentração de 195 kg/ha (KIRCHMANN, 1988).

A análise de solução do solo é comumente usada para mensurar a concentrações de nutrientes em cultivo de arroz irrigado (SILVA; SOUSA; BOHNEN, 2003) e (CARLOS et al. 2015). O objetivo deste trabalho foi avaliar os valores de N mineral nas suas formas em sistemas com e sem a presença de leguminosa hiberna trevo persa e com diferentes doses de N/ha na forma de ureia, durante o período de alagamento de oito semanas em três profundidades de coleta.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro Tecnológico Integrar/Agrinova, localizado no município de Capivari do Sul na região fisiográfica da planície costeira externa do Rio Grande do Sul, Brasil (-30.166656, -50.492854). O solo da área é um Planossolo Háplico (EMBRAPA, 2006). A cultivar utilizada foi a BRS Pampeira, de ciclo médio que foi semeada no dia 23 de outubro de 2018 (110 kg/ha) e a adubação de base foi de 25 kg N/ha, 63 kg/ha de fósforo e 95 kg/ha de potássio segundo recomendação pelo Manual de Adubação e Calagem pela CQFS-RS/SC (Comissão de Química e Fertilidade do Solo) e SOSBAI (2016). Quando o arroz se encontrava em estágio V3-4,

¹ Eng. Agr., estudante de mestrado/PPG Ciência do solo – UFRGS, C.P., Porto Alegre, RS, fone: (51) 99427-6312, e-mail: adriwilmar@gmail.com

² Acadêmico de Agronomia., UFRGS/Faculdade de Agronomia, e-mail: tainabt@hotmail.com; mateus.goulart@ufrgs.br

³ Drª. Engª. Agr., Professora da Faculdade de Agronomia – UFRGS, e-mail: amanda.posselt@ufrgs.br

⁴ Dr. Eng. Agr., pesquisador da Integrar – Gestão e Inovação Agropecuária. e-mail: felipe.c.carmona@gmail.com

foram realizadas a aplicação de doses de 0, 50, 100, 150, 200 kg N/ha na forma de ureia. Também foram instalados coletores de solução do solo nas profundidades de 5, 10 e 20 cm. Logo após, iniciou-se a irrigação por alagamento da lavoura. Os coletores foram confeccionados seguindo metodologia proposta por Silva, Sousa e Bohnen (2003) com cano de plástico rígido PVC (*policloreto de vinila*) com 25 mm de diâmetro, de 4 cm de comprimento, com tela de náilon nas extremidades. As coletas de solução do solo foram realizadas na 1ª, 2ª, 3ª, 5ª, 7ª e 9ª semana após o alagamento da área (SAA). Após coletadas, foram medidos o pH, com eletrodo de vidro e condutor/AgCl (peagômetro Digimed DM20) calibrado com solução-tampão de pH 4,0 e 7,0, e condutividade elétrica com tubo de platina (condutivímetro Digimed DM31) calibrado com solução padrão de $1,412 \mu\text{S cm}^{-1}$. Posteriormente foi analisado N mineral (NH_4^+ e $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) por destilação em arraste de vapor semi-micro Kjeldahl (TEDESCO, et al. 1995). Os dados de N mineral foram tabulados e calculados em planilha eletrônica Excel e analisados estatisticamente com o programa R® (2015) para significância Tukey ($p < 0,05$). Foram avaliados os dois sistemas com e sem leguminosa, cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg/ha) em três profundidades, em um fatorial $2 \times 5 \times 3$. O experimento fatorial foi distribuído em blocos randomizados com três repetições cada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de N mineral total ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$), desconsiderando a presença de leguminosa hiberna, estão dispostos na Tabela 1. De maneira geral as médias entre as repetições mostraram a mesma interação, os maiores valores estão na profundidade de 5 cm, reduzindo nas profundidades inferiores.

Tabela 1. Valores de Nitrogênio mineral total na solução de um solo durante oito semanas após alagamento (SAA), em função de doses de nitrogênio e profundidade de extração das amostras em lavoura de arroz irrigado - Capivari do Sul, RS.

