

TEORES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E FRAÇÕES SOLÚVEIS EM DUAS VARIEDADES DE ARROZ CULTIVADAS EM SOLUÇÃO NUTRITIVA SOB DOIS NÍVEIS DE NITRATO

ANDRÉ MARQUES DOS SANTOS¹; ELVIA MARIAM LIS MARTINEZ STARK²; MANLIO SILVESTRE FERNANDES³; SONIA REGINA DE SOUZA²

1. Eng. Agrônomo Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, CEP 23890-000, Seropédica - RJ, e-mail: amarques@ufrjr.br; 2. Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, UFRRJ; 3. Departamento de Solos, Instituto de Agronomia, UFRRJ.

RESUMO

Os trópicos apresentam duas estações (verão e inverno) bem definidas que condicionam a disponibilidade de nutrientes para as plantas ao início do período chuvoso. O cultivo de arroz de sequeiro neste ambiente está sujeito a fluxos sazonais de N, pois o NO_3^- é lixiviado do perfil após chuvas intensas. Para simular essas condições, foram cultivadas em casa de vegetação duas variedades de arroz (Manteiga e Lageado) em solução nutritiva, com 20 mg. $\text{N-NO}_3\text{L}^{-1}$ até os 20 dias após a germinação (DAG), quando um grupo de plantas passou a receber 200 mg. $\text{N-NO}_3\text{L}^{-1}$ e outro grupo permaneceu com 20 mg. $\text{N-NO}_3\text{L}^{-1}$. Aos 32 DAG as plantas foram coletadas, pesadas e os teores de açúcares solúveis, N-Amino livre, N-NO_3^- , N-total e fósforo foram determinados. A variedade Lageado foi mais eficiente na produção de massa vegetal e acumulou nitrogênio quando submetida a altas doses de nitrato, enquanto a variedade Manteiga apresentou maior crescimento em condições de baixa disponibilidade de N-NO_3^- . A variedade Lageado apresentou maior acúmulo total de P, NO_3^- e N-total. Os resultados sugerem que a variedade Manteiga apresenta maior adaptação a menores níveis de N-NO_3^- e a variedade Lageado é capaz de acumular elevados teores deste elemento em suas raízes quando submetida a altas doses de N-NO_3^- em solução, podendo consistir numa vantagem se for considerada a possibilidade de acúmulo de nitrato no “pool” de reserva para posterior remobilização.

Palavras-chave: variedades tradicionais, N-amino, açúcares solúveis, aquisição e uso de N.

ABSTRACT

NITROGEN, PHOSPHORUS AND SOLUBLE FRACTION CONTENT IN TWO RICE VARIETIES GROWN IN NUTRIENT SOLUTION UNDER TWO NITRATE LEVELS

The tropics show two well defined station (summer and winter) that regulates the nutrients availability for the plants to beginning of the rainy period. The cultivation rice in this environment is under seasonals fluxe of N, because NO_3^- is lost of the soil after intense rain. To simulate this conditions, two rice varieties (Manteiga and Lageado) was growth in greenhouse in nutrient solution under 20 mg. $\text{NO}_3^- \text{-NL}^{-1}$ 20 days after germination (DAG), when a group received 200 mg. $\text{NO}_3^- \text{-NL}^{-1}$ and the other group continued to receive 20 mg. $\text{NO}_3^- \text{-NL}^{-1}$. The plants were collected 32 days after the germination. The content of soluble sugars, free amino-N, $\text{NO}_3^- \text{-N}$, total-N, phosphorus, fresh weight and dry weight were determinate. The Lageado variety was more efficient in the production of biomass and it accumulated more nitrogen under the high-N treatment. On the other hand, the Manteiga variety showed higher growth when under low nitrate-N. The Lageado variety showed larger total accumulation of P, NO_3^- and total-N. The results show that Manteiga variety has greater adaptation to the lower levels of $\text{NO}_3^- \text{-N}$ and Lageado variety is able to accumulate high content of nitrate in its roots when under high levels of $\text{NO}_3^- \text{-N}$ in solution. This may consists an advantage if considered the possibility of nitrate accumulation in the vacuole for further remobilization.

