

# RESPOSTAS DE CULTIVARES DE ARROZ À APLICAÇÃO DE MOLIBDÊNIO E DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO<sup>1</sup>

MARIA FLORDO CÉU ARAÚJO MOURA SUNDIM<sup>2</sup>; JOSÉ MILTON ALVES<sup>3</sup>; VERA LÚCIA DIVAN BALDANI<sup>4</sup> & SILVIA REGINA GOF<sup>5</sup>; JORGE JACOB NETO<sup>6</sup>

2. Professora do Departamento de Genética da UFRRJ; 3. Engenheiro agrônomo; 4. Pesquisadora, Embrapa-Agrobiologia; 5. Professora do Departamento de Ciências Ambientais da UFRRJ; 6. Professor do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ.

## RESUMO

No metabolismo do nitrogênio, o molibdênio desempenha papel relevante, sendo essencial tanto para o processo da redução do nitrato como para a fixação biológica do nitrogênio atmosférico, através das molibdoenzimas redutase do nitrato e nitrogenase, respectivamente. Os objetivos deste trabalho foram estudar os efeitos da aplicação de quatro níveis desse micronutriente (0, 75, 150 e 300 g.ha<sup>-1</sup>), associado a três fontes de nitrogênio (nitrato, uréia e fixação biológica de N via bactérias diazotróficas) e testemunha sem N, em três cultivares de arroz (Primavera, Maravilha e Caiapó) nos componentes da produção, atividade da redutase do nitrato e produtividade. As respostas à aplicação de Mo variaram com o parâmetro analisado, com as fontes de N e com as cultivares testadas. Nas cultivares Primavera e Maravilha, a maior produtividade foi obtida no tratamento com aplicação de 300 g.ha<sup>-1</sup> de Mo com uréia e na Caiapó, a maior produtividade ocorreu com nitrato e sem aplicação de Mo. Foram observados aumentos crescentes na produtividade à medida que se elevou o nível de Mo, no tratamento com inoculação, proporcionando aumentos de 33% na cultivar Primavera na dose de 75 g.ha<sup>-1</sup> de Mo, de 35% na dose de 150 g.ha<sup>-1</sup> de Mo para a cultivar Maravilha e de 37% na dose de 300 g.ha<sup>-1</sup> de Mo para a cultivar Caiapó.

**Palavras-chave:** *Herbaspirillum seropedicae*; uréia; nitrato; fixação biológica de nitrogênio; redutase do nitrato; *Oryza sativa*.

## ABSTRACT

### MOLYBDENUM FERTILIZER IN RICE CULTIVAR GROWTH WITH NITROGEN SOURCES.

The molybdenum is involved in the nitrogen metabolism and is an essential element in the nitrogen fixation process and nitrate reduction, as a constituent of the enzymes nitrogenase and nitrate reductase respectively. The aims of this work were to study the effect of four levels of Mo (0, 75, 150 and 300 g.ha<sup>-1</sup>) and three sources of nitrogen (nitrate, urea and biological nitrogen fixation from association with diazotrophic bacteria) and control without nitrogen, on the production and nitrate reductase activity of rice cultivar. The results showed variation in relation to the level of Mo, source of N and cultivar. The cultivar Primavera and Maravilha had the higher productivity in the treatment with 300 g.ha<sup>-1</sup> of Mo with urea as a source of N. For Caiapó the higher productivity was observed with nitrate as a source of nitrogen and without Mo. In the treatments that received inoculation, increase of 33% in the productivity were observed with 75 g.ha<sup>-1</sup> of Mo for cv Primavera, 35% with 150 g.ha<sup>-1</sup> of Mo for cultivar Maravilha and 37% with 300 g.ha<sup>-1</sup> of Mo for cultivar Caiapó.

