

MAURÍCIO ANTÔNIO DE OLIVEIRA COELHO

ATIVIDADE DA NITRATO REDUTASE, COMPOSIÇÃO MINERAL E
CARACTERES DA PLANTA DE TRIGO ASSOCIADOS À APLICAÇÃO DE
MOLIBDÊNIO, À PELETIZAÇÃO E À INOCULAÇÃO DAS SEMENTES COM
Azospirillum brasilense

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para
obtenção do título de *Doctor
Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL

2001

MAURÍCIO ANTÔNIO DE OLIVEIRA COELHO

ATIVIDADE DA NITRATO REDUTASE, COMPOSIÇÃO MINERAL E
CARACTERES DA PLANTA DE TRIGO ASSOCIADOS À APLICAÇÃO DE
MOLIBDÊNIO, À PELETIZAÇÃO E À INOCULAÇÃO DAS SEMENTES COM

Azospirillum brasilense

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para
obtenção do título de *Doctor
Scientiae*.

APROVADA: 18 de junho de 2001.

Prof. Paulo Roberto Cecon
(Conselheiro)

Prof. Sérgio Túlio Alves Cassini
(Conselheiro)

Prof. Tocio Sedyama

Prof. Moacil Alves de Souza

Prof. Valterley Soares Rocha
(Orientador)

A Deus.

À minha esposa Ádria, fonte de dedicação, carinho e apoio em todos os momentos.

À minha filha Lara, fonte da felicidade de tornar-me pai.

Aos meus pais Marcos Pereira Coelho e Hélia Mota de Oliveira Coelho.

Aos meus irmãos José Marcos, Marcílio e Marcelo.

AGRADECIMENTO

A Deus, pela ajuda na superação das dificuldades.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste treinamento.

Ao professor Valterley Soares Rocha, pela orientação, pelos ensinamentos e pela amizade.

Ao professor Paulo Roberto Cecon, pela ajuda, pelo apoio e pela amizade.

A Neusa, Camila, Roberta e Paula, pela amizade e convivência fraternas.

À FAPEMIG, pelo valioso apoio financeiro.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, em especial aos do Setor de Agronomia, pela valiosa ajuda.

Aos meus colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação, pelo saudável convívio no decorrer dos estudos.

Aos meus irmãos Marcelo, Marcílio e José Marcos e à minha cunhada Regina, pela grande amizade e pelo apoio em todos os momentos.

Ao Departamento de Fisiologia Vegetal, pelo apoio nas análises laboratoriais.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

MAURÍCIO ANTÔNIO DE OLIVEIRA COELHO, filho de Marcos Pereira Coelho e Hélia de Oliveira Mota Coelho, nasceu em 22 de outubro de 1962, em Divino de Ubá, MG.

Em 1973, concluiu a 4ª série do 1º grau na “Escola Municipal de Indápolis”, em Indápolis, MS.

Em 1978, concluiu a 8ª série do 1º grau na “Escola Estadual de 1º e 2º Graus Dom Bosco”, também em Indápolis.

Em 1984, concluiu o 2º grau na “Escola de 2º Grau Decisivo”, em Dourados, MS.

Em março de 1990, ingressou na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, graduando-se em Engenharia Agrônômica em fevereiro de 1995.

Em março de 1995, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia nessa mesma Instituição, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 1997.

Em março de 1997, iniciou o Doutorado em Fitotecnia na UFV, concentrando seus estudos na área de Produção Vegetal.

Em novembro de 1999, foi contratado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) como pesquisador e professor, lotado no Centro Tecnológico – Instituto Técnico de Agropecuária e Cooperativismo “Antônio Luciano Pereira Filho” (CT/ITAC), em Pitangui, Minas Gerais.

Em janeiro de 2000, foi designado Coordenador da Coordenadoria de Ensino do CT/ITAC, do qual também foi designado, de julho a novembro de 2000, Chefe Interino.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
ATIVIDADE DA NITRATO REDUTASE EM PLANTAS DE TRIGO E SUA RELAÇÃO COM A APLICAÇÃO DE MOLIBDÊNIO, PELETIZAÇÃO E INOCULAÇÃO COM <i>Azospirillum brasilense</i>	10
RESUMO	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1. Local e data dos experimentos	13
2.2. Delineamento experimental e análise estatística	13
2.3. Adubação de plantio e aplicação do molibdênio	14
2.4. Peletização das sementes	16
2.5. Obtenção e inoculação das sementes com <i>Azospirillum brasilense</i>	16
2.6. Determinação da atividade da nitrato redutase (ANR)	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
3.1. Experimento em casa de vegetação	19

	Página
3.2. Experimento no campo	26
4. CONCLUSÕES.....	31
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
CARACTERÍSTICAS RADICULARES E COMPOSIÇÃO MINERAL DA PLANTA DE TRIGO COM A APLICAÇÃO DE MOLIBDÊNIO, PELETIZAÇÃO E INOCULAÇÃO DAS SEMENTES COM <i>Azospirillum</i> <i>brasilense</i>	35
RESUMO	35
1. INTRODUÇÃO.....	36
2. MATERIAL E MÉTODOS	38
2.1. Local e data dos experimentos.....	38
2.2. Delineamento experimental e análise estatística	39
2.3. Adubação de plantio e aplicação do molibdênio.....	40
2.4. Peletização das sementes.....	41
2.5. Obtenção e inoculação das sementes com <i>Azospirillum brasilense</i>	42
2.6. Teores de nutrientes na parte aérea e nos grãos.....	43
2.7. Avaliações de raízes	43
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.1. Experimento em casa de vegetação.....	45
3.2. Experimento de campo	63
4. CONCLUSÕES.....	81
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
DESEMPENHO DAS PLANTAS DE TRIGO COM APLICAÇÃO DE MOLIBDÊNIO, PELETIZAÇÃO E INOCULAÇÃO DAS SEMENTES COM <i>Azospirillum brasilense</i>	91
RESUMO	91
1. INTRODUÇÃO.....	92
2. MATERIAL E MÉTODOS	95
2.1. Local e data dos experimentos.....	95
	Página

2.2. Delineamento experimental e análise estatística	95
2.3. Adubação de plantio e aplicação do molibdênio.....	96
2.4. Peletização das sementes.....	98
2.5. Obtenção e inoculação das sementes com <i>Azospirillum brasilense</i>	98
2.6. Altura de plantas	100
2.7. Biomassa seca	100
2.8. Número de espigas por m ²	100
2.9. Número de grãos por espiga.....	101
2.10. Número de grãos por m ²	101
2.11. Peso de mil grãos	101
2.12. Peso hectolítrico	102
2.13. Produção de grãos	102
2.14. Matéria seca dos grãos	102
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	102
3.1. Experimento em casa de vegetação.....	102
3.2. Experimento de campo	108
4. CONCLUSÕES.....	112
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
RESUMO E CONCLUSÕES	116
APÊNDICES	118
APÊNDICE A.....	119
APÊNDICE B.....	129

RESUMO

COELHO, Maurício Antônio de Oliveira, D.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2001. **Atividade da nitrato redutase, composição mineral e caracteres da planta de trigo associados à aplicação de molibdênio, à peletização e à inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense***. Orientador: Valterley Soares Rocha. Conselheiros: Paulo Roberto Cecon e Sérgio Túlio Alves Cassini.

Este estudo objetivou avaliar, em dois cultivares de trigo irrigado, os efeitos da inoculação, peletização das sementes e aplicação de Mo em cobertura sobre a atividade da nitrato redutase (ANR), composição mineral e características agronômicas. Um experimento, em condições de campo, foi conduzido no Departamento de Fitotecnia (DFT) (Estação Experimental Diogo Alves de Melo), de junho a outubro de 1999, sendo outro experimento, em vasos, conduzido em casa de vegetação do DFT e na mesma época. O experimento de campo foi constituído de 16 tratamentos, dispostos num esquema fatorial $2 \times 2 \times 2 \times 2$ [dois cultivares (EMBRAPA-22 e BR-26), Mo (0 e 90 g.ha^{-1}), peletização (presente e ausente) e inoculação com *Azospirillum brasilense* (presente e ausente)], no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. O experimento em vasos foi constituído de 18 tratamentos, num esquema fatorial, acrescidos de duas parcelas [(EMBRAPA-22 + 90 g.ha^{-1} de Mo + peletização + inoculação - P e - S) e (BR-26 + 90 g.ha^{-1} de Mo + peletização + inoculação - P e - S)], no delineamento

em blocos casualizados com quatro repetições. Avaliaram-se a ANR em quatro estádios da cultura, o teor de macro e micronutrientes na parte aérea e nos grãos e características radiculares e agronômicas. A aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo e a inoculação das sementes aumentaram significativamente a ANR, nas quatro épocas avaliadas (28, 48, 68 e 88 dias após a emergência das plântulas). Ocorreu redução na atividade da enzima com o avanço do ciclo da cultura. A aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo e a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* aumentaram a matéria seca, o comprimento e área radiculares e os teores de nutrientes das plantas, além de diminuir o diâmetro radicular destas. A matéria seca e o comprimento e área radiculares e os teores de nutrientes foram superiores no cultivar EMBRAPA-22. A aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo, assim como a inoculação de *Azospirillum brasilense*, aumentou a altura das plantas, a produção de grãos, a biomassa seca e o peso de mil grãos, nos dois experimentos realizados.