Key words: traditional varieties, amino-N, soluble sugars, uptake and use of N.

INTRODUÇÃO

O arroz é um dos cereais mais importantes para o homem, fazendo parte da alimentação básica de mais de três bilhões de pessoas. Anualmente são plantados mais

de 150 milhões de hectares e a produção mundial chega a 600 milhões de toneladas (Fischer *et al.*, 2000). Sua importância se torna ainda maior para as populações de baixa renda que cultivam este cereal em lavouras de subsistência, utilizando-o como seu principal alimento.

Lavouras deste tipo caracterizam-se pela utilização de variedades adaptadas às condições ambientais da região e pouco exigentes. O Estado do Maranhão é caracterizado por apresentar uma agricultura baseada neste modelo, utilizando variedades tradicionais de arroz (Canedo, 1993). Existem duas estações bem definidas nesta região, um período de chuvas e um período seco, características do clima tropical. Segundo Greenland (1958) e Wetselaar (1961a, b), este tipo de clima ocasiona fluxos sazonais de nutrientes no solo. Dentre estes, o nitrogênio (N), encontrado predominantemente na forma nítrica, está sujeito à lixiviação intensa durante a estação das chuvas, tornando-se disponível para as plantas apenas no início do período úmido, devendo, portanto, ser absorvido rapidamente.

Pesquisas realizadas em Ghana, África, com variedades locais de arroz têm demonstrado que variedades locais possuem níveis de nutrientes e proteínas superiores aos encontrados nas variedades melhoradas e sugerem sua utilização em futuros programas de melhoramento (Adu-Kwarteng *et al.*, 2003). Resultados similares têm sido encontrados com variedades tradicionais do estado do Maranhão, evidenciando sua maior eficiência quanto à aquisição e uso de N (Ferraz Júnior, 1993; Souza *et al.*, 1998), demonstrando também a habilidade destas variedades em produzir altos teores de proteína no grão (Araújo, 2002; Souza *et al.*, 2002). Os resultados obtidos com estas variedades tradicionais de arroz indicam a necessidade de mais estudos que visem ao entendimento dos mecanismos relacionados à absorção e remobilização de N, permitindo a utilização desses dados na geração de novas variedades, mais eficientes na aquisição e uso de N, produção de grãos, e portanto menos dependentes de insumos externos.

Neste sentido, foi conduzido um experimento com o objetivo de simular a sazonalidade da disponibilidade de N, avaliando-se o comportamento de duas variedades de arroz tradicionais do Maranhão quanto aos teores de açúcares solúveis, N-Amino, $N-NO_3^-$, N-total e Fósforo e produção de massa fresca e seca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Solos na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, município de Seropédica – RJ, em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial com três repetições. Duas variedades de arroz (Manteiga e Lageado) procedentes respectivamente dos municípios de Penalva e Arari (Maranhão) e que são geneticamente bastante diferentes, apresentando apenas 20% de similaridade entre si (Araújo, 2002), foram cultivadas em vasos com solução nutritiva de Hoagland modificada, pH 5,5 (Hoagland & Arnon, 1950).

As sementes foram germinadas sobre gaze em vasos com água. Após a germinação foram transferidas duas

plântulas para cada vaso de 5 L. A solução nutritiva contendo 20 mg. NL^{-1} na forma de NO_3^- foi fornecida nos primeiros sete dias após a germinação (DAG) a $\frac{1}{4}$ da força iônica, nos sete dias seguintes a $\frac{1}{2}$ da força iônica, as plantas passaram então a receber solução com força iônica total. A partir do 21º dia, um grupo continuou a receber solução nutritiva com 20 mg de $N-NO_3^-L^{-1}$ e outro grupo passou a receber 200 mg de $N-NO_3^-L^{-1}$, ambos na forma de NO_3^- . As soluções foram trocadas a cada três dias. O volume dos vasos foi mantido constante adicionando-se água destilada e o pH da solução foi corrigido diariamente.