**Key word:** *Herbaspirillum seropedicae*; urea; nitrate; biological nitrogen fixation; nitrate reductase; *Oryza sativa*

## INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é a principal fonte de alimento para cerca de metade da população mundial, e tem o nitrogênio como um dos fatores limitantes de sua produção. Os fertilizantes nitrogenados produzidos industrialmente, são derivados de fontes de energia não renováveis tais como petróleo e gás natural, e se não

forem manejados adequadamente podem causar riscos para população humana e ao ambiente (Ladha & Reddy, 2000), são também os mais caros, consomem mais energia na sua produção, e potencialmente os mais poluentes (Baldani & Dobereiner, 1999; Franco & Balieiro, 1999). Torna-se necessário que o desafio de aumento de produção de alimentos seja conseguido sem causar danos à população humana e ao ambiente, através de

<sup>1</sup> Parte da tese do primeiro autor, submetido ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRRJ para obtenção do título de Doutor.

uma agricultura sustentável. A fixação biológica de nitrogênio atmosférico (FBN) tem sido utilizada como uma fonte alternativa de nitrogênio para as leguminosas, possuindo as vantagens de baixo custo e de reduzir os riscos ambientais. A FBN pode ser também uma alternativa para algumas gramíneas que se associam a bactérias fixadoras de nitrogênio. Resultados recentes mostraram dados promissores da contribuição da fixação biológica de nitrogênio em arroz, em associação com bactérias diazotróficas endofíticas (Baldani et al., 2000), e do tratamento de sementes com Mo e inoculadas com cianobactérias (Dar et al., 1989). Vários fatores interferem no processo de FBN e entre eles está o molibdênio, que é um nutriente essencial para as plantas superiores e desempenha papel crucial no metabolismo do nitrogênio, sendo requerido tanto para o processo de redução do nitrato como para o de fixação biológica do nitrogênio atmosférico (Srivastava, 1997), através das molibdoenzimas redutase do nitrato e nitrogenase respectivamente. O Mo apresenta pouca disponibilidade em solos com pH baixo, podendo se constituir como um dos fatores limitantes à FBN. Cita-se por exemplo que extensas áreas da região do cerrado, apresentam oxissolos pobres em nutrientes, com baixa concentração de P, S e Mo (Lilienfein et al., 2000). Em leguminosas, como a soja e feijão, os estudos com molibdênio já estão avançados, com determinação do seu nível crítico em diferentes partes da planta (Jacob-Neto, 1985; Jacob-Neto & Franco 1989). O interesse pelo estudo do uso de Mo em arroz é recente, e a literatura existente vem mostrando resultados importantes, com a aplicação desse micronutriente, principalmente nos últimos 10 anos. Existem trabalhos relatando a redução da porcentagem de esterilidade em arroz (Ambak & Tadano, 1991), incremento de produção de grãos (Muralidharan & José, 1994) e resultados confirmando os benefícios da aplicação de molibdênio associado ao aumento da produção de grãos, quando associado a Zn e Cu (Rafey et al., 1992) ou a N e K (Trivedi & Verma, 1996).

Em relação à atividade da enzima redutase do nitrato, em folhas deficientes de Mo a atividade é reduzida, resultando em acúmulo de nitrato nas plantas. Segundo Hew & Chai (1984) parece existir uma relação de proporcionalidade entre a atividade da enzima e concentração de Mo nas plantas, especialmente em baixas concentrações de Mo; essa relação pode fornecer subsídios para diagnosticar deficiências de Mo nas plantas pelo monitoramento da atividade da redutase do nitrato nas folhas (Srivastava, 1997).

Este trabalho teve como objetivo estudar o efeito da aplicação de molibdênio associado a diferentes fontes de nitrogênio mineral e bactéria diazotróficas, na produtividade de três cultivares de arroz.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ, Seropédica-RJ,