ABSTRACT

COELHO, Maurício Antônio de Oliveira, D. S., Universidade Federal de Viçosa, June 2001. **Activity of nitrate reductase, mineral composition and characteristics of wheat plant associated a molybdenum application, a pelletization and a seeds inoculation with *Azospirillum brasilense***. Adviser: Valterley Soares Rocha. Committee members: Paulo Roberto Cecon and Sérgio Túlio Alves Cassini.

The objective of this study was to evaluate the effects from seed inoculation, seed pelletization and Mo application on the activity of nitrate reductase (ANR), the mineral composition and agronomic characteristics. An experiment was carried out under field conditions at the Estação Experimental Diogo Alves de Melo from June to October 1999, and at the same time another one was accomplished in pots under greenhouse conditions, both places pertaining to the Departamento de Fitotecnia-UFV. The field experiment consisted of 16 treatments arranged in a factorial scheme of $2 \times 2 \times 2 \times 2$ [two cultivars (EMBRAPA-22 and BR-26), Mo (0 and 90 g.ha^{-1}), pelletization (present and absent) and inoculation with *Azospirillum brasilense* (present and absent)] on a randomized block experimental design with four replicates. The experiment in pots consisted of 18 treatments on a factorial scheme with two additional plots [(EMBRAPA-22 + 90 g.ha^{-1} of Mo + pelletization + inoculation - P and - S) and (BR-26 + 90 g.ha^{-1} of Mo + pelletization + inoculation - P and - S)] on a randomized block experimental design with four replicates. The ANR was evaluated at four crop stages, as well as the macronutrient and micronutrients in the aerial

part and the grains, the agronomic and root characteristics were also evaluated. The application of 90 g.ha^{-1} Mo and seed inoculation significantly increased the ANR at the four appraised times (28, 48, 68 and 88 days after emergency of the seedlings). There was a reduction in enzyme activity as the crop cycle advanced. Either application of 90 g.ha^{-1} Mo and the seed inoculation with *Azospirillum brasilense* increased the root dry matter, root length, root area and the nutrient contents in plants, whereas the root diameter was reduced. The root dry matter, root length, root area and the nutrient contents in plants were superior in cultivar EMBRAPA-22. The application of 90 g.ha^{-1} Mo as well as the seed inoculation with *Azospirillum brasilense* increased the plant heights, grain yield, dry biomass and the weight of a thousand grains in both experiments.

INTRODUÇÃO

A adubação nitrogenada tem contribuído de maneira significativa para altos rendimentos dos cereais. Sabe-se, entretanto, que a resposta e a dose de N necessária para ótima produtividade variam de acordo com a espécie, o cultivar, o tipo de solo, as condições climáticas, os sistemas de cultivo, a data de semeadura e o momento da aplicação do N (NAKAGAWA et al., 1994). Entretanto, os fertilizantes nitrogenados, quando aplicados em doses elevadas, ficam sujeitos a perdas, principalmente por volatilização e lixiviação. Além disso, NO_3^- e NH_4^+ quando presentes no solo, em quantidades elevadas, podem inibir a fixação biológica de N_2 (SOUTO, 1982).

A dependência da cultura do trigo ao N e o alto custo do fertilizante nitrogenado motivam a busca de alternativas que possibilitem reduzir custos. A possibilidade da substituição de parte do fertilizante nitrogenado pelo N_2 fixado biologicamente por meio da associação com *Azospirillum* aparece como alternativa oportuna e desejável em termos econômicos, ecológicos e biológicos, abrindo novos horizontes para a reativação do setor tritícola brasileiro.

Embora o dinitrogênio (N_2) seja abundante na atmosfera, nessa forma ele é inerte (KENNEDY e TCHAN, 1992). A energia necessária para redução do N_2 a amônia é muito alta, encarecendo extremamente esse processo quando feito industrialmente. A formação de amônia (NH_4^+) a partir do N_2 ocorre somente nas temperaturas entre 300 e 500 °C e pressões acima de 300 atmosferas. Diante desse paradoxo, a natureza permite a fixação biológica do N. Somente pequeno número de microrganismos, chamados de diazotróficos, é capaz de realizar esse processo. Todos os outros organismos dependem direta ou indiretamente dos diazotróficos para seu suprimento de compostos nitrogenados.

A fixação biológica do N é um processo de importância ecológica, ambiental e econômica, por diminuir o uso e o impacto causado pelos fertilizantes nitrogenados. Para que a fixação biológica seja explorada em seu máximo potencial, é necessário que estirpes eficientes se estabeleçam nas raízes das plantas, com população no solo suficientemente grande para permitir tal fenômeno.

Quando a população microbiana no solo não é grande ou as estirpes não são eficientes, torna-se necessário recorrer a métodos artificiais de introdução de estirpes selecionadas. A prática de inoculação é muito divulgada e adotada, principalmente em leguminosas. O gênero *Azospirillum*, bactéria associativa que pode penetrar nos espaços intercelulares, associa-se, principalmente, com gramíneas como trigo, cana-de-açúcar e arroz. De acordo com ELANCHEZHIAN e PANWAR (1997), *Azospirillum brasilense* é capaz de formar estruturas nas raízes, servindo como nicho protetor da enzima nitrogenase da bactéria contra altas concentrações de oxigênio. Essa bactéria pode aumentar o crescimento de plantas pelo fornecimento dos produtos da fixação de N, ou por transporte direto do N fixado bactéria-planta ou por lenta transferência, devido à morte gradual das bactérias e à sua subsequente mineralização. O gênero *Azospirillum* pode também aumentar a produtividade das plantas pela produção de fitormônios (auxina, giberelina e, ou, citocinina), os quais pode estimular o crescimento de raízes e aumentar a absorção de nutrientes minerais (CHAURET e KNOWLES, 1991).

O *Azospirillum brasilense* é uma bactéria quimio-heterotrófica (energia obtida da oxidação de compostos químicos e do carbono (C) obtido de compostos de C preformados), gram-negativa, fixadora de N₂ em condições microaeróbicas (nitrogenase tem sensibilidade extrema ao O₂). Esta bactéria é aeróbia diazotrófica, pois utiliza N₂ como única fonte de N (CHAURET et al., 1992). O gênero *Azospirillum* é também distinto, por realizar todas as reações do ciclo do N, exceto a nitrificação (KNOWLES, 1984).

De acordo com KENNEDY e TCHAN (1992), quimicamente a fixação biológica de N é essencialmente a conversão do dinitrogênio (N₂) a amônio (NH₄⁺), catalisada pela enzima nitrogenase, de acordo com a reação (Fd = ferredoxina):



Essa reação indica a necessidade de um potencial redutor e um substancial requerimento energético na forma de ATP. Indica, também, a necessidade de um

mecanismo para utilização da amônia que possa, simultaneamente, neutralizar a alcalinidade gerada (KENNEDY et al., 1991).

Apesar de o N reduzir o potencial para fixação de N em gramíneas, diversos autores têm encontrado respostas à inoculação em níveis médios de N (AVIVI e FELDMAN, 1982). Isso indica que outros processos consequentes da inoculação, como efeitos hormonais na morfologia da planta (KAPULNIK et al., 1985) e aumentos na absorção de nutrientes (OKON, 1982), podem contribuir para aumentos na produção.

Plantas inoculadas com a bactéria diazotrófica do gênero *Azospirillum* em condições de campo aumentaram o conteúdo de N, P e K, demonstrando maior atividade de raízes em plantas inoculadas (KAPULNIK et al., 1983). O *Azospirillum* produz substâncias promotoras de crescimento quando colocado para crescer em meio de cultura pura (TIEN et al., 1979), as quais são capazes de aumentar o comprimento radicular.

O Mo interfere diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas, através do metabolismo do N, participando como co-fator de enzimas, como da nitrato redutase (SACO et al., 1995). Segundo CLARK (1984), a produção de metabólitos nitrogenados (aminoácidos e proteínas) é afetada, nas plantas, pela deficiência de Mo.

A taxa de absorção de Mo pelas raízes está intimamente relacionada à atividade metabólica. MARSCHNER (1995) classificou o Mo como de mobilidade intermediária no floema. A forma pela qual o Mo é translocado não é conhecida, mas suas propriedades químicas indicam que, mais provavelmente, é transportado como MoO_4^{2-} . O requerimento de Mo pelas plantas é muito mais baixo que qualquer outro nutriente, exceto níquel. As funções do Mo como nutriente estão relacionadas às mudanças na valência que ele suporta e como metal componente de enzimas. No seu estado oxidado, o molibdênio existe como Mo^{+6} ; ele é reduzido à Mo^{+5} e, eventualmente, Mo^{+4} .

Em plantas, poucas enzimas têm sido encontradas contendo Mo como co-fator (MARSCHNER, 1995). Nessas enzimas, o Mo têm tanto função estrutural como catalítica e está diretamente envolvida em reações redox. Entre essas

enzimas incluem a xantina oxidase/desidrogenase, aldeído oxidase, sulfito oxidase, nitrato redutase e nitrogenase.

Todo sistema biológico fixador do N_2 requer nitrogenase (MARSCHNER, 1995). Essa enzima consiste de duas ferropoteínas, uma das quais é a MoFe-proteína, com 240 kDa, composta por quatro subunidades contendo 30 átomos de Fe e dois de Mo cada uma. É provável que o Mo esteja diretamente envolvido na redução do N_2 , enquanto o ferro age como um transportador de elétrons. O requerimento de Mo em raízes noduladas de leguminosas e não-leguminosas é, portanto, relativamente alto. Quando o suprimento de Mo externo é baixo, o conteúdo de Mo das raízes noduladas é muito mais elevado do que nas folhas. Entretanto, quando o suprimento de Mo externo é elevado, o conteúdo nas folhas aumenta muito mais do que nos nódulos. Como deveria ser esperado, o crescimento de plantas que realizam fixação de N_2 é particularmente estimulado pela aplicação de Mo em solos deficientes.