Prof. ²	Dose kg N/ha ³	Semanas após alagamento (SAA) ⁴					
		1ª	2ª	3ª	4ª	6ª	8ª
		mg N min total/L ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$)¹					
5 cm	0	1,53 Ae3	3,74 Acd2	5,43 Acd1	3,32 Ac2	2,40 Ab23	0,89 Ac34
	50	4,37 Ad2	4,71 Ac2	6,39 Acd1	4,04 Abc23	3,03 Aab3	1,00 bc4
	100	5,87 Ac2	4,90 Ac23	8,42 Abc1	4,35 Abc3	3,65 Aab34	1,57 b4
	150	7,59 Ab2	6,37 Ab3	10,99 Ab1	5,13 Aab4	4,20 Aa45	2,20 Aab5
	200	8,45 Aa2	8,45 Aa2	14,69 Aa1	5,83 Aa3	4,88 Aa34	3,49 Aa4
10 cm	0	0,80 Bc23	1,85 Bbc12	2,49 Bc1	1,78 Bbc12	1,09 Bbc2	0,42 b3
	50	2,49 Bbc1	2,51 Bb1	2,91 Bbc1	2,49 Bab1	1,47 Bb2	0,46 b3
	100	2,44 Bbc1	1,94 Bbc12	2,91 Bbc1	2,21 Bb12	2,08 Bab12	1,09 ab2
	150	3,95 Bb1	2,44 Bab2	3,91 Bab1	2,41 Bab2	2,54 Ba2	1,34 Ba3
	200	5,16 Ba1	3,10 Ba23	4,30 Ba12	3,19 Ba23	2,77 Ba3	1,94 Ba3
20 cm	0	0,89 Bc1	0,60 Cb1	0,91 Cb1	0,53 Cb1	0,34 Cbc1	0,12 bc12
	50	1,33 Cbc1	0,86 Cab12	1,33 Cab1	0,97 Cab12	0,59 Cb12	0,30 b12
	100	0,94 Bbc12	0,93 Cab12	1,60 Ca1	1,42 Ca1	1,18 Bab1	0,60 ab12
	150	1,68 Cb1	1,23 Ca12	1,96 Ca1	1,65 Ca1	1,45 Ca1	0,72 ab2
	200	2,55 Ca1	1,22 Ca2	1,85 Ca12	1,43 Ca12	1,36 Ca12	1,03 Ca2

^{1/} Médias seguidas de mesma letra na coluna e linha não diferem pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

^{2/} Letras maiúsculas diferenciam profundidades em mesma dose e coleta;

^{3/} Letras minúsculas diferenciam doses em mesma profundidade e coleta; e

^{4/} números diferenciam coletas em mesma dose e profundidade.

Os valores aumentaram conforme a dose aplicada de N mineral entre as profundidades e entre as coletas, porém em menor influência nas profundidades de 10 e 20 cm. Entre as coletas realizadas, os valores de N mineral aumentaram até a 3ª SAA, posteriormente diminuindo até a 8ª SAA. O maior valor foi na profundidade de 5 cm, no tratamento com 200 kg N/ha e na 3ª SAA.

Os valores encontrados de N mineral acordam com os valores encontrado por Carlos et al. (2015), que encontrou resultados semelhantes em avaliações feitas em experimento de vasos com aplicação de adubos nitrogenados e de efluentes industriais tratados (EIT) em arroz irrigado, obtendo alta interações entre as doses de N aplicadas e com a quantidade de EIT. No entanto, contrastando com os resultados entre as SAA, onde o presente trabalho ocorreu um aumento até a 3ª SAA e em Carlos et al. (2015) os valores reduzem após a primeira SAA. Segundo Veçozzi et al.(2018) os valores de tanto de amonio e nitrato são maiores conforme a dose de adubo nitrogenado em cobertura, porém a partir da segunda semana não demonstram qualquer interação com as doses, atribuindo estes resultados a rápida absorção pelas plantas e a as perdas do sistema pelos processos de nitrificação/desnitrificação (CAMERON; DI; MOIR, 2013). Em base nos valores entre coletas e da metodologia aplicada podemos inferir que a coleta mais intensa nos primeiros dias após a aplicação de adubos nitrogenados mostre de forma mais evidente como os processos de perda de O₂ que ocorrem em sistemas alagados de produção de arroz.

Na Figura 1 analisamos como o cultivo de leguminosas hibernais afeta o N mineral na solução do solo. Separando apenas os valores para o tratamento testemunha, sem aplicação de N em cobertura, podemos observar que o sistemas com o cultivo de leguminosa hiberna apresentam valores quatro vezes maiores na forma de NH₄⁺ quando comparados aos valores sem leguminosa hiberna, provavelmente devido a mineralização dos restos de plantas ricas em N, por microorganismos.