de Janeiro a Maio de 2000, em solo podzólico vermelho amarelo (Ramos et al., 1973), reclassificado como argissolo vermelho amarelo (EMBRAPA, 1999). A análise química do solo foi realizada pela EMBRAPA-CNPAB, obtendo-se o seguinte resultado para a profundidade de 0 a 20 cm: pH em água 4,9; Al, Ca e Mg com 0,2, 2,2 e 1,4 meq.100 cm<sup>-3</sup> respectivamente; 16 mg Kg<sup>-1</sup> de P e 150 mg Kg<sup>-1</sup> de K. O delineamento experimental foi o de um fatorial em blocos ao acaso, com 3 cultivares de arroz (Caiapó, Maravilha e Primavera), 4 fontes de nitrogênio: Uréia = 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N; nitrato de cálcio = 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N; N<sub>2</sub> = sementes peletizadas com turfa inoculada com *Herbaspirillum seropedicae* (estirpe BR 11417) e testemunha sem nitrogênio e quatro doses de molibdênio (0, 75, 150, 300 g.ha<sup>-1</sup>). A aplicação de N foi parcelada em duas épocas: 68 dias após a semeadura para todas as cultivares e no período do florescimento pleno de cada cultivar. O molibdênio, na forma de molibdato de amônio, foi aplicado no sulco, juntamente com P e K, e incorporados ao solo antes da semeadura. A semeadura foi feita em linha usando-se 70 sementes/m. Cada parcela com área de 4,8 m<sup>2</sup>, foi constituída por 8 linhas de 2 m de comprimento, com 0,30 m entre linhas e 0,60 m entre parcelas. Para a avaliação dos parâmetros, número de panículas/m<sup>2</sup>, número de grãos/panícula, percentagem de grãos cheios e peso de 100 grãos, foram colhidas as panículas contidas em meio metro da linha de cada parcela. A determinação da atividade da redutase do nitrato (ARN), foi realizada no estágio de florescimento, às 13:00 horas. A folha bandeira de uma planta de cada tratamento foi colhida, acondicionada em saco plástico colocado em caixa de isopor contendo gelo, e imediatamente levada para o laboratório para análise "in vivo", da atividade da redutase do nitrato, feita com base no método descrito por Jaworski (1974), modificado. A absorvância, foi lida em espectrofotômetro Digital UV-VIS, Femto modelo 482, em comprimento de onda de 540 nanômetros. A atividade da enzima foi expressa em micromoles de nitrito por grama de peso fresco por hora. A produção total de grãos por parcela foi medida no conjunto de todas as panículas colhidas em área de 1,2 m<sup>2</sup> no centro da parcela, composta por 4 fileiras de 1m linear com espaçamento de 0,30 m. As panículas foram debulhadas, pesadas e o resultado expresso em kg.ha<sup>-1</sup>. Para comparação das médias, utilizou-se o teste de tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa SAEG.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados da cultivar Primavera, verificou-se que não houveram diferenças significativas entre as doses de Mo aplicadas para o número de panículas. m<sup>-2</sup>, número de grãos/panícula, percentagem de grãos cheios e peso de 100 grãos (Tabela 1). Entre as fontes de nitrogênio também não foram observadas diferenças significativas para os quatro componentes da produção (Tabela 1). Para a produtividade, as diferenças entre as doses de Mo, foram significativas no tratamento

**Tabela 1-** Efeito dos níveis de molibdênio e fontes de nitrogênio, no número de panículas. m<sup>2</sup>, número de grãos/panícula, percentagem de grãos cheios e peso de 100 grãos das cultivares de arroz, Primavera, Maravilha e Caiapó, crescidas em condições de campo. (Médias de quatro repetições).