A nitrato redutase é uma enzima dimérica, contendo três grupos prostéticos transferidores de elétrons (FAD, heme e molibdênio) por unidade dimérica. Durante a redução do nitrato, elétrons são transferidos diretamente do Mo para o nitrato. A atividade da nitrato redutase (ANR) é baixa em folhas de plantas com deficiência de Mo, mas pode ser aumentada em poucas horas pela aplicação via foliar de Mo (MARSCHNER, 1995). De acordo com WANG et al. (1999), o conteúdo de Mo e a ANR em plantas de trigo diminuíram em solos deficientes do referido elemento.

Sais de Mo são aplicados nas sementes em doses equivalentes de 50 a 100 g Mo.ha⁻¹. Quando peletizadas, as doses nas sementes variam de 0,1 a 0,5 g de molibdato de sódio por 100 g de sementes. As soluções em aplicações foliares de Mo contêm 0,1 a 0,3% de Mo solúvel (HAQUE, 1987). No Zimbábue, a aplicação foliar de 100 g de molibdato de sódio.ha⁻¹ na cultura do milho 10 dias após a emergência eliminou os sintomas de deficiência (TANNER, 1982). Entretanto, a aplicação quatro semanas após a emergência não foi eficiente na eliminação dos sintomas de deficiência. A aplicação de 100 g de molibdato de sódio.ha⁻¹ na cultura do milho 10 dias após a emergência foi suficiente para elevar o conteúdo de Mo na

semente acima da concentração crítica (0,08 ppm Mo), em solos deficientes de Mo.

FERREIRA (1997), aplicando molibdato de sódio via foliar, aos 45 dias após a emergência na cultura do milho observou que o Mo e sua interação com N não afetou a produtividade, o peso de mil grãos, o peso de espigas com palha e sem palha, o número de plantas por parcela e o número de plantas acamadas. Entretanto, o teor de proteína no grão aumentou 3,0% com a aplicação de 90,0 g Mo.ha⁻¹, em relação à testemunha (sem Mo). A interação N x Mo apresentou efeito significativo sobre os teores de Mo e Fe nos grãos. Com o incremento das doses de N, os teores de Mo e Fe nos grãos aumentaram linearmente.

O revestimento das sementes, também chamado de peletização, tem como finalidade principal fornecer às sementes quantidade máxima de bactérias do inoculante, protegendo contra possíveis danos a elas até a infecção. A quantidade de bactérias vivas sobre as sementes dependerá, em primeira instância, da sua concentração no inoculante. O revestimento proporciona prolongamento da sobrevivência das bactérias.

Diversos fatores podem atuar desde a inoculação até a infecção ou associação: raios solares, pH do solo, fertilizante, tempo entre inoculação e semeio, tempo entre semeio e germinação, presença de substâncias tóxicas no solo (por exemplo, antibióticos), ausência de elementos vitais para bactérias na rizosfera ou rizoplano, dentre outros. O revestimento nada mais é do que uma ajuda nos casos em que poderá ocorrer inoculação insuficiente.

Com base nessas informações, o presente trabalho teve como objetivo avaliar em condições de campo e casa de vegetação, em dois cultivares de trigo irrigado, os efeitos da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, da peletização das sementes e da aplicação de Mo em cobertura sobre a atividade da nitrato redutase, sobre a composição mineral e sobre suas características agronômicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVIVI, Y.; FELDMAN, M. The response of wheat to bacteria of the genus *Azospirillum*. **Israel Journal Botany**, v.31, n.1, p.237-245, 1982.
- CHAURET, C.; KNOWLES, R. Effect of tungsten on nitrate and nitrite reductases in *Azospirillum brasilense* Sp7. **Canadian Journal of Microbiology**, v.37, p.744-750, 1991.
- CHAURET, C.; BARRAQUIO, W.L.; KNOWLES, R. Molybdenum incorporation in denitrifying *Azospirillum brasilense* Sp7. **Canadian Journal of Microbiology**, v.38, p.1042-1047, 1992.
- CLARK, P. M. Physiological aspects of calcium, magnesium and molybdenum deficiencies in plants. **Agronomy**, v.12, n.1, p. 99-170, 1984.
- ELANCHEZHIAN, R.; PANWAR, J. D. S. Effects of 2,4-D and *Azospirillum brasilense* on nitrogen fixation, photosynthesis and yield of wheat. **Journal Agronomy of Crop Science**, v.178, n.3, p. 129-133, 1997.
- FERREIRA, A. C. B. **Efeitos da adubação com N, Mo e Zn sobre a produção, qualidade de grãos e concentração de nutrientes no milho**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 74f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- HAQUE, I. Molybdenum in soils, plant and its potential importance to livestock nutrition, with special reference to Sub-Saharan Africa. **Ilca Bulletin**, v.26, n.1, p. 20-28, 1987.
- KAPULNIK, Y.; GAFNY, R.; OKON, Y. Effect of *Azospirillum* spp. inoculation on root development and NO₃⁻ uptake in wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Miriam) in hidroponic systems. **Canadian Journal of Botany**, v.63, n.1, p.627-631, 1985.
- KAPULNIK, Y.; SARIG, S.; NUR, I.; OKON, Y. Effect of *Azospirillum* inoculation on yield of field grown wheat. **Canadian Journal of Microbiology**, v.29, n.1, p.895-899, 1983.
- KENNEDY, I. R.; TCHAN, Y. T. Biological fixation: in non-leguminous field crops: recent advances. **Plant and Soil**, Dordrecht v.141, n.1, p.93-118, 1992.
- KENNEDY, I. R.; ZEMA, A.; TCHAN, Y. T.; NEW, P. B.; SRIKANDARAJAH, S.; NIE, Y. F. Biological nitrogen fixation and prospects for yield increases in wheat. **Soil Science of Plant Nutrition**, Dordrecht, v.14, n.1, p.146-151, 1991.
- KNOWLES, R. Denitrification. **Microbiol. Review**, v.46, p.43-70, 1984.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2.ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; AMARAL, W. A. N. Produção e qualidade de sementes de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.16, n.1, p.95-101, 1994.

OKON, Y. *Azospirillum*, physiological properties, mode of association with roots and its application for the benefit of cereal and forage grass crops. **Israel Journal of Botany**, v.31, n.1, p.214-220, 1982.

SACO, D.; ALVAREZ, M.; MARTIN, S. Activity of nitrate reductase and the content of proteins in *Nicotiana rustica* grown with various levels of molybdenum. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, n.6, p. 1149-1157, 1995.

SOUTO, S. M. **Variação estacional da fixação de N₂ e denitrificação em gramíneas forrageiras tropicais**. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ, 1982. 268f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

TANNER, P. D. The molybdenum requirements of maize in Zimbabwe. **Zimbabwe Agriculture Journal**, v.79, n.2, p.62-64, 1982.

TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied Environmental Microbiology**, v.37, n.1, p.1016-1024, 1979.

WANG, Z. Y.; TANG, Y. L.; ZHANG, F. S. Effect of molybdenum on growth and nitrate reductase activity of winter wheat seedlings as influenced by temperature and nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, n.2, p. 387-395, 1999.

**ATIVIDADE DA NITRATO REDUTASE EM PLANTAS DE TRIGO E SUA
RELAÇÃO COM A APLICAÇÃO DE MOLIBDÊNIO, PELETIZAÇÃO E
INOCULAÇÃO DAS SEMENTES
COM *Azospirillum brasilense***

RESUMO

Objetivando avaliar a atividade da nitrato redutase (ANR) aos 28, 48, 68 e 88 dias após a emergência das plântulas, foram conduzidos dois trabalhos no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG. No campo, 16 tratamentos foram dispostos num esquema fatorial 2 x 2 x 2 x 2 [dois cultivares, doses de Mo (0 e 90 g.ha⁻¹), peletização (presente e ausente) e inoculação com *Azospirillum brasilense* (presente e ausente)], no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. No experimento em vasos, os 16 tratamentos no mesmo delineamento e esquema fatorial tiveram o acréscimo de duas parcelas [(EMBRAPA-22 + 90 g.ha⁻¹ de Mo + peletização + inoculação - P e - S) e (BR-26 + 90 g.ha⁻¹ de Mo + peletização + inoculação - P e - S)]. Ocorreu efeito significativo na ANR, aos 28, 68 e 88 dias após a emergência das plântulas, de Mo, inoculação e da interação destes. A ANR foi superior com a inoculação ou aplicação de Mo. Nas quatro épocas analisadas, a ANR no cultivar EMBRAPA-22 foi maior, sendo nos dois cultivares observado redução na atividade da enzima com a idade da planta. Nas condições em que os experimentos foram conduzidos, os resultados permitiram as seguintes conclusões: a) a ANR foi favorecida com a aplicação de Mo, ou inoculação das sementes; b) com relação à ANR, os cultivares responderam de maneira diferenciada à aplicação de Mo em cobertura e à inoculação das sementes, nas épocas avaliadas; e c) a atividade da enzima diminuiu com a idade da planta, nos dois cultivares

Palavras-chave: trigo, inoculação, cobertura e peletização.