A coleta de raiz e parte aérea foi realizada aos 32 DAG. Um grama de cada parte da planta coletada foi acondicionado em etanol (80%) e após a extração alcoólica (Fernandes, 1984) e partição com clorofórmio, a fração solúvel obtida foi utilizada para as determinações de açúcares solúveis (Yemm & Willis, 1957), N-Amino livre (Yemm & Cocking, 1955) e $N-NO_3^-$ (Cataldo *et al.*, 1975). O material seco sofreu digestão sulfúrica e o extrato foi utilizado para as determinações de N-total (destilação por arraste de vapor e titulação) e fósforo (Tedesco, 1983).

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa SISVAR (UFLA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância, de acordo com a diferença mínima significativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa entre a massa fresca da parte aérea nas variedades estudadas, sendo a variedade Lageado a que apresentou a maior massa fresca, tanto no tratamento de 20 quanto no de 200 mg. $N-NO_3^-L^{-1}$, observando-se o mesmo para a massa seca. Quanto à massa fresca e seca das raízes, os tratamentos aplicados não causaram diferenças significativas nas médias de massa (Tabela 1).

A variedade Manteiga, quando submetida ao tratamento de 200 mg. $N-NO_3^-L^{-1}$, apresentou um teor superior de fósforo (P) na parte aérea quando comparada com a variedade Lageado. Por outro lado, nas raízes, a variedade Manteiga apresentou maior teor médio de P tanto quando submetida ao tratamento de 20 quanto de 200 mg. $N-NO_3^-L^{-1}$ (Tabela 2). Em estudo avaliando-se a taxa de crescimento e acúmulo de P em trigo, foi observado que a mistura de fertilizantes nitrogenados (nitrito:amônio = 50:50, 75:25 e 100:0) aplicada contribuiu significativamente para a melhoria da absorção de fósforo (Valizadeh *et al.*, 2002). Entretanto, em nosso experimento não foi observado efeito das doses de $N-NO_3^-$ na absorção de fósforo.

Não houve diferença significativa entre as médias de N-total da parte aérea. No entanto, a variedade Manteiga apresentou maior teor médio de N-total nas raízes em relação à variedade Lageado quando submetida a 20 mg.

Tabela 1 – Massa fresca e massa seca da parte aérea e raiz de duas variedades de arroz submetidas a duas doses de $N-NO_3^-$.

$N-NO_3^-$ (mg N.L ⁻¹)	MASSA FRESCA (g. vaso ⁻¹)			
	Parte Aérea		Raiz	
	Manteiga	Lageado	Manteiga	Lageado
20	9,50 bA	17,55 aA	6,11 aA	8,87 aA
200	10,25 bA	17,08 aA	7,58 aA	9,08 aA
Média	9,87 b	17,31 a	6,84 a	8,97 b
	MASSA SECA (g. vaso ⁻¹)			
20	1,69 bA	2,80 aA	0,37 aA	0,68 aA
200	1,89 bA	3,46 aA	0,50 aA	1,30 aA
Média	1,79 b	3,13 a	0,43 a	0,99 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e mesma letra maiúscula na coluna para cada parte da planta não diferem significativamente entre si (teste de Tukey, $p < 0,05$).

$N-NO_3^- L^{-1}$ (Tabela 2). A quantidade total de N acumulado nas raízes mais parte aérea (mg N.vaso⁻¹) para cada variedade são ainda mais elucidativos a este respeito, pois enfatiza o maior acúmulo de N-total pela variedade Lageado quando submetida ao maior teor de nitrato (Figura 1). Este maior acúmulo deve estar relacionado a maior produção de massa fresca desta variedade em relação à variedade Manteiga. Estes dados reforçam a idéia de acúmulo de altas concentrações de nitrato por esta variedade durante a época de maior disponibilidade de nitrato, e posterior utilização em épocas de escassez (lixiviação intensa no final da estação chuvosa).

Tabela 2 – N-total e Fósforo da parte aérea e raiz de duas variedades de arroz submetidas a duas doses de $N-NO_3^-$.