| Cultiva-<br>res | Fontes<br>de N                 | Número de panículas/m <sup>2</sup>         |         |         |         | Número de grãos/panícula |        |        |        | % de grãos cheios |       |        |       | Peso de 100 grãos (g) |        |         |         |
|-----------------|--------------------------------|--|---------|---------|---------|--------------------------|--------|--------|--------|-------------------|-------|--------|-------|-----------------------|--------|---------|---------|
|                 |                                | Níveis de molibdênio (g.ha <sup>-1</sup> ) |         |         |         |                          |        |        |        |                   |       |        |       |                       |        |         |         |
|                 |                                | 0  | 75      | 150     | 300     | 0                        | 75     | 150    | 300    | 0                 | 75    | 150    | 300   | 0                     | 75     | 150     | 300     |
| Prima-<br>vera  | N-0                            | 147 Aa                                     | 162 Aa  | 162 Aa  | 165 Aa  | 91 Aa                    | 92 Aa  | 99 Aa  | 103 Aa | 60 Aa             | 71 Aa | 79 Aa  | 69 Aa | 2,1 Aa                | 2,3 Aa | 2,4 Aa  | 2,3 Aa  |
|                 | N-NH <sub>3</sub>              | 167 Aa                                     | 173 Aa  | 167 Aa  | 175 Aa  | 101 Aa                   | 95 Aa  | 93 Aa  | 93 Aa  | 62 Aa             | 71 Aa | 73 Aa  | 61 Aa | 2,2 Aa                | 2,4 Aa | 2,2 Aa  | 2,3 Aa  |
|                 | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 193 Aa                                     | 177 Aa  | 183 Aa  | 140 Aa  | 99 Aa                    | 87 Aa  | 104 Aa | 105 Aa | 80 Aa             | 79 Aa | 64 Aa  | 68 Aa | 2,4 Aa                | 2,3 Aa | 2,3 Aa  | 2,4 Aa  |
|                 | N-N <sub>2</sub>               | 158 Aa                                     | 132 Aa  | 127 Aa  | 160 Aa  | 92 Aa                    | 100 Aa | 102 Aa | 105 Aa | 76 Aa             | 72 Aa | 69 Aa  | 75 Aa | 2,4 Aa                | 2,1 Aa | 2,1 Aa  | 2,4 Aa  |
| Maravi-<br>lha  | N-0                            | 280 Aa                                     | 255 Ba  | 268 Aa  | 345 Aa  | 82 Aa                    | 60 Ba  | 63 Aa  | 74 Aa  | 74 Aa             | 64 Aa | 65 ABa | 73 Aa | 2,1 Aa                | 2,0 Aa | 1,9 Aa  | 2,1 Ba  |
|                 | N-NH <sub>3</sub>              | 222 Ab                                     | 352 Aa  | 323 Aa  | 320 Aba | 82 Aa                    | 87 ABa | 86 Aa  | 77 Aa  | 58 Aa             | 71 Aa | 48 Bb  | 67 Aa | 1,8 Ab                | 2,2 Ab | 1,7 Ab  | 2,8 Aa  |
|                 | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 273 Aa                                     | 248 Aa  | 303 Aa  | 238 Ba  | 93 Aa                    | 87 ABa | 77 Aa  | 94 Aa  | 64 Aa             | 66 Aa | 69 ABa | 77 Aa | 1,9 Aa                | 1,6 Aa | 2,1 Aa  | 2,1 Ba  |
|                 | N-N <sub>2</sub>               | 302 Aa                                     | 300 ABa | 263 Aa  | 228 Ba  | 86 Aa                    | 102 Aa | 91 Aa  | 91 Aa  | 74 Aa             | 80 Aa | 76 Aa  | 65 Aa | 2,2 Aa                | 2,1 Aa | 2,1 Aa  | 2,2 Ba  |
| Caiapó          | N-0                            | 208 Aab                                    | 263 Aa  | 188 Aab | 163 Ab  | 81 Aa                    | 89 Aa  | 84 Aa  | 83 Aa  | 73 Aa             | 68 Aa | 87 Aa  | 79 Aa | 2,5 Aa                | 2,3 Aa | 2,8 Aa  | 2,6 Aa  |
|                 | N-NH <sub>3</sub>              | 230 Aa                                     | 192 Aa  | 187 Aa  | 188 Aa  | 85 Aa                    | 90 Aa  | 84 Aa  | 82 Aa  | 80 Aa             | 75 Aa | 76 Aa  | 76 Aa | 2,6 Aa                | 2,6 Aa | 2,6 Aa  | 2,3 Aa  |
|                 | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 183 Aa                                     | 252 Aa  | 248 Aa  | 178 Aa  | 73 Aa                    | 84 Aa  | 75 Aa  | 92 Aa  | 76 Aa             | 75 Aa | 81 Aa  | 78 Aa | 2,6 Aa                | 2,2 Aa | 2,4 Aa  | 2,4 Aa  |
|                 | N-N <sub>2</sub>               | 178 Aa                                     | 208 Aa  | 180 Aa  | 182 Aa  | 85 Aa                    | 71 Aa  | 85 Aa  | 96 Aa  | 67 Aa             | 86 Aa | 76 Aa  | 81 Aa | 2,1 Ab                | 2,8 Aa | 2,6 Aab | 2,6 Aab |
| CV(%)           |                                | 24,12                                      |         |         |         | 22,69                    |        |        |        | 16,93             |       |        |       | 13,57                 |        |         |         |