1. INTRODUÇÃO

Nitrato e amônio são as maiores fontes de N-inorgânico absorvido pelas plantas superiores. A maioria do NH_4^+ é incorporada aos compostos orgânicos nas raízes, embora o nitrato seja móvel no xilema e possa ser estocado no vacúolo das raízes, parte aérea e órgãos de reserva (MARSCHNER, 1995).

A redução do NO_3^- para NH_4^+ é mediada por duas enzimas: nitrato redutase (NR), que reduz o NO_3^- a NO_2^- ; e a nitrito redutase (NiR), que transforma NO_2^- em NH_3 . Nas plantas superiores, a NR é uma enzima complexa contendo duas subunidades idênticas, isto é, ela existe como um dímero. Cada subunidade contendo três grupos prostéticos (flavina adenina dinucleotídio –FAD, citocromo 557-Cyt_c e o co-fator-MoCo) pode funcionar separadamente na redução do nitrato (CAMPEBELL e REDINBAUGH, 1984). Como pode ser esperado, a atividade da NR é muito baixa em plantas deficientes de Mo (NOTTON e HEWITT, 1979). De acordo com WANG et al. (1999), o conteúdo de Mo e a atividade da nitrato redutase (ANR) em plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) diminuíram em solos deficientes do referido elemento. Segundo MARSCHNER (1995), outras enzimas, como a nitrogenase (presente nos organismos fixadores de N_2), xantina oxidase e sulfito redutase, contêm Mo. Em todas essas enzimas, o Mo tem funções tanto estruturais quanto catalíticas.

A NR tem sido estudada intensivamente, pois controla a taxa da síntese de proteínas das plantas que absorvem o NO_3^- como maior fonte de N. A ANR é afetada por vários fatores, um deles é sua síntese e outro, sua taxa de degradação pelas proteinases. Aparentemente, a NR é continuamente sintetizada e degradada, controlando sua atividade de acordo com o nível da enzima dentro das células, sendo sua meia-vida de poucas horas. Sua atividade também é afetada tanto por inibidores quanto por ativadores dentro das células (SALISBURY, 1991). Embora seja difícil separar o efeito desses fatores, níveis elevados de NO_3^- no citosol claramente aumentam a ANR, devido à sua rápida síntese (CAMPBELL e NABLE, 1988). Esse é um caso de indução enzimática, em que um composto químico particular aumenta a síntese de uma enzima. A indução enzimática é largamente conhecida nos microrganismos, mas exemplos em plantas e animais são

conhecidos. A indução da NR pelo NO_3^- é um excelente exemplo de indução pelo substrato, pois o indutor é também substrato da enzima (SALISBURY, 1991). Segundo LI e GRESSHOFF (1990), em plantas que não recebem NO_3^- a enzima está ausente.

Em folhas e caules, a luz também aumenta a ANR quando o NO_3^- está disponível. Além da luz, a espécie de planta e o seu estágio de desenvolvimento podem alterar o ritmo dessa enzima. Primeiro, em tecidos verdes, a luz ativa um ou ambos os fotossistemas da fotossíntese, aumentando o transporte de NO_3^- do vacúolo para o citosol, talvez pelo fornecimento de ATP, em que a indução da NR ocorre (GRANDSTEDT e RUFAAKER, 1982); segundo, a luz ativa o sistema fitocromo, que de algum modo ativa o gene que codifica para o mRNA, o qual codifica para a NR. Finalmente, a luz, agindo diretamente na fotossíntese, promove a atividade da NR, pois a fotossíntese aumenta o suprimento de carboidrato, e o NADH necessário para redução do NO_3^- é produzido com esses carboidratos quando são respirados (ASLAN e HUFFAKER, 1984). Várias plantas respondem a esse efeito da luz no aumento da atividade da NR, e há grande aumento na taxa de redução do NO_3^- para NH_4^+ após o nascer-do-sol, especialmente nas raízes das plantas. Segundo MOINUDDIN et al. (1996), a ANR nas folhas de trigo decrescem com a idade delas (folhas jovens no perfilhamento > folha-bandeira jovem > folha-bandeira completamente expandida > penúltima folha).

Existem poucos estudos envolvendo Mo, nitrogenase (presente nos microrganismos fixadores de N) e a atividade da nitrato redutase na cultura do trigo. Por isso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a atividade da nitrato redutase em plantas de trigo irrigadas e submetidas à aplicação de Mo em cobertura, à peletização e à inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e data dos experimentos

Foram conduzidos dois experimentos na Universidade Federal de Viçosa, município de Viçosa, MG, a uma altitude de 651 m, latitude de 21°45' sul e longitude de 42°51' oeste. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa-mesotérmico úmido, com verões quentes e invernos secos, apresentando umidade relativa média anual do ar de 80%, temperatura média anual de 21 °C, média das temperaturas máximas de 26,1 °C e das mínimas de 14,0 °C e precipitação pluvial média anual de 1.341 mm (VIANELLO e ALVES, 1991).

Foi conduzido um experimento, em condições de campo, na Estação Experimental Diogo Alves de Melo, do Departamento de Fitotecnia. A semeadura foi realizada no dia 17.06.1999, e a emergência das plântulas ocorreu sete dias após, sendo a colheita realizada no dia 14.10.1999. O outro experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia. O plantio foi realizado no dia 24.06.1999, utilizando-se sementes pré-germinadas, sendo a colheita feita no dia 02.10.1999.

2.2. Delineamento experimental e análise estatística

No experimento em vasos, na casa de vegetação, utilizou-se um arranjo fatorial (2 x 2 x 2 x 2)+2 no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os fatores foram: dois cultivares (EMBRAPA-22 e BR-26), peletização (sementes peletizadas e não-peletizadas), inoculação de sementes (inoculadas e não-inoculadas com *Azospirillum brasilense*), duas doses de Mo (5 e 90 g.ha⁻¹) e dois tratamentos adicionais (EMBRAPA-22 + peletização + 90 g.ha⁻¹ de Mo + inoculação, com apenas 10% da dose de P e 10% da dose de S; e BR-26 + peletização + 90 g.ha⁻¹ de Mo + inoculação, com apenas 10% da dose de P e 10% da dose de S). O Mo foi aplicado via foliar no estágio de perfilhamento, aos 25 dias após a emergência das plântulas, na forma de Na₂MoO₄.2H₂O. Cada parcela foi constituída de um vaso com capacidade para seis litros, contendo oito plantas.

No experimento de campo, utilizou-se um arranjo fatorial (2 x 2 x 2 x 2) no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os fatores foram: dois cultivares (EMBRAPA-22 e BR-26), peletização (sementes peletizadas e não-peletizadas), inoculação de sementes (inoculadas e não-inoculadas com *Azospirillum brasilense*) e doses de Mo (0 e 90 g.ha⁻¹). O Mo foi aplicado na forma de (NH₄)₆Mo₇O₂₄.7H₂O, no estágio de perfilhamento, aos 25 dias após a emergência das plântulas. Cada parcela foi formada de cinco linhas de comprimento cada uma, espaçadas de 20 cm, perfazendo-se uma área de 5 m² por parcela. A área útil da parcela foi constituída pelas três linhas centrais, com a eliminação de meio metro em ambas as extremidades da parcela, para reduzir o efeito de bordadura, ficando 2,4 m² por parcela como área útil.

Os dados obtidos foram analisados, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da UFV (SAEG-UFV), e submetidos às análises de variância. Para comparar as médias dos fatores qualitativos, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.3. Adubação de plantio e aplicação de molibdênio

Os resultados das análises químicas da mistura (solo de barranco + areia) utilizada no experimento em vasos e do solo da Estação Experimental Diogo Alves de Melo utilizado no experimento de campo são apresentados no Quadro 1.

No experimento em casa de vegetação, cada vaso com capacidade para seis litros contendo uma mistura de 50% de solo de barranco e 50% de areia lavada, esterilizada com brometo de metila (10 mL de Bromex para 200 kg de solo), foi revestido internamente com sacos plásticos. A mistura foi corrigida com macronutrientes na forma de KCl (150 mg.dm⁻³ de K), superfosfato triplo (450 mg.dm⁻³ de P), MgSO₄.7H₂O (120 mg.dm⁻³) e (NH₄)₂SO₄ (15 mg.dm⁻³ de N).

Quadro 1 – Características químicas de amostras de solo. Viçosa, MG, 1999

Vasos	Campo
-------	-------

PH	H ₂ O	5,1	5,8
P	mg.dm ⁻³	1,7	27
K		12	114
Ca ²⁺		0,3	3,1
Mg ²⁺	cmol.c.dm ⁻³	0,0	0,6
Al ³⁺		0,1	0,0
H+Al		2,3	2,6
SB		0,33	3,99
CTC _t		0,43	3,99
CTC _r		2,63	6,59
V	%	12,5	61
M		23,3	0,0
MO	dag.kg ⁻¹	0,0	2,19
Zn	mg.dm ⁻³	0,0	5,1
Fe		0,0	97,1
Mn		0,0	72,1
Cu		0,0	4,7
B		0,0	0,37

Os micronutrientes foram aplicados na forma de solução da seguinte forma:

***solução A:** 0,546 g de H₃BO₃ + 1,550 g de MnCl₂.4H₂O + 0,990 g de ZnCl₂.2H₂O + 0,420 g de CuCl₂.2H₂O, dissolvidos em 900 mL de água destilada.