$N-NO_3^-$ (mg N.L ⁻¹)	N-TOTAL (mg. g ⁻¹ massa seca)			
	Parte Aérea		Raiz	
	Manteiga	Lageado	Manteiga	Lageado
20	37,46 aA	34,55 aA	34,37 aA	21,80 bB
200	34,91 aA	33,70 aA	30,92 aA	28,83 aA
Média	36,18 a	34,13 a	32,64 a	25,31 b
	FÓSFORO (mg. g ⁻¹ massa seca)			
20	35,00 aA	31,65 aA	30,69 aA	23,14 bA
200	36,85 aA	25,79 bA	32,33 aA	25,30 bA
Média	35,93 a	28,72 b	31,51 a	24,22 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e mesma letra maiúscula na coluna para cada parte da planta não diferem significativamente entre si (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Alguns trabalhos demonstram a influência do conteúdo de água na massa fresca vegetal, relacionando este conteúdo à quantidade de nitrato nos tecidos. Estes trabalhos têm reportado correlação positiva entre o conteúdo de nitrato nas plantas e seu conteúdo de água, sendo esta correlação resultado do efeito da homeostase (efeito osmótico) provocada pelas concentrações endógenas de nitrato (Cárdenas-Navarro *et al.*, 1999).

Estudos anteriores já mostravam que o conteúdo de água e nitrato em plantas são positivamente correlacionados (Quinche & Dvorak, 1980; Quinche, 1982).

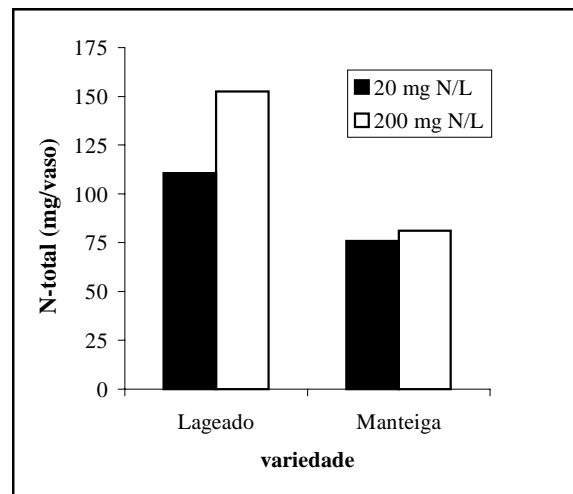


Figura 1 – N-total em plantas inteiras (raízes + parte aérea) de duas variedades de arroz submetidas a duas doses de $N-NO_3^-$. Dados seguidos de mesma letra entre variedades não diferem significativamente entre si (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Estas observações sugerem que a superioridade da massa fresca da variedade Lageado poderia ser explicada com base no maior conteúdo de água em função do nitrato absorvido. No entanto, não é possível afirmar que isto se dê em função do teor de nitrato acumulado por esta variedade, uma vez que a dose de N não influenciou na média de massa fresca nem na média de massa seca desta variedade (Tabela 1), havendo diferença significativa apenas quanto ao acúmulo médio de $N-NO_3^-$ na raiz entre os tratamentos, onde o acúmulo foi superior quando esta variedade foi submetida ao tratamento de 200 mg $N-NO_3^- L^{-1}$ (Figura 3). Além disso, foi observada correlação negativa entre a massa fresca total e o teor de N-total ($r = -0,78$), e massa seca e N-total ($r = -0,60$). Portanto, a superioridade do acúmulo de massa fresca apresentado pela variedade Lageado não está relacionado à quantidade de água acumulada em função do nitrato absorvido.

Em arroz, a aplicação de doses crescentes de N na forma de URAN, levou a um aumento no teor de N-amino livre e diminuição nos níveis de açúcares solúveis quando da aplicação da maior dose de N (Souza *et al.*, 1999). Quando duas variedades de arroz foram submetidas a duas fontes e duas doses de $N-NO_3^-$, a correlação entre os teores de N-amino livre nas folhas e açúcares solúveis foi negativa, indicando condição de estresse (Fernandes, 1990). Este comportamento não foi observado neste experimento, os teores de açúcares solúveis na parte aérea foram iguais para ambas as variedades e não sofreram alteração com o aumento do teor de $N-NO_3^-$ na solução nutritiva. No entanto, nas

Tabela 3 – Teores de Açúcares solúveis, N-amino livre e N-NO_3^- da parte aérea e raiz de duas variedades de arroz submetidas a duas doses de N-NO_3^- .

