

Fuentes y dosis de nitrógeno en el crecimiento inicial de arroz (*Oryza sativa* L.) de secano

Nitrogen sources and rates in the initial growth of upland rice (*Oryza sativa* L.)

Renan Ribeiro Barzan^{1,4}, Héctor Augusto Sandoval Contreras^{2,5}, Nicolás Arturo Osorio García^{3,6}.

¹Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná. Londrina - PR, Brasil. ²Agrosavia. Colombia. ³Profesional autónomo. Brasil. ⁴✉ renanbarzan@idr.pr.gov.br; ⁵✉ hsandoval@agrosavia.co; ⁶✉ nicolas.osoriog@gmail.com



<https://doi.org/10.15446/acag.v71n4.92480>

2022 | 71-4 p 405-409 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2020-12-22 Acep.: 2023-05-03

Resumen

Las fuentes más usadas de nitrógeno (N) en arroz son la urea y el sulfato de amonio, que tienen eficiencia muy variable debido a diferentes pérdidas que pueden ocurrir, lo que hace que aumente la dosis de N y los costos de producción. Por ello, el objetivo de la investigación fue evaluar fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados para el cultivo de arroz de secano. El trabajo se instaló en una casa de vegetación con el cultivar FL 8468 utilizando vasos plásticos con capacidad de 4 kg de suelo. Los tratamientos fueron de cinco dosis (0, 50, 100, 150 y 200 kg N ha⁻¹) y tres fuentes de nitrógeno (urea, sulfato de amonio y sulfammo), con un delineamiento enteramente aleatorizado en un esquema factorial de 5 x 3, con cuatro repeticiones. El resultado fue evaluado 50 días después de la emergencia, para lo que se tomó en cuenta el número de macollas por vaso, la altura de las plantas, la masa seca de parte aérea (MSPA), el contenido de nitrógeno en la planta y la eficiencia agronómica de las fuentes de nitrógeno aplicado. La urea y el sulfato de amonio demuestran mejores resultados de macollamiento y MSPA, mientras que las dosis de N promovieron un aumento cuadrático para estas mismas características. La altura de las plantas aumenta a mayores dosis, aún más cuando se utilizan la urea y sulfato de amonio. El sulfammo, a su vez, proporciona mejores resultados de contenido de nitrógeno y las mayores dosis de N también proporcionan aumento en esta variable, aunque la eficiencia agronómica disminuye con el aumento de las dosis. El sulfato de amonio fue la fuente más eficiente.

Palabras claves: absorción de nitrógeno, eficiencia agronómica, urea, sulfato de amonio, sulfammo.

Abstract

The most used nitrogen (N) sources for rice crops are urea and ammonium sulphate, with variable efficiency due to losses that may occur in soil, which leads to the need of higher rates of these nutrients that raise the production costs. The aim of this study was to evaluate nitrogen sources and rates for upland rice crops. The experiment was carried out in a greenhouse with the rice cultivar FL 8468 grown in plastic pots filled with 4.0 kg of soil. In the treatments, nitrogen from three sources (urea, ammonium sulphate and sulfammo) was added in five rates (0, 50, 100, 150 and 200 kg N ha⁻¹) in a completely random design in the 5 x 3 factorial scheme, with four replications. The number of tillers per pot, plant height, shoot dry mass; nitrogen content and the agronomic efficiency of the sources were evaluated. Urea and ammonium sulphate showed better results for tillering and shoot dry mass, while N rates presented a quadratic growth for the same characteristics. Higher N rates raised the plant height, even more when urea and ammonium sulphate were applied. On the other hand, sulfammo provided better results for nitrogen content, which was also higher when the N rates increased, however, the agronomic efficiency decreased with higher N rates, while ammonium sulphate showed the best agronomic efficiency.

Keywords: Agronomic efficiency, nitrogen uptake, urea, ammonium sulphate, sulfammo.