***solução B:** 0,890 g de FeO₃.6H₂O + 1,23 g de Na-EDTA, dissolvidos em 900 mL de água destilada.

As soluções A+B foram misturadas no momento da aplicação, sendo o volume completado para 2.000 mL. Cada vaso recebeu 10 mL logo após o plantio e 20 mL aos 25 dias após a emergência das plântulas.

No experimento de campo, naqueles tratamentos com Mo foram aplicados 90 g de Mo, na forma de (NH₄)₆Mo₇O₂₄.7H₂O, via foliar, em toda a parcela, com um pulverizador costal pressurizado. A parcela foi protegida em sua volta com uma lona plástica de 2 m de altura, para evitar a deriva. Nos tratamentos sem aplicação de Mo, foi feita a aplicação de água com o mesmo pulverizador e a proteção da parcela.

2.4. Peletização das sementes

Inicialmente, preparou-se a goma-arábica (40%) na proporção de 5 mL por 100 g de sementes, acrescida do inóculo original ou esterilizado. Em seguida, foi feita a mistura: 100 g de sementes + 25 g de CaCO_3 + 5 mL de goma-arábica + 0,5 mL inóculo. As sementes foram semeadas imediatamente após a peletização.

2.5. Inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*

O *Azospirillum brasilense* Br 11001 foi obtido na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-Seropédica/RJ), no Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (CNPAB), em Itaguaí, RJ.

O *Azospirillum brasilense* Br 11001, previamente crescido em meio NFb semi-sólido (DÖBEREINER, 1995), foi o inóculo com uma suspensão bacteriana de 3×10^9 CFU ("colony-forming units") por mL do meio NFb líquido.

No experimento em vasos, naqueles tratamentos em que houve somente inoculação, as sementes foram esterilizadas superficialmente (DÖBEREINER et al., 1995, modificada) e pré-emergidas por 24 horas em meio NFb semi-sólido, utilizando-se um inóculo de 1 mL do meio NFb líquido (3×10^9 CFU.mL⁻¹) por placa contendo 50 sementes. Nos tratamentos sem inoculação, as sementes foram esterilizadas superficialmente e pré-emergidas no meio, sem adição do inóculo. Nos tratamentos com inoculação e peletização, as sementes pré-emergidas receberam uma proporção de 10 mL de goma-arábica: 1 mL do inóculo original, sendo peletizadas em seguida com CaCO_3 . No momento do transplante, os tratamentos com inoculação receberam sobre as sementes, em cada vaso, 1 mL do inóculo original diluído em água destilada na proporção 1:1. Os tratamentos sem inoculação receberam o inóculo esterilizado na mesma proporção.

No experimento de campo, naqueles tratamentos em que houve somente inoculação, as sementes foram esterilizadas superficialmente e pré-emergidas por

24 horas em meio NFb semi-sólido, utilizando-se um inóculo de 1 mL do meio NFb líquido (3×10^9 CFU.mL⁻¹) por placa contendo 50 sementes. Nos tratamentos sem inoculação, as sementes foram esterilizadas superficialmente e pré-emergidas no meio, sem adição do inóculo. Nos tratamentos com inoculação e peletização, as sementes pré-emergidas receberam uma proporção de 10 mL de goma-arábica: 1 mL do inóculo original, sendo peletizadas em seguida com CaCO₃. As sementes foram acondicionadas em sacos plásticos (350 sementes/linha/saco plástico), levadas para o campo e semeadas com uma semeadora manual tipo “PLANET” própria para áreas experimentais. No momento da semeadura, os sacos plásticos correspondentes aos tratamentos com inoculação receberam, sobre as sementes, 2 mL do inóculo original diluído em água destilada na proporção 1:1. Os tratamentos sem inoculação receberam o inóculo esterilizado na mesma proporção.

2.6. Determinação da atividade da nitrato redutase (ANR)

A ANR foi avaliada aos 28, 48, 68 e 88 dias após a emergência das plântulas. Utilizou-se a metodologia proposta por HAGEMAN e REED (1980), modificada. Aos 28 e 48 dias após a emergência das plântulas, foram coletadas folhas do terço superior da planta e, aos 68 e 88 dias, folhas-bandeira mais desenvolvidas. Definiu-se, previamente, que o horário de maior ANR estava entre 10 e 11 horas. Nesse horário, as folhas foram coletadas, acondicionadas em sacos plásticos, colocadas em caixa de isopor com gelo e levadas imediatamente para o laboratório, pois a atividade enzimática é determinada *in vivo*. No laboratório, as folhas foram perfuradas com um furador manual de 0,3 cm de diâmetro, obtendo-se discos foliares com peso total entre 0,2 e 0,5 g. Após a pesagem e obtenção do peso da matéria fresca, os discos foram colocados em um erlenmeyer de 25 mL, que previamente recebeu 10 mL do meio de incubação (5 mL de tampão fosfato 0,1 mol.L⁻¹ a pH 7,5 + 2,5 mL de propanol 8% + 1 mL de água destilada + 1,5 mL de KNO₃ 0,75 mol.L⁻¹ + 2 gotas de TRITON-X100). Em seguida, o erlenmeyer foi submetido a um ambiente com vácuo por 60 segundos, por duas vezes, objetivando maior contato do meio de incubação com as células do mesófilo foliar.

Rapidamente, em ambiente escuro, o erlenmeyer foi colocado em banho-maria a 30 °C. Retiraram-se alíquotas de 1 mL do meio de incubação aos 10 e 30 minutos, colocando-as em solução contendo 1 mL de sulfanilamida 1% e 1 mL de água destilada, com o objetivo de paralisar a atividade da enzima por desnaturação.

Em seguida, foi acrescentado 1 mL de n-naftil 0,02%, agitando-se em vórtex por 20 segundos. Após uma hora e ocorrida a estabilização do n-naftil com o nitrito formado a partir da redução do nitrato, fez-se a leitura em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 540 nm. Com a curva-padrão, em que se tinham concentrações conhecidas de nitrito, fez-se a conversão dos dados para ANR, conforme a expressão

$$ANR = (\text{atividade } 30' - \text{atividade } 10') \times 1/PMF \times (60/20) \times (1/1000) \times 9$$

em que

ANR = atividade da nitrato redutase em $\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$;

PMF = peso da matéria fresca dos discos foliares, em gramas;

60/20 = transformação de minutos para horas de ANR, sendo 20' a diferença de tempo entre as leituras;

1/1.000 = transformação de nmoles de NO_2^- (curva-padrão) para $\mu\text{moles de NO}_2^-$; e

9 = transformação dos 9 mL restantes no erlenmeyer.

A concentração de nitrato na solução de incubação e o intervalo de tempo para incubação dos discos foliares foram, também, definidos em pré-experimentos, visando obter a maior atividade da enzima e melhorar a sensibilidade do método.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Experimento em casa de vegetação

As análises de variância nas quatro épocas avaliadas neste experimento são apresentadas no Apêndice (Quadro 1A). Aos 28 dias após a emergência das plântulas, houve efeito significativo de molibdênio (Mo), de inoculação (I) e do cultivar (C) sobre a ANR. Não houve efeito da peletização (Pe) sobre a ANR.

Nessa época avaliada, houve interação significativa entre Pe x I, Mo x I e entre Mo x I x C. A média do fatorial foi estatisticamente superior à média das testemunhas. Aos 48 dias, verificaram-se os mesmos efeitos, exceto as interações Pe x I e Mo x I, as quais não ocorreram. Aos 68 e 88 dias após a emergência das plântulas, houve efeito significativo de Mo e I sobre a ANR. Não houve efeito da Pe sobre a ANR. Nessas épocas avaliadas, ocorreu interação significativa somente entre Mo x I. A média do fatorial também foi estatisticamente superior à das testemunhas.

A ARN nos tratamentos com aplicação de 90 g.ha⁻¹ Mo foi maior ($P < 0,05$) quando comparada com a aplicação de 5 g.ha⁻¹ de Mo (Quadro 2). Apesar de o Mo ser requerido pela planta em quantidades muito pequenas, atua na forma estrutural e catalítica nas enzimas (MARSCHNER, 1995).

Quadro 2 – Valores médios de atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 28, 48, 68 e 88 dias após a emergência (DAE), em função da aplicação de Mo, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	28 DAE	48 DAE	68 DAE	88 DAE
90 g ha ⁻¹ de Mo	1,311 A	0,9783 A	0,782 A	0,400 A
5 g ha ⁻¹ de Mo	0,704 B	0,628 B	0,517 B	0,249 B

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

De acordo com DILOVA et al. (1992), plantas de trigo tratadas com Mo apresentam baixo conteúdo de nitrato e alta ANR, em comparação com plantas de trigo não-tratadas com Mo. WANG et al. (1995) também observaram que a ANR em folhas de trigo tratadas com Mo foram muito maiores que os tratamentos-controle. Nas duas doses de Mo aplicadas, observou-se redução da ANR com o avanço do ciclo da cultura. KLYUIKOVA e ALEKHINA (1992) concluíram que ANR em folhas senescentes foi 36% inferior com relação a folhas jovens.

A ANR nos tratamentos em que houve inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* foi superior ($P < 0,05$) em comparação com os tratamentos em que não houve inoculação, em todas as épocas avaliadas (Quadro

3). Tanto os tratamentos com inoculação quanto aqueles sem inoculação apresentaram redução da ANR com a idade das plantas. A presença da bactéria pode atuar de forma indireta na enzima, favorecendo o crescimento e desenvolvimento das plantas, o que lhes possibilita melhor condição nutricional.