N- NO_3^- (mg N.L ⁻¹)	AÇÚCARES SOLÚVEIS (mg. g ⁻¹ massa fresca)			
	Parte Aérea		Raiz	
	Manteiga	Lageado	Manteiga	Lageado
20	11,50 aA	16,00 aA	4,43 aA	4,10 aA
200	12,50 aA	12,23 aA	5,07 aA	3,60 bA
Média	12,00 a	14,11 a	4,75 a	3,85 b
N-AMINO LIVRE (µmoles g ⁻¹ massa fresca)				
	Manteiga	Lageado	Manteiga	Lageado
	20	8,93 aA	10,13 aA	4,03 aA
200	8,55 aA	7,07 aA	5,01 aA	4,24 aA
Média	8,74 a	8,60 a	4,52 a	3,38 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e mesma letra maiúscula na coluna para cada parte da planta não diferem significativamente entre si (teste de Tukey, $p < 0,05$).

raízes, a variedade Manteiga apresentou maior teor médio de açúcares solúveis quando submetida ao tratamento de 200 mg $\text{N-NO}_3\text{L}^{-1}$ (Tabela 2).

O teor de N-amino livre pode ser utilizado como um indicador de estresse, pois sob condições de excesso de N, depleção de açúcar ou deficiência de P, plantas apresentam grandes “pools” de N-amino livre (Fernandes, 1991). Para os teores de N-amino livre da parte aérea, não foi observada nenhuma diferença significativa, nem entre as variedades estudadas nem entre os tratamentos aplicados, indicando não ter havido estresse durante a condução do experimento. Nas raízes, a variedade Lageado apresentou o maior teor médio de N-amino livre quando submetida a maior dose de N-NO_3^- (Tabela 2).

Não houve diferença significativa na média de acúmulo de N-NO_3^- na parte aérea. Por outro lado, a variedade Manteiga apresentou maior teor médio de NO_3^- na raiz em relação à variedade Lageado, quando submetidas ao tratamento de 20 mg $\text{N-NO}_3\text{L}^{-1}$, não havendo diferença significativa quando estas foram submetidas ao tratamento de 200 mg $\text{N-NO}_3\text{L}^{-1}$ (Figura 3). Houve aumento nos teores de nitrato, tanto nas raízes da variedade Lageado como da Manteiga, entretanto, as diferenças só foram significativas para a variedade Lageado (Figura 3).

Ambas as variedades apresentam redução no teor de N-NO_3^- na parte aérea (-16,73% para Manteiga e -34,06% para Lageado) e aumento nas raízes (+10,00% para Manteiga e +43,13% para Lageado) quando foram submetidas a 200 mg NL^{-1} . Entretanto, para a variedade Lageado pode ser observado que a diminuição do NO_3^- da parte aérea foi muito expressiva o que parece indicar um metabolismo intenso consumindo nitrato, ao mesmo tempo em que nas raízes NO_3^- acumula cerca de quatro vezes mais do que na variedade Manteiga (Figura 3).

Foi encontrado em arroz, acúmulo de altos níveis de NO_3^- sem aumento correspondente no “pool” de N-amino livre ou no conteúdo de N-proteico, levando a propor a

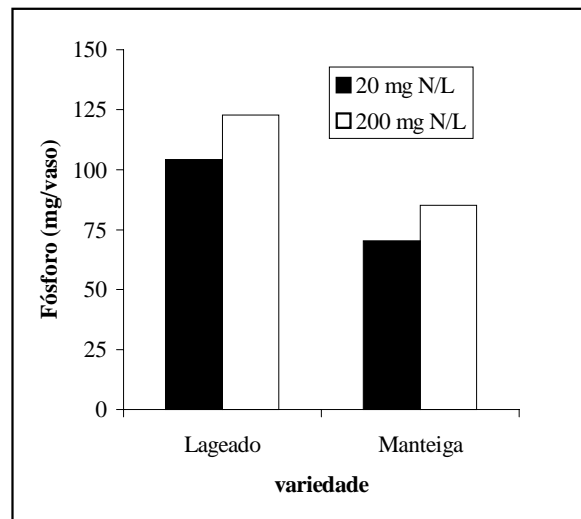


Figura 2 – Fósforo em plantas inteiras (raízes + parte aérea) de duas variedades de arroz submetidas a duas doses de N-NO_3^- . Dados seguidos de mesma letra entre variedades não diferem significativamente entre si (teste de Tukey, $p < 0,05$).