Introducción

En Colombia el cultivo de arroz se siembra sobre dos sistemas, principalmente riego, que tiene mayor área cultivada, y secano, dependiente directamente de lluvias, con menor área cultivada, pero con gran potencial de producción para el abastecimiento del país.

Según Fageria, Santana y Morais (1995) el arroz de secano tiene gran importancia nutricional y económica, principalmente por ser cultivado en áreas de suelos ácidos y degradados. Estos se caracterizan por los bajos niveles de adopción de tecnologías y bajos costos de producción. Para Guimarães y Moreira (2001), el cultivo de arroz se desarrolla mejor en suelos que no presenten restricciones, como la compactación, lo que podría afectar el crecimiento radicular, la absorción de nutrientes y agua. El arroz es exigente en nutrientes, pero requiere nitrógeno en mayor cantidad (Hernandes *et al.*, 2010), porque es fundamental para moléculas como la clorofila y los ácidos nucleicos, y para incrementar producción de proteínas y expresar su máximo potencial de producción (Malavolta, 2006; Crusciol *et al.*, 2008). El N es requerido para estimular el desarrollo radicular y promover aumentos de expresión de las plantas como macollamiento, número de panículas por área, número de espigas por panículas y masa de granos formados (Buzetti *et al.*, 2006). La deficiencia de N limita la productividad de granos, altura de planta, biomasa, macollas, proteínas en la producción del grano y llenado de grano (Nascente *et al.*, 2011).

El N en el suelo se encuentra en dos formas principales para ser absorbido: las orgánicas están relacionadas a restos de animales, vegetales y humus, y las inorgánicas, como NH_4^+ y NO_3^- se relacionan con los minerales de las arcillas y en la solución del suelo. De acuerdo con Malavolta (2006), del N total que está en el suelo cerca del 98% ocurre en forma orgánica y 2% en forma mineral inorgánica (NO_3^- o NH_4^+), que son las formas principales absorbidas por las plantas.

Las fuentes amoniacaes son las más utilizadas en el cultivo de arroz, dentro de estos la urea se destaca por ser más económica, accesible al agricultor y con alto contenido de N. La fuente utilizada en arroz irrigado puede tener pérdidas por volatilización entre 20 a 80% (Scivittaro *et al.*, 2010). El sulfato de amonio es otra fuente de N que se maneja en arroz por su alto contenido de azufre y nitrógeno, mientras fuentes de lenta liberación también son pensadas para cultivos de arroz de secano para minimizar las pérdidas de N por volatilización y aprovechamiento del nitrógeno aplicado.

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de fuentes tradicionales y alternativas con dosis crecientes de N sobre el crecimiento inicial de la planta de arroz de secano y su eficiencia en la absorción de N.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en casa de vegetación del Departamento de Agronomía, Centro de Ciencias Agrarias de la Universidad Estadual de Londrina (UEL), Londrina-PR, Brasil.

Se recolectó un suelo a una profundidad de 0-20 cm de la Granja Escolar de UEL, clasificado como Nitossolo distroférrico. El análisis químico y físico reveló pH = 4,4; M.O = 2,50 g kg⁻¹; P = 0,29 g kg⁻¹; Al = 0,11 cmol_c dm⁻³; Ca = 5,93 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,83 cmol_c dm⁻³; K = 0,03 cmol_c dm⁻³. Arcilla, limo y arena en cantidades de 630, 130 y 240 g kg⁻¹ de suelo (textura arcillosa).

Fueron utilizados vasos de plásticos con capacidad de 4 kg de suelo. Antes de la siembra, cada vaso ha recibido una aplicación de solución nutritiva con micronutrientes, siguiendo las recomendaciones propuestas por Novais *et al.* (1991). Los macronutrientes potasio (K) y fósforo (P) fueron aplicados antes de la siembra en cantidades de 0,26 y 0,21 g por cada vaso.

Cada unidad experimental fue sembrada con ocho semillas, distribuidas homogéneamente, para cubrir toda la superficie del vaso y 10 días después de la germinación se realizó el raleo, dejando 3 plántulas por vaso.