Quadro 3 – Valores médios de atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 28, 48, 68 e 88 dias após a emergência (DAE), em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	28 DAE	48 DAE	68 DAE	88 DAE
Com inoculação	1,223 A	0,890 A	0,730 A	0,374 A
Sem inoculação	0,792 B	0,706 B	0,569 B	0,276 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Segundo KAPULNIK et al. (1983), plantas de trigo inoculadas com essa bactéria aumentaram o conteúdo de N, P e K. Os teores de nitrato no vacúolo estão diretamente relacionados com a ANR (LI e GRESSHOFF, 1990). Em experimento conduzido em vasos, PANWAR (1991) observou que sementes de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense* aumentaram, de forma intensa, a ANR nas plantas.

A ANR aos 28 e 48 dias após a emergência das plântulas foi maior ($P < 0,05$) no cultivar EMBRAPA-22 (Quadro 4).

Quadro 4 – Valores médios de atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 28 e 48 dias após a emergência (DAE), em função do cultivar, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	28 DAE	48 DAE
EMBRAPA-22	1,096 A	0,834 A
BR-26	0,919 B	0,772 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Houve interação significativa na ANR aos 28 dias após a emergência das plântulas, entre os fatores inoculação com *Azospirillum brasilense* e peletização das sementes com CaCO_3 (Quadro 5).

Quadro 5 – Valores médios de atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 28 dias após a emergência (28 DAE) do trigo, em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e da peletização destas com CaCO_3 , no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	28 DAE	
	Com Inoculação	Sem Inoculação
Peletizadas	1,314 Aa	0,780 bA
Não-peletizadas	1,133 aB	0,804 bA

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na presença da inoculação com *A. brasilense*, a ANR foi maior quando as sementes foram peletizadas. Isso evidencia que a peletização pode favorecer o ambiente para associação da bactéria com as raízes das plantas e, indiretamente, aumentar a ANR. Na ausência da inoculação não houve diferença na ANR quando as sementes foram ou não peletizadas. Tanto nas sementes peletizadas quanto nas não-peletizadas, a ANR foi maior quando houve inoculação.

Observou-se interação significativa na ANR aos 68 e 88 dias após a emergência das plântulas, quanto aos fatores Mo e I. A ANR, em todas as épocas, foi maior ($P < 0,05$) quando houve inoculação com *A. brasilense* e aplicação de 90 $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Mo (Quadro 6). De acordo com a literatura (PANWAR, 1992; DILOVA, 1992; WANG et al., 1995), a inoculação e a aplicação de Mo aumentam a ANR.

Quadro 6 – Valores médios da atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 68 e 88 dias após a emergência (DAE) do trigo, em função da aplicação de Mo em cobertura e da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	68 DAE		88 DAE	
	90 g ha ⁻¹ de Mo	5 g ha ⁻¹ de Mo	90 g ha ⁻¹ de Mo	5 g ha ⁻¹ de Mo
+ <i>A. brasilense</i>	0,901 aA	0,559 bA	0,464 aA	0,284 bA
- <i>A. brasilense</i>	0,663 aB	0,475 bB	0,337 aB	0,215 bB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada época, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Aos 28 e 48 dias após a emergência das plântulas, houve interação tripla na ANR para os fatores I, Mo e C (Quadros 7, 8, 9 e 10). Aos 28 dias após a emergência das plântulas, tanto na presença quanto na ausência da inoculação com *Azospirillum brasilense*, os dois cultivares apresentaram maior ANR quando houve aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo. Na presença da inoculação e aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo, a ANR foi maior no cultivar EMBRAPA-22. Na ausência da inoculação e aplicação de 5 g.ha⁻¹ de Mo, a ANR também foi superior no cultivar EMBRAPA-22 (Quadro 7).

De acordo com os resultados obtidos por CROY e HAGEMAN (1980), EILRICH e HAGEMAN (1973), RAO e CROY (1972), plantas de trigo apresentam maiores ANR nos estádios iniciais, principalmente naqueles antes do espigamento. Esses autores relataram que o pico da ANR está entre o 20º e o 30º dia após a emergência das plântulas, coincidindo com o estágio do perfilhamento.

Quadro 7 – Valores médios da atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 28 dias após a emergência (DAE) do trigo, para inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, em função da aplicação de Mo em cobertura e do cultivar de trigo, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	28 DAE			
	+ <i>A. brasilense</i>		- <i>A. brasilense</i>	
	90 g ha ⁻¹ de Mo	5 g ha ⁻¹ de Mo	90 g ha ⁻¹ de Mo	5 g ha ⁻¹ de Mo
EMBRAPA-22	1,834 aA	0,838 bA	1,011 aA	0,700 bA
BR-26	1,388 aB	0,833 bA	1,011 aA	0,443 bB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de $\pm$ *A. brasilense*, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Com a aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo, os dois cultivares apresentaram ANR maior na presença da inoculação. Com aplicação de 5 g.ha⁻¹ de Mo, somente o cultivar BR-26 exibiu maior ANR quando foi inoculada (Quadro 8).

Aos 48 dias após a emergência das plântulas, na presença da inoculação e aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo, o cultivar EMBRAPA-22 apresentou ANR maior. Na ausência da inoculação e aplicação de 5 g.ha⁻¹, o cultivar EMBRAPA-22 também apresentou ANR superior. Tanto na presença como na ausência da inoculação, os dois cultivares exibiram maior ANR quando houve aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo (Quadro 9). No cultivar EMBRAPA-22 não houve resposta à inoculação quando foram aplicados somente 5 g.ha⁻¹ de Mo (Quadro 10).

Quadro 8 – Valores médios da atividade da nitrato redutase (μ moles de NO₂⁻.gMF⁻¹.h⁻¹) aos 28 dias após a emergência (DAE) do trigo, para os fatores Mo e cultivar, em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	28 DAE			
	90 g ha ⁻¹ de Mo		5 g ha ⁻¹ de Mo	
	EMBRAPA-22	BR-26	EMBRAPA-22	BR-26
+ <i>A. brasilense</i>	1,834 A	1,388 A	0,838 A	0,833 A
- <i>A. brasilense</i>	1,011 B	1,011 B	0,700 A	0,443 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quadro 9 – Valores médios da atividade da nitrato redutase (μ moles de NO₂⁻.gMF⁻¹.h⁻¹) aos 48 dias após a emergência do trigo (48 DAE), para inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, em função do

Mo e do cultivar, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	48 DAE			
	<i>+ A. brasilense</i>		<i>- A. brasilense</i>	
	90 g ha ⁻¹ de Mo	5 g ha ⁻¹ de Mo	90 g ha ⁻¹ de Mo	5 g ha ⁻¹ de Mo
EMBRAPA-22	1,150 aA	0,701 bA	0,865 aA	0,619 bA
BR-26	1,032 aB	0,715 bA	0,866 aA	0,475 bB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de $\pm A. brasilense$, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 10 – Valores médios da atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 48 dias após a emergência do trigo (48 DAE), para os fatores molibdênio e cultivar, em função da inoculação das sementes com *A. brasilense*, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	48 DAE			
	90 g ha ⁻¹ de Mo		5 g ha ⁻¹ de Mo	
	EMBRAPA-22	BR-26	EMBRAPA-22	BR-26
<i>+ A. brasilense</i>	1,150 A	1,032 A	0,701 A	0,715 A
<i>- A. brasilense</i>	0,865 B	0,866 B	0,619 A	0,475 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Nas quatro épocas avaliadas, houve efeito significativo do contraste-testemunha vs. fatorial para ANR. A ANR da testemunha foi inferior à ANR da

média do fatorial, mantendo a tendência de redução com o tempo (Quadro 11). A baixa ANR na média da testemunha reforça a hipótese da influência, principalmente, do Mo, do *Azospirillum brasilense* e do bom estado nutricional da planta no aumento da ANR. De acordo com MOINUDDIN et al. (1996), a ANR declina com a idade da planta.

Quadro 11 – Valores médios de atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 28, 48, 68 e 88 dias após a emergência (DAE) do trigo, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	28 DAE	48 DAE	68 DAE	88 DAE
Média do fatorial	1,311 A	0,978 A	0,782 A	0,400 A
Média da testemunha	0,704 B	0,628 B	0,517 B	0,249 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Testemunhas: EMBRAPA-22 e BR-26 sem aplicação de Mo, sem inoculação, sem peletização e com baixos níveis de P e S no solo.

3.2. Experimento de campo

As análises de variância nas quatro épocas avaliadas neste experimento são apresentadas no Apêndice (Quadro 1B). Aos 28 dias após a emergência das plântulas, houve efeito significativo isolado de molibdênio (Mo) e de inoculação (I) sobre a ANR. No entanto, não houve efeito significativo isolado da peletização (Pe) e do cultivar (C) sobre a atividade desta enzima. Nessa época avaliada houve interação significativa somente entre Mo x I. Aos 48, 68 e 88 dias, houve efeito significativo isolado dos fatores Mo, I e C sobre a ANR. Também nessas épocas avaliadas, não houve efeito isolado da Pe sobre a ANR. Nas três últimas épocas avaliadas, verificaram-se interações significativas entre Mo x I. Aos 68 dias após a emergência das plântulas ocorreu interação significativa entre os fatores Mo x C. Aos 88 dias após a emergência das plântulas ocorreu interação tripla significativa

entre os fatores Pe x Mo x I, enquanto aos 48 e 88 dias houve interação tripla significativa entre os fatores Mo x I e C.