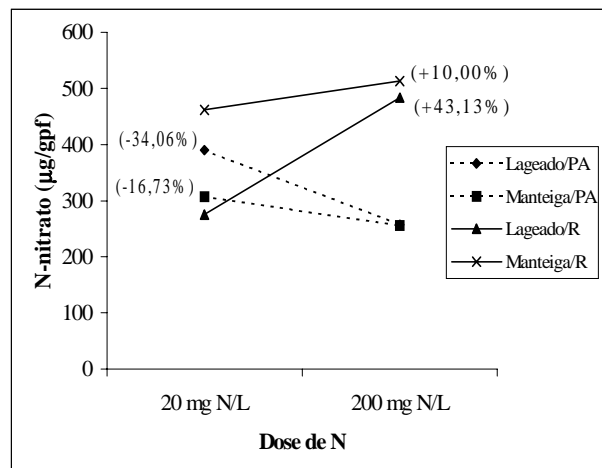


Figura 3 – Teores de N-NO_3^- na parte aérea (PA) e raízes (R) de duas variedades de arroz submetidas a duas doses de N-NO_3^- .

existência de um mecanismo de seqüestro de nitrato, para explicar o deslocamento de NO_3^- do “pool” metabólico para o “pool” substrato (Fernandes, 1974). Resultados com *Brachiaria* sp. sugerem que em níveis mais elevados de N-NO_3^- aplicado no solo, pode haver absorção em excesso e acúmulo de NO_3^- na parte aérea (Fernandes & Freire, 1976).

Os resultados obtidos sugerem que a variedade Manteiga apresenta maior adaptação a níveis menores de nitrato no solo, já que na menor dose aplicada, esta variedade acumulou maior quantidade média de N-NO_3^- nas raízes em relação à variedade Lageado. Por outro lado, a variedade Lageado acumula nitrato nas raízes apenas quando submetida a doses elevadas do mesmo, o que pode ser uma desvantagem em regiões tropicais,