La humedad del suelo fue mantenida entre 70 y 80% de capacidad máxima de retención de agua (CMRA), mediante reposición diaria de agua evapotranspirada (Crusciol *et al.*, 2008). El control de la humedad fue realizado diariamente mediante pesaje de los vasos en balanza digital.

El delineamiento experimental fue enteramente aleatorizado, con cuatro repeticiones. Los tratamientos testados resultaron de una factorial 5x3, en que los factores fueron cinco dosis de N (0, 50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ de N), y tres fuentes de nitrógeno, Urea, Sulfato de Amonio (SAM) y Sulfammo (SFM), este último como fuente de lenta liberación. La distribución de fertilización fue realizada en 1/3 en la siembra y el otro 2/3 restante en cobertura, a los 15 y 30 días después de la emergencia de las plántulas. El material vegetal es un cultivar precoz de 110 días de ciclo, Colombiano Fedearroz FL 8468.

Para evaluar la respuesta de las plantas de arroz a los tratamientos, fueron analizadas las siguientes variables a los 50 días después de la emergencia: número de macollas por vaso, altura de plantas, masa seca de parte aérea (MSPA) y contenido de nitrógeno en la planta, determinado por el método de Kjeldahl, de acuerdo con la metodología propuesta por Galvani y Gaertner (2006). Para obtener la masa seca, el material colectado se secó en estufa con circulación forzada de aire a 55°C, hasta obtener masa constante.

Los cálculos de eficiencia agronómica en las fuentes de nitrógeno fueron empleados por la siguiente ecuación: $EA (\%) = (MST_{CN} - MST_{SN}) / QNA \times 100$,

donde: EA = eficiencia agronómica de la fuente considerada, MST_{CN} = masa seca total de las plantas fertilizadas con nitrógeno, MST_{SN} = masa seca total de las plantas fertilizadas sin nitrógeno, QNA = cantidad de nitrógeno aplicado.

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y las medias comparadas por el test de Tukey al 5% y ajustadas las ecuaciones de regresión polinomial utilizando el programa SISVAR-5.3 (Ferreira, 2011).

Resultados

Los resultados obtenidos mostraron que las fuentes tuvieron un efecto significativo en las variables Macollas por vaso y MSPA. Las fuentes de mejor resultado fueron la Urea y Sulfato de amonio en comparación con Sulfammo (Tabla 1). Las dosis también presentaron efecto significativo en el número de macollas y MSPA, con incremento cuadrático que proporcionó las máximas producciones de macollas y MSPA con las respectivas dosis de 177 y 178 kg N ha⁻¹, que aportaron 10,32 macollas por vaso (Figura 1) y 10,67 g de masa seca por vaso (Figura 2), independientemente de las fuentes utilizadas.

Para la característica de altura de plantas hubo interacción entre fuentes y dosis, obteniendo comportamiento polinomial cuadrático para SAM y Urea con valores máximos alcanzados con las dosis respectivas de 150 y 137 kg N ha⁻¹, alcanzando 64,42 y 64,44 cm, mientras que para la fuente SFM se observó un incremento lineal de la altura en función de las dosis aplicadas (Figura 3), con una altura de planta de 57,86 cm en la dosis más alta de N. Así, se puede inferir que para esta fuente es posible alcanzar mayores alturas de planta con el uso de dosis más altas.

Con relación al contenido de nitrógeno en la parte aérea se visualizó que los resultados presentaron ecuaciones cuadráticas (Figura 4), verificando así que, durante el crecimiento y desarrollo de la investigación, las plantas mostraron respuesta frente

a las no tratadas, en que las dosis estimadas que proporcionan mayor absorción de N para SAM, SFM y Urea fueron de 253, 138 y 188 kg de N ha⁻¹.