N-0 = testemunha, N-NH<sub>3</sub> = 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 80 Kg.ha<sup>-1</sup> de N na forma de nitrato de cálcio e N-N<sub>2</sub> = inoculado com *Herbaspirillum seropedicae*. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na horizontal e maiúscula na vertical na cultivar, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P ≤ 0,05)

sem nitrogênio, mostrando efeito do micronutriente na produtividade do arroz, sendo o mais alto valor entre as médias (1911 Kg.ha<sup>-1</sup>) obtido com a dose 150 g.ha<sup>-1</sup> de Mo, embora não diferindo estatisticamente da dosagem 300 g.ha<sup>-1</sup> (Tabela 3). Ainda em relação a produtividade, foram observadas diferenças entre as fontes de N nos tratamentos sem Mo e na dose 300 g.ha<sup>-1</sup> de Mo., sendo que na ausência de Mo, a fonte N-0 foi a pior e na dose mais alta de Mo, a uréia proporcionou maior produtividade, diferindo da fonte N-N<sub>2</sub>.

Para a atividade da redutase do nitrato foram observadas diferenças estatísticas entre as doses de Mo utilizadas no tratamento que recebeu N na forma de uréia, tendo ocorrido o valor mais alto entre as médias na dose 150 g.ha<sup>-1</sup> de Mo (Tabela 2). Aumento da ARN provocado pela adição de Mo em arroz, também foi encontrado por Das Gupta & Basuchaudhuri (1977). Foram observadas também diferenças significativas entre as fontes de nitrogênio, nos quatro níveis de Mo aplicados, e em todos eles, o tratamento com uréia apresentou tendência de maiores valores médios. Nesta cultivar, a interação de 150g.ha<sup>-1</sup> de Mo com a uréia, apresentou maior aumento da atividade da redutase do nitrato (Tabela 2).

Na cultivar Maravilha, as diferenças entre as

dosagens de Mo foram significativas no tratamento com uréia, para os parâmetros, percentagem de grãos cheios, número de panículas/m<sup>2</sup>, peso de 100 grãos e também produtividade (Tabelas 1 e 3). Observou-se que a aplicação de 75 g.ha<sup>-1</sup> de Mo aumentou a produtividade no tratamento com uréia. Embora as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas nos tratamentos testemunha, com nitrato e *Herbaspirillum*, foram observadas tendências de aumentos progressivos da produtividade até a dose de 150 g.ha<sup>-1</sup> de molibdênio. Quanto às fontes de nitrogênio, as diferenças foram significativas tanto para os componentes da produção como para a produtividade (Tabelas 1 e 3). Para a atividade da redutase do nitrato nesta cultivar não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre as doses de Mo aplicadas, nem entre as fontes de nitrogênio empregadas. Contudo, os resultados mostram que o maior valor de média foi obtido no tratamento sem molibdênio adicional, associado a 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia (Tabela 2).

Para a cultivar Caiapó, as diferenças entre as doses de molibdênio, foram estatisticamente significativas no tratamento sem nitrogênio, para o número de panículas/m<sup>2</sup> e no tratamento com inoculação para o peso de 100 grãos. Não foram detectadas diferenças estatisticamente

**Tabela 2-** Efeito dos níveis de molibdênio e fontes de nitrogênio sobre a atividade da redutase do nitrato (ARN), em três cultivares de arroz (Primavera, Maravilha e Caiapó), crescidas em condições de campo, (médias de 4 repetições).