onde os níveis deste nutriente no solo são baixos durante a maior parte do ano. Por outro lado, pode ser uma vantagem se considerarmos as altas concentrações deste elemento no início da estação chuvosa nesta região e a possibilidade de acúmulo de nitrato no "pool" de reserva para posterior utilização em períodos de escassez (após lixiviação intensa, por exemplo).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADU-KWARTENG, E.; ELLIS, W.O.; ODURO, I.; MANFUL, J.T. Rice grain quality: a comparison of local varieties with new varieties under study in Ghana. *Food Control*, v.14, p.507-514, 2003.
- ARAÚJO, E. S. Diversidade Genética e Acúmulo de Proteína de Reserva em Arroz da Baixada Maranhense - MA. Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2002. 79p. Dissertação de Mestrado.
- CANEDO, O.S.V.E. Organização do espaço agrícola maranhense até os anos 80: A distribuição da terra e atividades agrícolas. *Ed. Norte Sul*, São Luís, 125p. 1993.
- CÁRDENAS-NAVARRO, R.; ADAMOWICZ, S. & ROBIN, P. Nitrate accumulation in plants: a role for water. *Journal of Experimental Botany*, Lancaster, UK, v.50, n.334, p.613-624, 1999.
- CATALDO, D.; HARRON, M.; SCHARADER, L. E. & YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, New York, US., v.6, p.853-855, 1975.
- FERNANDES, M. S. Effects to light and temperature on the nitrogen metabolism of tropical rice. Michigan State University, 1974. Ph.D. Thesis.
- FERNANDES, M. S. N-carriers, light and temperature influence on uptake and assimilation of nitrogen by rice. *Turrialba*, San Jose, CR, v.34, p.9-18, 1984.
- FERNANDES, M. S. Efeitos de fontes e níveis de nitrogênio sobre a absorção e assimilação de N em arroz. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Londrina, PR, Brasil., v.2, n.1, p.1-6, 1990.
- FERNANDES, M. S. Effects of environmental stress on the relationship of free amino-N to fresh weight of rice plants. *Journal of Plant Nutrition*, New York, US, v.14, n.11, p.1151-1164, 1991.
- FERNANDES, M. S. & FREIRE, L. R. Efeitos de nitrogênio nítrico aplicado ao solo na atividade de nitrato-redutase e na acumulação de N-solúvel em *Brachiaria sp. Turrialba*, San Jose, CR, v.26, n.3, p.268-273, 1976.
- FERRAZ JUNIOR, A. S. L. Estudo do teor de proteína e eficiência de uso de N em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1993. 186p. Dissertação de Mestrado.
- FISCHER, K. S.; BARTON, J.; KHUSH, G. S.; LEUNG, H. & CANTRELL, R. GENOMICS AND AGRICULTURE: Collaborations in Rice. *Science*, v.290, n.13, p.279-280, 2000.
- GREENLAND, D. J. Nitrate fluctuations in tropical soils. *Journal Agricultural Science*, Cambridge, Inglaterra., v.50, p.82-91, 1958.
- HOAGLAND, D. R. & ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station*, Berkeley, Calif., US., 347, 1950.
- QUINCHE, J. P. Fluctuations des teneurs en nitrates des légumes au cours de la journée. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture*, Lausanne, Suíça, v.14, p.85-87, 1982.
- QUINCHE, J. P. & DVORAK, V. Le dosage des nitrates dans les légumes, les plantes condimentaires et les terres par ionométrie et par chromatographie gazeuse. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture*, Lausanne, Suíça, v.12, p.7-20, 1980.
- SOUZA, S. R.; STARK, E. M. L. M. & FERNANDES, M. S. Nitrogen Remobilization During the Reproductive Period in Two Brazilian Rice Varieties. *Journal of Plant Nutrition*, New York, US, v.21, n.10, p.2049-2063, 1998.
- SOUZA, S. R.; STARK, E. M. L. M.; FERNANDES, M. S. & MAGALHÃES, J. R. Effects of Supplemental Nitrogen on Nitrogen-Assimilation Enzymes, Free Amino Nitrogen, Soluble Sugars, and Crude Protein of Rice. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, New York, US., v.30, n.5 & 6, p.711-724, 1999.
- SOUZA, S. R.; STARK, E. M. L. M.; MAGALHÃES, J. R. & FERNANDES, M. S. Supplemental Nitrogen Applied during the Senescence on Two Rice Varieties: Evaluation on Nitrate Reductase and Glutamine Synthetase Activities and Crude Protein. *Physiol.Mol.Biol.Plants*, v.8, n.1, p.87-95, 2002.
- TEDESCO, M. J. Extração Simultânea de N, P, K, Ca e Mg em tecidos de plantas por digestão com H_2O_2 . *H₂SO₄*. *Apostila 23*, 1983.

- VALIZADEH, G. R.; RENGEL, Z. & RATE, A. W. Role of phosphorus fertiliser banding and the ratio of nitrate to ammonium on the uptake of phosphorus and wheat growth: a glasshouse study. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, Collingwood, v.42, n.8, p.1095-1102, 2002.
- WETSELAAR, R. Nitrate distribution in tropical soils. I. Possible causes of nitrate accumulation near the surface after a long dry period. *Plant and Soil*, The Hague, Holanda., v.15, p.110-120, 1961a.
- WETSELAAR, R. Nitrate distribution in tropical tropical soils. II. Extent of capillary accumulation of nitrate during a long dry period. *Plant and Soil*, The Hague, Holanda., v.15, p.121-133, 1961b.
- YEMM, E. W. & COCKING, E. C. The determination of amino-acid with ninhydrin. *Anal.Biochem.*, San Diego, CA - USA, v.80, p.209-213, 1955.
- YEMM, E. W. & WILLIS, A. I. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochem.J.*, London, UK, v.57, p.508-514, 1957.