Hubo un aumento significativo en el contenido de N en la parte aérea, cuando las plantas recibieron diferentes dosis de nitrógeno, independiente de la fuente utilizada, aunque las fuentes difieren entre sí (Figura 4). El contenido de nitrógeno total fue mayor para SFM que para las otras fuentes, especialmente en las dosis intermedias de nitrógeno, pero igualándose cuando se aplicó la dosis más alta.

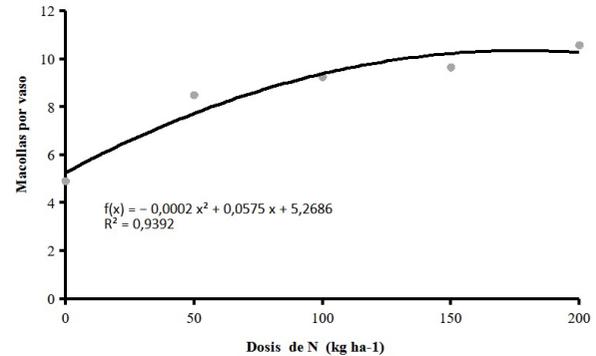


Figura 1. Macollas por vaso de plantas de arroz en función de las dosis de N.

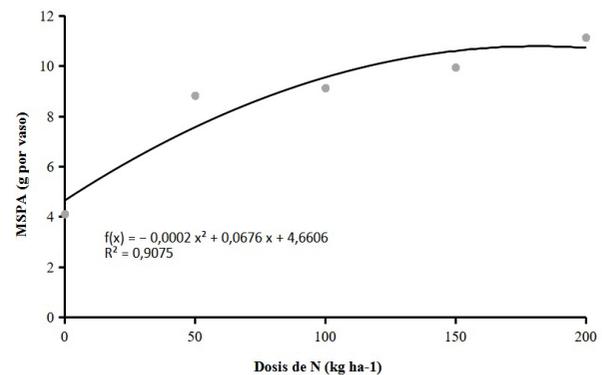


Figura 2. Producción de masa seca de parte aérea (MSPA) de arroz de secano en función de dosis de N aplicadas.

Tabla 1. Macollas y masa seca de parte aérea (MSPA) en función de las fuentes evaluadas, Urea, Sulfato de Amonio (SAM) y Sulfammo (SFM).

Fuente de N	Macollas por vaso	MSPA (g vaso ⁻¹)
Urea	9,40 a	9,80 a
SAM	9,30 a	9,23 a
SFM	7,05 b	6,70 b
CV %	21,92	26,99

Medias seguidas de letras iguales en la misma columna no difieren entre sí por el teste de Tukey al 5% de probabilidad de error.

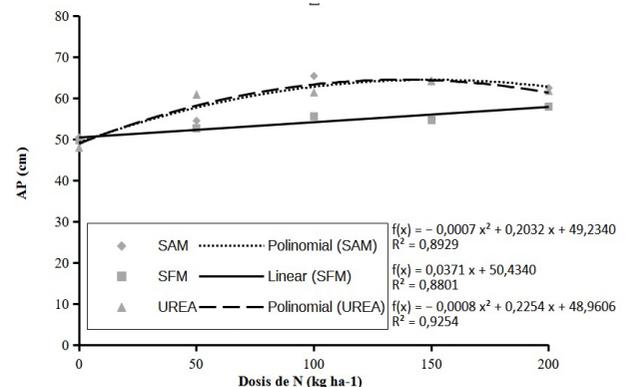


Figura 3. Altura media de plantas (AP) de arroz de secano en interacción de fuentes y dosis de N.