| Cultivares | Atividade da redutase do nitrato (ARN) $\mu\text{M/g/h}$ |  |           |          |           |
|------------|--|--|-----------|----------|-----------|
|            | Fontes de N*   | Níveis de molibdênio ( $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) |           |          |           |
|            |  | 0  | 75        | 150      | 300       |
| Primavera  | N-0  | 23,45 Ba   | 23,50 Ba  | 26,29 Ba | 26,82 Ba  |
|            | N-NH <sub>3</sub>  | 63,60 Aab  | 53,60 Ab  | 80,89 Aa | 60,84 Aab |
|            | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                           | 47,70 ABa  | 39,13 ABa | 56,87 Aa | 43,00 ABa |
|            | N-N <sub>2</sub>   | 29,30 Ba   | 24,84 Ba  | 26,11 Ba | 28,11 Ba  |
| Maravilha  | N-0  | 22,05 Aa   | 19,87 Aa  | 20,45 Aa | 19,13 Aa  |
|            | N-NH <sub>3</sub>  | 45,13 Aa   | 30,89 Aa  | 30,76 Aa | 41,09 Aa  |
|            | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                           | 27,25 Aa   | 29,10 Aa  | 32,77 Aa | 28,06 Aa  |
|            | N-N <sub>2</sub>   | 24,37 Aa   | 20,83 Aa  | 25,52 Aa | 16,60 Aa  |
| Caiapó     | N-0  | 19,63 Aa   | 15,85 Aa  | 13,84 Aa | 19,86 Aa  |
|            | N-NH <sub>3</sub>  | 25,66 Aa   | 34,78 Aa  | 29,12 Aa | 35,28 Aa  |
|            | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                           | 18,22 Aa   | 21,41 Aa  | 23,74 Aa | 24,93 Aa  |
|            | N-N <sub>2</sub>   | 22,32 Aa   | 15,09 Aa  | 14,60 Aa | 20,64 Aa  |

N\*: N-0 = testemunha, N-NH<sub>3</sub> = uréia 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N, N-NO<sub>3</sub> = nitrato de cálcio 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N e N-N<sub>2</sub> = inoculado com *Herbaspirillum seropedicae*. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na horizontal e maiúscula na vertical na mesma cultivar, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). (CV%=47,84).

significativas entre as fontes de N, para os quatro componentes da produção (Tabela 1). Para a ARN nesta cultivar também não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as médias. Foi observado uma tendência de médias mais elevadas no tratamento com uréia e com nitrato, em resposta à aplicação de molibdênio (Tabela 2). Na análise da produtividade, essas diferenças foram significativas nos tratamentos testemunha, com uréia e com nitrato (Tabela 3). Em relação à produtividade, foram observadas diferenças significativas, em relação à fonte de N, nos tratamentos sem Mo e com 300 g.ha<sup>-1</sup> de Mo. No tratamento onde não se aplicou molibdênio, houve aumento de produtividade independente da fonte de N utilizada. Com a aplicação de 300 g.ha<sup>-1</sup> de Mo, no tratamento com inoculação de *Herbaspirillum* spp, obteve-se um aumento de 68% na produção em relação à testemunha, 40% em relação a uréia e de 62,18 % em relação ao nitrato (Tabela 3).

Este resultado mostra o efeito positivo da aplicação de molibdênio para a fixação biológica de N em gramíneas, fato este que já está estabelecido em leguminosas. Em soja e feijão, diversos autores têm relatado aumentos de produtividade com aplicação de Mo (Jacob-Neto & Franco, 1989; Jacob-Neto & Franco, 1995; Campo et al., 2000).

O incremento da produtividade verificado neste experimento, em arroz, devido à aplicação de Mo nas cultivares Primavera e Caiapó também estão de acordo com os resultados encontrados por outros autores

(Muralidharan & José, 1994; Sheudzhen, 1991). Entretanto, deve ser ressaltado, que foram encontradas variações entre os tratamentos, para os diferentes cultivares.

O efeito positivo ou negativo do Mo neste experimento, variou conforme o componente da produção estudado, a fonte de nitrogênio aplicada e a cultivar testada, demonstrando assim, a ocorrência de interações entre esses fatores. Esses resultados indicam que a expressão do efeito do Mo tanto pode ser influenciada pelo genótipo como pelo ambiente, como relatado por Franco e Munns (1981), para feijão. Em soja e feijão, também foram encontrados efeitos significativos do Mo sobre a massa seca da planta, nitrogênio total da parte aérea e percentagem de nitrogênio no grão (Jacob-Neto, 1985; Jacob-Neto et al., 1988; Jacob-Neto & Rossetto 1998), assim como ausência de efeito sobre a massa de semente e percentagem de nitrogênio na parte aérea (Jacob-Neto et al., 1988).