A ANR aos 28 DAE foi superior ($P < 0,05$) quando houve a inoculação e aplicação de 90 g.ha^{-1} de Mo (Quadro 12). Na ausência de Mo, a inoculação das sementes apresentou maior ANR. No entanto, na ausência da inoculação a aplicação de Mo apresentou maior ANR. Aos 68 DAE, a ANR também foi superior quando houve a inoculação e aplicação de 90 g.ha^{-1} Mo. Entretanto, na ausência de Mo, a inoculação das sementes não apresentou maior ANR, enquanto na ausência da inoculação a aplicação de Mo exibiu maior ANR. De acordo com WANG et al. (1999), o conteúdo de Mo e a atividade da nitrato redutase em plantas de trigo diminuíram em solos deficientes do referido elemento. PANWAR (1992) concluiu que a inoculação das sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* aumentou a ANR nas plantas.

Quadro 12 – Valores médios da atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 28 e 68 dias após a emergência (DAE) do trigo, em função da aplicação de Mo e da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	28 DAE		68 DAE	
	+ Mo	- Mo	+ Mo	- Mo
Com inoculação	1,931aA	0,864bA	1,455 ^a A	0,618bA
Sem inoculação	1,143aB	0,613bB	1,024 ^a B	0,492bA

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada época, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

+ Mo = 90 g ha^{-1} de molibdênio e - Mo = 0 g ha^{-1} de molibdênio.

Houve interação ($P < 0,05$) da ANR aos 68 dias após a emergência das plântulas para os fatores Mo x C. A ANR do cultivar EMBRAPA-22 foi superior

($P < 0,05$) à do cultivar BR-26 somente quando foi aplicado Mo. No entanto, os dois cultivares apresentaram maior ANR quando Mo foi aplicado (Quadro 13). WANG et al. (1995), em experimento de campo, observaram que, nos tratamentos com plantas de trigo tratadas com Mo em cobertura, a ANR foi maior do que nos tratamentos-controle. SHVENTSOV et al. (1992) verificaram que a aplicação de Mo aumentou a produção do co-fator Mo.

Quadro 13 – Valores médios da atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 68 dias após a emergência (DAE) do trigo, em função da aplicação de Mo e do cultivar, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	68 DAE	
	90 g ha ⁻¹ de Mo	0 g ha ⁻¹ de Mo
EMBRAPA-22	1,441aA	0,609 bA
BR-26	1,038 aB	0,500 bA

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Aos 88 DAE, houve interação tripla na ANR dos fatores I, Mo e Pe (Quadros 14 e 15). Tanto na presença quanto na ausência da inoculação, a aplicação de Mo não teve efeito significativo da peletização das sementes com CaCO_3 sobre a ANR. Tanto nas sementes peletizadas quanto nas não-peletizadas, a ANR foi maior com a aplicação de Mo (Quadro 14). A ANR foi superior ($P < 0,05$) quando as sementes foram inoculadas com as combinações de Mo e peletização das sementes (Quadro 15). ELANCHEZHIAN e PANWAR (1997) concluíram que a ANR foi maior quando plantas de trigo foram inoculadas com *Azospirillum brasilense*.

Quadro 14 – Valores médios da atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 88 dias após a emergência do trigo, para inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, em função da aplicação de Mo e da peletização das sementes de trigo com CaCO_3 , no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	Com Inoculação		Sem Inoculação	
	90 g ha ⁻¹ de Mo	0 g ha ⁻¹ de Mo	90 g ha ⁻¹ de Mo	0 g ha ⁻¹ de Mo
Peletizadas	0,524 aA	0,294 bA	0,370 aA	0,245 bA
Não-peletizadas	0,504 aA	0,298 bA	0,371 aA	0,212 bB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de $\pm A$. *brasiliense*, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 15 – Valores médios da atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 88 dias após a emergência do trigo, para Mo e peletização das sementes com CaCO_3 , em função da inoculação com *A. brasiliense*, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	90 g ha ⁻¹ de Mo		0 g ha ⁻¹ de Mo	
	Peletizadas	Não-Peletizadas	Peletizadas	Não-Peletizadas
Com inoculação	0,524 A	0,504 A	0,294 A	0,298 A
Sem inoculação	0,370 B	0,372 B	0,245 B	0,212 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 48 e 88 dias após a emergência das plântulas, houve interação tripla na ANR dos fatores I, Mo e C (Quadros 16, 17, 18 e 19).

Quadro 16 – Valores médios da atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 48 dias após a emergência do trigo, para inoculação das sementes com *Azospirillum brasiliense*, em função da aplicação de Mo e do cultivar, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	Com Inoculação		Sem Inoculação	
	90 g ha ⁻¹ de Mo	0 g ha ⁻¹ de Mo	90 g ha ⁻¹ de Mo	0 g ha ⁻¹ de Mo
EMBRAPA-22	1,764 aA	0,773 bA	0,984 aA	0,568 bA
BR-26	1,133 aB	0,647 bA	0,884 aA	0,514 aA

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de $\pm A$. *brasiliense*, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 17 – Valores médios da atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 48 dias após a emergência do trigo, para os fatores Mo e cultivar, em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	90 g ha ⁻¹ de Mo		0 g ha ⁻¹ de Mo	
	EMBRAPA-22	BR-26	EMBRAPA-22	BR-26
Com inoculação	1,764 A	1,133 A	0,773 A	0,647 A
Sem inoculação	0,984 B	0,884 B	0,568 B	0,514 A

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quadro 18 – Valores médios da atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 88 dias após a emergência do trigo, para inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, em função da aplicação de Mo e do cultivar, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	Com Inoculação		Sem Inoculação	
	90 g ha ⁻¹ de Mo	0 g ha ⁻¹ de Mo	90 g ha ⁻¹ de Mo	0 g ha ⁻¹ de Mo
EMBRAPA-22	0,564 aA	0,314 bA	0,392 aA	0,257 bA
BR-26	0,464 aB	0,277 bB	0,350 aB	0,201 bB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de $\pm A. brasilense$, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 19 – Valores médios da atividade da nitrato redutase aos 88 dias após a emergência do trigo, para os fatores Mo e cultivar, em função da inoculação das sementes com *A. brasilense*, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	90 g ha ⁻¹ de Mo		0 g ha ⁻¹ de Mo	
	EMBRAPA-22	BR-26	EMBRAPA-22	BR-26

Com inoculação	0,564 A	0,464 A	0,314 A	0,277 A
Sem inoculação	0,392 B	0,350 B	0,257 B	0,201 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Aos 48 dias após a emergência das plântulas, o cultivar EMBRAPA-22 apresentou maior ANR quando o Mo foi aplicado tanto na presença quanto na ausência da inoculação. O cultivar BR-26 mostrou maior ANR na presença do Mo e da inoculação. A ANR do cultivar EMBRAPA-22, quando comparada com a do cultivar BR-26, foi maior quando houve inoculação e aplicação de Mo (Quadro 16). A ANR foi superior ($P < 0,05$) quando houve inoculação, exceto na dose 0 g ha^{-1} de Mo e no cultivar BR-26 (Quadro 17).

Aos 85 dias após a emergência das plântulas, os dois cultivares apresentaram ANR maior quando o Mo foi aplicado tanto na presença quanto na ausência da inoculação. A ANR do cultivar EMBRAPA-22, quando comparada com a do cultivar BR-26, foi maior, independentemente da inoculação ou da aplicação de Mo (Quadro 18).

Aos 88 dias após a emergência das plântulas, em comparação com o efeito da inoculação, a ANR foi superior ($P < 0,05$) quando houve inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, independentemente da presença do Mo ou do cultivar testado (Quadro 19).

RAO e CROY (1972) concluíram que variedades diferentes apresentam ANR diferentes durante o ciclo. CROY e HAGEMAN (1970) avaliaram a ANR em 32 variedades. Estes autores concluíram que existem grandes diferenças na atividade da enzima na maior parte das variedades analisadas. SING e BOSE (1994) também observaram que a ANR também variou entre genótipos de trigo. WOJCIESKA et al. (1991) concluíram que a ANR diminui com a idade da planta.

4. CONCLUSÕES

- A atividade da nitrato redutase foi favorecida pela aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo ou inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*.
- Ocorreu redução na atividade da enzima com o avanço do ciclo da cultura, nos dois cultivares (EMBRAPA-22 E br-26).
- Com relação à atividade da nitrato redutase, os cultivares responderam, de maneira diferenciada, à aplicação de Mo em cobertura ou à inoculação das sementes, nas épocas avaliadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASLAN, M.; HUFFAKER, R. C. Dependency of nitrate reduction on soluble carbohydrates in primary leaves of barley under aerobic conditions. **Plant Physiology**, v.75, n.1, p.623-628, 1984.

CAMPBELL, C. A.; NABLE, R. O. Physiological functions of manganese in plants. In: GRAHAN, R. D.; HANNAN, R. J.; UREN, N. C. (Eds.). **Manganese in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988. p. 139-154.

CAMPEBELL, W. H.; REDINBAUGH, M.G. Ferric-citrate reductase activity of nitrate reductase and its role in iron assimilation by plants. **Journal of Plant Nutrition**, v.7, n.1, p.799-806, 1984.