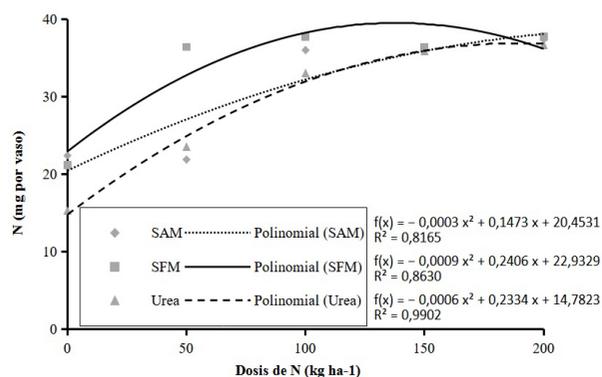


Figura 4. Contenido de nitrógeno proveniente dos fertilizantes en la planta de arroz (parte aérea) para la interacción de fuentes y dosis de N.

La eficiencia agronómica del nitrógeno (EAN) (Figura 5) presentó una disminución con el aumento de las dosis aplicadas para todas las fuentes de N, siendo que la mejor fuente que tuvo mayores eficiencias de acuerdo con las dosis fue la SAM, lo que demuestra que todo el nitrógeno aplicado no es destinado a la producción de masa seca. Cabe aclarar que las fuentes de N aplicadas experimentan reacciones químicas en el suelo, lo cual puede generar pérdidas principalmente por volatilización.

Lo manifestado en los resultados de eficiencia agronómica se ajustó a ecuaciones cuadráticas para Urea, SAM y lineal para SFM, obteniendo las eficiencias más bajas con dosis de 190 y 175 kg N ha⁻¹, con posterior estabilización, respectivamente para Urea y SAM y enfatizando que la eficiencia de la fuente SFM fue muy baja desde las menores dosis aplicadas.

Discusión

En relación con el poco número de macollas y acumulo de masa seca obtenido con la fuente SFM, esto puede estar relacionado a la baja liberación del nitrógeno en el desarrollo vegetativo inicial de la cultura. Sulfammo es una fuente de lenta liberación, la disponibilidad de N puede haber sido baja en el momento en que la planta más lo necesita para expresar su potencial de macollar, teniendo en cuenta que la mayor parte del nitrógeno absorbido por las plantas del arroz de secano ocurre entre el macollamiento y la floración (Alvarez et al., 2005).

Con respecto a las dosis aplicadas, los resultados obtenidos para el número de macollas están de acuerdo con Hernandes et al. (2010), Artigiani et al. (2012) y Ferrari et al. (2017), donde demostraron que con aumentos de dosis de N se obtuvieron incrementos significativos en la producción de macollas, lo cual es muy importante ya que por ser un componente de producción ayuda a elevar los niveles de rendimiento. También para la MSPA, los resultados están de acuerdo con Fageria et al. (2011), que mostraron presentar mayor aumento de masa seca de arroz cuando se incrementaron los niveles de fertilización con nitrógeno.

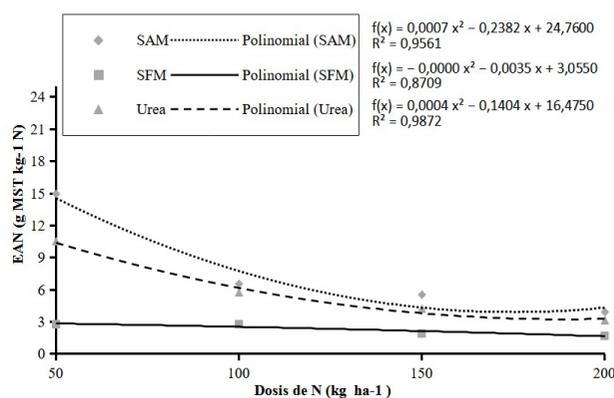


Figura 5. Eficiencia agronómica en el uso de N y respuesta a aplicación de fuentes y dosis de N en el cultivar de arroz FL 8468.

Con relación a la altura de las plantas, Hernandes et al. (2010), Goes et al. (2016) y Ferrari et al. (2017), así como en el presente estudio, observaron que esta se incrementó con el aumento de dosis de N, de forma lineal para los dos primeros y cuadrática para el tercer autor. Mattje et al. (2013) ya observó que la altura de plantas presentó una reducción cuando los niveles de nitrógeno se incrementaron en 120 kg N ha⁻¹.