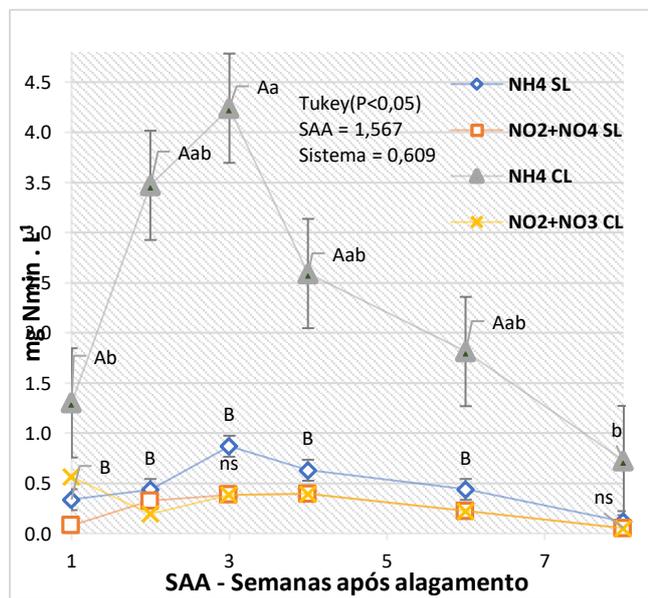


Figura 1. Concentrações e formas de amônio (NH₄⁺) sem leguminosa (NH₄ SL) e com leguminosa (NH₄ CL); e de nitrito + nitrato (NO₂⁻ + NO₃⁻) sem leguminosa (NO₂+NO₃ SL) e com leguminosa (NO₂+NO₃ CL) na solução do solo após o alagamento de lavoura de arroz sem adubação nitrogenada de cobertura. Barras verticais indicam erro padrão. Valores de SAA e sistema indicam os valores da diferença mínima estatística (dms) para as concentrações de amônio entre as SAA e os a presença de leguminosas hibernais para Tukey (p<0,05). Letras maiúsculas diferenciam concentrações de amônio com e sem leguminosas; letras minúsculas diferenciam concentrações de amônio nas SAA.

CONCLUSÃO

As concentrações de N mineral na solução do solo foram afetadas pela profundidade e variaram durante as oito SSA. A dose de ureia aplicada tem correlação positiva com as concentrações de N mineral na solução solo, principalmente na profundidade de 5 centímetros. A forma mais abundante de N mineral na solução do solo alagado é o amônio, e suas concentrações aumentam com o cultivo de leguminosas hibernais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGHINONI, I. **Fertilidade dos solos com arroz irrigado no sul do Brasil**. vol.1. 52f. Cachoeirinha, Rio Grande do Sul: IRGA, 2004. (Boletim Técnico).
- AZAMBUJA, I.H.V. **Aspectos socioeconômicos da produção de arroz**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. (Embrapa. Relatório Técnico).
- CAMERON, K.c.; DI, H.j.; MOIR, J.l.. Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. **Annals Of Applied Biology**, [s.l.], v. 162, n. 2, p.145-173, 1 fev. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/aab.12014>.
- BRASIL. CONAB. **Levantamento de safras**. 2018. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br> >. Acesso em: 27 mar. 2019.
- CANCELLIER, E.I. et al. Eficiência agrônômica no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 6, n. 4, p.650-656, 31 dez. 2011. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v6i4a1420>.
- CARLOS, Filipe Selau et al. Alterações eletroquímicas e dinâmica de nutrientes na solução do solo em arroz irrigado com lixiviado industrial tratado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 39, n. 2, p.466-474, abr. 2015. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140127> >. Acesso em: 02 maio 2019.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC (Rio Grande do Sul e Santa Catarina). Núcleo Regional Sul: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de Adubação e Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: Nrs-rs/sc-sbcs, 2016. 376 p. ISBN: 978-85-66301-80-9.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA EM AGROPECUÁRIA (Brasil). Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.
- IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agropecuária**.2012. Disponível em: < <http://sidra.ibge.gov.br/home/lspa> >. Acesso em: 27 mar. 2019.
- KIRCHMANN, Holger. Shoot and Root Growth and Nitrogen Uptake by Six Green Manure Legumes. *Acta Agriculturae Scandinavica*, [s.l.], v. 38, n. 1, p.25-31, jan. 1988. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00015128809436585>.
- POUTALA, R. T.; HANNUKALA, A.. The effect of the method of incorporation of *Trifolium resupinatum* L. and *Vicia villosa* Roth. Residues in the Soil on the Performance of a Succeeding Cereal Crop. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science**, [s.l.], v. 45, n. 4, p.251-257, dez. 1995. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09064719509413111>.
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <<https://www.R-project.org/>>.
- SILVA, Leandro Souza da; SOUSA, Rogério Oliveira de; BOHNEN, Humberto. Alterações no teores de nutrientes em dois solos alagados, com e sem planta de arroz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p.487-490, jun. 2003. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782003000300014&lng=pt&nrm=iso >. Acesso em: 02 maio 2019.
- SOSBAI - SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. 31. ed. Pelotas: Sosbai, 2016. 200 p. Disponível em: < http://www.sosbai.com.br/docs/Boletim_RT_2016.pdf >. Acesso em: 23 abr. 2019.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (5). Boletim Técnico.