As produtividades obtidas com as três cultivares, em resposta à combinação de *Herbaspirillum* e molibdênio, sugerem que essas cultivares apresentam potencial para se associar a bactérias diazotróficas. Estes resultados ficam mais evidentes principalmente para a cultivar Caiapó no tratamento inoculado e com Mo (Tabela 3), com produtividade próxima à produtividade média brasileira, que é de 2667 kg/ha (FAO, 1997).

**Tabela 3-** Efeito dos níveis de molibdênio, fontes de nitrogênio na produtividade de grãos das cultivares de arroz, Primavera Maravilha e Caiapó, crescidas em condições de campo. (Médias de quatro repetições).

| Cultivares | Fontes de N                    | Produtividade de grãos (kg.ha <sup>-1</sup> ) |          |          |          |
|------------|--------------------------------|---|----------|----------|----------|
|            |                                | Níveis de molibdênio (g.ha <sup>-1</sup> )    |          |          |          |
|            |                                | 0   | 75       | 150      | 300      |
| Primavera  | N-0                            | 923 Cb  | 1393 Aab | 1911 Aa  | 1879 ABa |
|            | N-NH <sub>3</sub>              | 2187 ABa                                      | 1868 Aa  | 1681 Aa  | 2402 Aa  |
|            | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 2380 Aa                                       | 1921 Aa  | 1883 Aa  | 1789 ABa |
|            | N-N <sub>2</sub>               | 1520 BCa                                      | 2019 Aa  | 1403 Aa  | 1433 Ba  |
| Maravilha  | N-0                            | 1531 Aa                                       | 1604 Aa  | 1477 ABa | 1300 Ba  |
|            | N-NH <sub>3</sub>              | 1617 Aa                                       | 1753 Aa  | 653 Bb   | 2207 Aa  |
|            | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 1944 Aa                                       | 1170 Aa  | 1856 Aa  | 1710 ABa |
|            | N-N <sub>2</sub>               | 1450 Aa                                       | 1608 Aa  | 1999 Aa  | 1402 ABa |
| Caiapó     | N-0                            | 1257 Bb                                       | 1677 Aab | 2231 Aa  | 1380 Bb  |
|            | N-NH <sub>3</sub>              | 2104 Aab                                      | 1910 Aab | 2710 Aa  | 1656 ABb |
|            | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 2512 Aa                                       | 1947 Aab | 2060 Aab | 1433 Bb  |
|            | N-N <sub>2</sub>               | 1696 ABa                                      | 1712 Aa  | 1956 Aa  | 2324 Aa  |

N-0 = testemunha, N-NH<sub>3</sub> = 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 80 Kg.ha<sup>-1</sup> de N na forma de nitrato de cálcio e N-N<sub>2</sub> = inoculado com *Herbaspirillum seropedicae*. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na horizontal e maiúscula na vertical na cultivar, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P ≤ 0,05) CV % = 26,48.

## CONCLUSÕES

Foram observados aumentos crescentes na produtividade à medida que se elevou o nível de Mo, no tratamento com *Herbaspirillum spp*, proporcionando aumentos de 33% na cultivar Primavera na dose de 75 g.ha<sup>-1</sup> de Mo, de 35% na dose de 150 g.ha<sup>-1</sup> de Mo para a cultivar Maravilha e de 37% na dose de 300 g.ha<sup>-1</sup> de Mo para a cultivar Caiapó.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMBAK, K.; TADANO, T. Effect of micronutrient application on the growth and occurrence of sterility in barley and rice in a Malaysian deep peat soil. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.37: 4, p. 715-724, 1991.
- BALDANI, J.I.; BALDANI, V.L. D.; DÖBEREINER, J. Inoculation of rice plants with the endophytic diazotrophs *Herbaspirillum seropedicae* and *Burkholderia spp*. **Biology and Fertility of Soils**, v.30, p.485-491, 2000.
- BALDANI, V.L.D.; DOBEREINER, J. Alternativas para uma agricultura mais ecológica. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTININETO, A.E.; CARVALHO, J.G., (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas- Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationship**. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS. 1999. P.171-174.
- CAMPO, R.J.; ALBINO, U.B.; HUNGRIA, M. Importance of molybdenum and cobalt to the biological nitrogen fixation. In: PEDROSA, F.O.; HUNGRIA, M.; YATES, M.G.; NEWTON, W.E., (Ed.). **Nitrogen Fixation: From molecules to Crop Productivity**, Dordrecht: Kluwer, 2000. p.597-598.
- Dar, G.H.H.; ZARGAR, M.Y.; MIR, N.M. Cyanobacterial contribution to rice (*Oryza sativa*) in Kashmir. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.59:9, p.566-569, 1989.
- DAS GUPTA, D.K.; BASUCHAUDHURI, P. Molybdenum nutrition of rice under low and high nitrogen level. **Plant and Soil**, v.46, p.681-685, 1977.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos, 1999. 412p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Quartely Bulletin of Statistics, Rome, 10, p.3-4, 1997.
- FRANCO, A.A.; BALIEIRO, F. de C. Fixação biológica de nitrogênio: alternativa aos fertilizantes