Para Lopes et al. (2013), la altura de las plantas de arroz de secano fue incrementada de forma lineal en un año y cuadrática en el año siguiente, en función de dosis de N hasta 200 kg ha⁻¹ provenientes de diferentes fuentes nitrogenadas. Fonseca et al. (2012), a su vez, observaron incremento lineal en la altura de las plantas de arroz de secano en función de dosis hasta 125 kg N ha⁻¹, apenas en el primer año, sin efecto de las dosis sobre la altura de las plantas para el segundo año de evaluación.

Siendo así, el efecto del N en la altura de las plantas depende de otras características además de la fuente y dosis aplicadas, como la variedad de arroz y las condiciones del ambiente. Aunque el hecho de que las plantas obtuvieron alturas próximas a 60 cm en cincuenta días, puede indicar que las características de esta variedad puedan presentar problemas de acame en momentos de producción.

La mayor absorción de nitrógeno observada para la fuente SFM en este trabajo también fue relatada por Scivittaro et al. (2010) para fuentes de lenta liberación en comparación con los fertilizantes tradicionales como la urea. Así, se refuerza la idea de que la disponibilidad de nitrógeno a partir de fuentes de liberación más lenta, como el Sulfammo, ocurre más cerca de la floración, al mismo tiempo que desfavorecen el macollamiento.

Aunque la absorción de nitrógeno aumentó de acuerdo con el incremento en las dosis para todas las fuentes aplicadas, la reducción en la eficiencia agronómica fue igualmente observada por Cancellier et al. (2011), que demuestran que con los incrementos de las dosis de N se reduce la eficiencia agronómica del nutriente para arroz de secano, similar a lo

observado por Contreras et al. (2017) para la eficiencia agronómica de fuentes de nitrógeno para la producción de granos del cultivar IAPAR 117.

Conclusiones

Para la producción de macollas y masa seca de parte aérea en el crecimiento inicial, con respecto a las fuentes, la Urea y Sulfato de Amonio demuestran mejores resultados. Las dosis de N aplicadas también promovieron aumento para estas mismas características de crecimiento inicial, independientemente de las fuentes utilizadas.

La altura de las plantas depende de la interacción entre las fuentes y dosis de N, siendo incrementada de acuerdo a las dosis, aún más cuando se utilizan la Urea y Sulfato de Amonio. Por otro lado, la fuente Sulfammo, de lenta liberación, proporciona mejores resultados de contenido de nitrógeno en la planta a los 50 días después de la emergencia, principalmente con dosis de N intermedias.

Las mayores dosis aplicadas proporcionan también aumento en el contenido de nitrógeno, pero la eficiencia agronómica para producción de masa seca por unidad de N aplicada disminuye al aumentar las dosis, siendo la fuente Sulfato de Amonio más eficiente que las demás, especialmente en comparación con Sulfammo.