- nitrogenados. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTININETO, A.E.; CARVALHO, J.G., (Dd.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas- Soil Fertility, Solil Biology, and Plant Nutrition Interrelationship**. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, 1999. P.577-595
- FRANCO, A.A.; MUNNS, D.N. Response of *Phaseolus vulgaris* L. to molybdenum under acid conditions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.45, p.1144-1148, 1981.
- JACOB-NETO, J. **Varição estacional, concentração nas sementes e níveis críticos de molibdênio nos nódulos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1985. 141 f. Tese (Mestrado em Agronomia) – UFRRJ, Itaguaí, RJ.
- JACOB-NETO, J.; FRANCO, A.A. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and soybean (*Glycine max* (L.) Merrill): response to molybdenum in tropical soils. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE AGRICULTURE FOR THE TROPICS. **The role of Biological Nitrogen Fixation**. Angra dos Reis: Embrapa-CNPAB, UFRRJ, Brazilian Academy of Sciences, 1995, v.1p.1.
- JACOB NETO, J.; ROSSETTO, C. A. V. Efeito de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Floresta e Ambiente**. RIO DE JANEIRO, v.5, n.1, p. 171-183, 1998.
- JACOB-NETO, J.; THOMAS, R.J.; FRANCO, A.A. Avaliação estacional da concentração de molibdênio nos nódulos e demais partes da planta de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. **Turrialba**, Costa Rica, v.38, p.51-57, 1988.
- JAWORSKI, E.G. Nitrite reductase assay in intact plant tissues. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, New York, v.43, p.1274-1279, 1974.
- LADHA, J.K.; REDDY, P.M. Steps toward nitrogen fixation in rice. In: **The quest for Nitrogen fixation in Rice**. Philippines: IRRI, 2000. P.33-46. Proceedings of the Third Working Group Meeting on Assessing Opportunities for Nitrogen Fixation in rice, 9-12 Aug. 1999, Los Baños, Philippines, Makati City (Philippines).
- LILLENFEIN, L.; WILCKE, W.; AYARZA, M.A.; VILELA, L.; LIMA, S.C.; ZECH, W. Chemical fractionation of phosphorus, sulphur, and molybdenum in Brazilian savannah Oxisols under different land use. **Geoderma**, 96, 31-46, 2000.
- MURALIDHARAN, P.; JOSÉ, A.L. Effect of boron and molybdenum on the uptake of nutrients in rice. **Journal of Tropical Agriculture**, 32:2, p.157-158. 1994.
- RAFEY, A.; PANDE, H.K.; MITTRA, B.N. Effect of micronutrients and grain moisture content at harvest on yield and milling quality of rice. **Journal of Research Birsa Agricultural University**. v.4: 1, p.71-74, 1992.
- RAMOS, D.P.; CASTRO, A.; CAMARGO, M.N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.8, p.1-7, 1973.
- SHEUDZHEN, A.K.H. Effect of trace elements on rice yield. **Khimizatsiya Sel'skogo Khozyaistva** v.6 p.71-73, 1991.
- SRIVASTAVA, P.C. Biochemical significance of molybdenum in crop plants. In: GUPTA, U.C., (Ed). **Molybdenum in Agriculture**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. p.47-70.
- TRIVEDI, J.K.; VERMA, M.M. Quality of rice (*Oryza sativa* L.) as affected by potassium sources with molybdenum. **Journal of Soils and Crops**. v.6: 1, p.102-104, 1996.