Referencias

- Alvarez, R. C. F.; Crusciol, C. A. C.; Rodrigues, J. D. y Alvarez, A. C. (2006). Marcha de absorción de nitrógeno de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas. *Científica*, 34, (2), 162-169, 2005. <https://cientifica.dracena.unesp.br/index.php/cientifica/article/view/114>
- Artigiani, A. C. C. A.; Crusciol, C. A. C.; Arf, O.; Alvarez, R. C. F. y Nascente, A. S. (2012). Produtividade e qualidade industrial do arroz de terras altas em função da disponibilidade hídrica e adubação. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42, (3), 340-349. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000300011>
- Buzetti, S.; Bazanini, G. C.; Freitas, J. G.; Andreotti, M.; Arf, O.; Sá, M. E. y Meira, F. A. (2006). Resposta de cultivares de arroz a doses de nitrogênio e do regulador de crescimento cloreto de cloromequat. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, (12), 1731-1737. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006001200007>
- Cancellier, E. L.; Barros, H. B.; Kischel, E.; Gonzaga, L. A. M.; Brandão, D. R. y Fidelis, R. R. (2011). Eficiência agronômica no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 6, (4), 650-656. <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i4a1420>
- Contreras, H. A. S.; Barzan, R. R.; Contreras, M. S. y Brito, O. R. (2017). Growth, yield and agronomic efficiency of rice (*Oryza sativa* L.) cv. IAPAR 117 affected by nitrogen rates and sources. *Acta Agronômica*, 66, (4), 558-565, 2017. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n4.59101>
- Crusciol, C. A. C.; Arf, O.; Soratto, R. P. y Mateus, G. P. (2008). Grain quality of upland rice cultivars in response to cropping systems in the Brazilian tropical savanna. *Scientia Agricola*, 65, (5), 468-473. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000500004>
- Fageria, N. K.; Moreira, A. y Coelho, A. M. (2011). Yield and yield components of upland rice as influenced by nitrogen sources. *Journal of Plant Nutrition*, 34(3), 361-370. <https://doi.org/10.1080/01904167.2011.536878>
- Fageria, N. K.; Santana, E. P. y Morais, O. P. (1995). Resposta de genótipos de arroz de sequeiro favorecido à fertilidade do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30(9), 1155-1161. <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4408>
- Ferrari, S.; Nakayama, F. T. y Ferrari, J. V. (2017). Uso de regulador de crescimento e doses de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade de arroz de terras altas. *Revista Científica ANAP Brasil*, 10(19), 15-26. https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap_brasil/article/download/1646/1634/3300
- Ferreira, D. (2011). Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Fonseca, A. E.; Arf, O.; Júnior, V. O.; Buzetti, S. y Rodrigues, R. A. F. (2012). Preparo do solo e doses de nitrogênio em cobertura em arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 42,(3), 246-253. <https://www.scielo.br/j/pat/a/LDjMZGbbRR3QcXm5wgv49dvS/?format=pdf&lang=pt>
- Galvani, F. y Gaertner, E. (2006). Adequação da Metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta. *Embrapa - Circular Técnica*, 63, 9. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/812198>
- Goes, R. J.; Rodrigues, R. A. F.; Takasu, A. T. y Arf, O. (2016). Manejo do nitrogênio em cobertura no arroz de terras altas em plantio direto. *Revista Agrarian*, 9(31), 11-18. <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/3548>
- Guimarães, C. M. y Moreira, J. A. A. (2001). Compactação do solo na cultura do arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(4), 703-707. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000400014>
- Hernandes, A.; Buzetti, S.; Andretotti, M.; Arf, O. y Sá, M. E. (2010). Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(2), 307-312. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000200006>
- Lopes, R. A.; Buzetti, S.; Teixeira Filho, M. C. M.; Benett, C. G. S. y Arf, M. V. (2013). Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de terras altas cultivado em sistema de semeadura direta. *Revista Caatinga*, 26(4), 79-87. <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2874>
- Malavolta, E. (2006). *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronomica Ceres Ltda.
- Mattje, V. M.; Fidelis, R. R.; Aguiar, R. W. S.; Brandão, D. R. y Santos, M. M. (2013). Avaliação de cultivares de arroz em doses contrastante de nitrogênio em solos de várzea irrigada. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 4(2), 126-133. <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v4n2.mattje>
- Nascente, A. S.; Kluthcouski, J.; Rabelo, R. R.; Oliveira, P.; Cobucci, T.; Crusciol, C. A. C. (2011). Produtividade do arroz de terras altas em função do manejo do solo e da época de aplicação de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(1), 60-65. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i1.6509>
- Scivittaro, W. B.; Gonçalves, D. R. N.; Vale, M. L. C. y Ricordi, V.G. (2010). Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia e resposta do arroz irrigado à aplicação de ureia tratada com o inibidor de urease NBPT. *Ciência Rural*, 40(6), 1283-1289. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000600007>