CROY, L. I.; HAGEMAN, R. H. Relationship of nitrate reductase activity to grain protein production in wheat. **Crop Science**, v.10, n.1, p.280-285, 1970.

DILOVA, M.; SALCHEVA, G.; GEORGIEVA, G.; NIKOLOV, P.; BAIDANOVA, V. Distribution of photosynthetic assimilates in winter wheat (*Triticum aestivum* L) grown on a acid soil at subotimal temperature with excess moisture. **Fiziologiya na Rastenyata**, v.18, n.3, p.36-44, 1992.

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L D.; BALDANI, J.I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas**. Brasília: EMBRAPA/SPI; Itaguaí, RJ; EMBRAPA-CNPAB, 1995. 60 p.

EILRICH, G. L.; HAGEMAN, R. H. Nitrate reductase activity and its relationship to accumulation of vegetative and grain nitrogen in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Crop Science**, v.13, n.1, p.59-66, 1973.

ELANCHEZHIAN, R.; PANWAR, J. D. S. Effects of 2,4-D and *Azospirillum brasilense* on nitrogen fixation, photosynthesis and grain yield in wheat. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.3, n.178, p.129-133, 1997.

GRANDSTEDT, R. C.; RUFAAKER, R. C. Identification of the leave vacuole as a major nitrate storage pool. **Plant Physiology**, v.70, n.1, p.410-413, 1982.

HAGEMAN, R. H.; REED, A. J. Nitrate reductase from higher plants. **Methods Enzymology**, San Diego, v.69, p.270-280, 1980.

KAPULNIK, Y.; SARIG, S.; NUR, I.; OKON, Y. Effect of *Azospirillum* inoculation on yield of field grown wheat. **Canadian Journal of Microbiology**, v.29, n.1, p.895-899, 1983.

KLYUIKOVA, A. L.; ALEKHINA, N. D. Nitrate content and nitrate reductase activity in young and mature leaves of wheat under nitrogen stress conditions. **Moscow University Biology Bulletin**, v.47, n.4, p.36-41, 1992.

LI, Z.Z.; GRESSHOFF, P. M. Developmental and biochemical regulation of 'constitutive' nitrate reductase activity in leaves of nodulating soybean. **Journal of Experientia Botany**, v.41, n.1, p.1231-1238, 1990.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 572 p.

MOINUDDIN, S.; ANSARI, S. A.; AFRIDI, M. M. R. K. Leaf NRA and its relationship with grain and protein yield of triticales as affected by progressive application of nitrogen and phosphorus fertilizer levels. **Journal and Plant Nutrition**, v.19, n.5, p.785-794, 1996.

NOTTON, B. A.; HEWITT, E. J. Structure and propieties of higher plant nitrate reductase especially *Spinacea oleracea*. In: HEWITT, E. J.; CUTTING, C. V. (Eds.). "**Nitrogen assimilation of plants**". London: Academic Press, 1979. p. 227-244.

PANWAR, J. D. S. Effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on metabolic changes and grain yield of wheat under moisture stress condition. **Indian Journal and Pant Physiology**, v.35, n.2, p.157-161, 1992.

PANWAR, J. D. S. Effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. **Indian Journal and Plant Physiology**, v.34, n.4, p.357-361, 1991.

RAO, S. C.; CROY, L. I. Protease and nitrate seasonal patterns and their relation to grain protein production of “high” vs. “low” protein wheat varieties. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.20, n.6, p. 1138-1141, 1972.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1991. 682 p.

SHVENTSOV, A. A.; BURSAKOV, S. A.; KIRNOS, S. V.; CHERNOVA, E. N.; GERTSUSKII, D. F.; PAVLOV, A. N.; LVOV, N. P. Nitrate-induced synthesis of a molybdenum cofactor in wheat and barley leaves at increasing rates of nitrogen nutrition. **Fiziologiya na Rastenyata**, v.39, n.2, p.305-313, 1992.

SING, B.; BOSE, B. Some physiological and biochemical studies in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in relationship to yield potential. **Indian Journal and plant Physiology**, v.37, n.4, p.286-288, 1994.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Metereologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1991. 449 p.

WANG, Y. H.; WEI, W. X.; TAN, Q.; XU, S.; WANG, Y. H.; WEI, W. X.; TAN, Q. L.; XU, S. L. Study on the Mo deficiency of winter wheat and Mo application in the yellow-brown earths in Hubei. **Soil and Fertility Beijing**, v.1, n.3, p.24-28, 1995.

WANG, Z. Y.; TANG, Y. L.; ZHANG, F. S. Effect of molybdenum on growth and nitrate reductase activity of winter wheat seedlings as influenced by temperature and nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, n.2, p. 387-395, 1999.

WOJCIESKA, U.; WOLSKA, E.; GIZA, A. Effects of nitrogen supply on yield of spring wheat and on nitrate reductase activity as an indicator of nitrogen status of the plants. **Pamiętnik Pulawski**, Warszawa, v.1, n.98, p.23-38, 1991.

**CARACTERÍSTICAS RADICULARES E COMPOSIÇÃO MINERAL DA
PLANTA DE TRIGO COM A APLICAÇÃO DE MOLIBDÊNIO,
PELETIZAÇÃO E INOCULAÇÃO DAS SEMENTES
COM *Azospirillum brasilense***

RESUMO

O desenvolvimento do sistema radicular pode refletir diretamente no crescimento e desenvolvimento e na absorção e composição mineral da planta. Além da capacidade de fixar N_2 , a presença das bactérias do gênero *Azospirillum* pode favorecer o crescimento e desenvolvimento das raízes, enquanto a peletização pode prolongar a sobrevivência das bactérias na região rizosférica. O Mo possui funções estrutural e catalítica, atuando nas enzimas envolvidas no metabolismo e fixação do N. Com a finalidade de avaliar a influência dessa bactéria, da aplicação de Mo e da peletização das sementes sobre o sistema radicular e a composição mineral do trigo, foram conduzidos dois trabalhos no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. No campo, 16 tratamentos foram dispostos num esquema fatorial $2 \times 2 \times 2 \times 2$ [dois cultivares, doses de Mo (0 e 90 g.ha^{-1}), peletização (presente e ausente) e inoculação com *Azospirillum brasilense* (presente e ausente)] no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. No experimento em vasos, 18 tratamentos no mesmo delineamento e esquema fatorial foram acrescidos de duas parcelas [(EMBRAPA-22 + 90 g.ha^{-1} de Mo + peletização + inoculação - P e - S) e (BR-26 + 90 g.ha^{-1} de Mo + peletização + inoculação - P e - S)]. A aplicação de 90 g.ha^{-1} de Mo e a inoculação das sementes aumentaram a matéria seca de raiz, o comprimento radicular, a área radicular e os teores de nutrientes nas plantas. As características radiculares e os teores de nutrientes foram maiores no cultivar EMBRAPA-22.

Palavras-chave: cobertura, nutrientes, sistema radicular e cultivares.

1. INTRODUÇÃO

A inoculação de plantas com *Azospirillum* pode resultar em significantes mudanças em vários parâmetros do crescimento das plantas, as quais podem ou não afetar a produção das culturas. Aumentos na matéria seca total das plantas; no conteúdo de N da parte aérea e dos grãos; no número total de perfilhos, perfilhos férteis, número de espigas, grãos por espiga e peso do grão; na altura de planta; no tamanho da folha; e na taxa de germinação já foram relatados na literatura (BASHAN e LEVANONY, 1990). Efeitos da inoculação no desenvolvimento do sistema radicular, promovendo mudanças morfológicas, como aumento no número e comprimento de raízes laterais, volume de raízes e matéria seca de raízes, têm sido freqüentemente observados (LEVANONY e BASHAN, 1989; BARBIERI et al., 1986; HADAS e OKON, 1987).

Bactérias fixadoras de N atmosférico do gênero *Azospirillum* têm sido isoladas de raízes de várias espécies de plantas (TARRAND et al., 1987). Estirpes de *Azospirillum brasilense* já foram isoladas do solo rizosférico de várias gramíneas (BALDANI et al., 1987). Em experimentos com inoculação de *Azospirillum*, conduzidos em condições de campo, têm sido encontrados efeitos positivos da bactéria na produção da cultura (MERTENS e HESS, 1984; SARIG et al., 1984; SMITH et al., 1984; MILLET et al., 1985).

O mecanismo exato pelo qual o *Azospirillum* contribui para o crescimento e desenvolvimento das plantas ainda não é conhecido. LETHBRIDGE e DAVIDSON (1983) relataram que a contribuição de N pelo *Azospirillum* para as plantas de trigo foi relativamente menor na ausência de carboidratos exógenos na rizosfera da planta. Segundo KAPULNIK et al. (1987), além da fixação direta de N_2 , outros mecanismos podem estar envolvidos nos efeitos positivos do *Azospirillum* em várias culturas. LIN et al. (1983) observaram maior absorção de NO_3^- , K^+ e $PO_4^{=}$ (30–50% em relação ao controle), quando as plantas foram inoculadas com *Azospirillum* em ambiente controlado. Em experimentos em condições de campo tem sido obtida maior absorção de N, P e K. Esses autores concluíram que os efeitos benéficos foram derivados do aumento no desenvolvimento e da atividade radicular das plantas inoculadas.

Aumento ou redução de muitos parâmetros radiculares devido à inoculação com *Azospirillum brasilense* pode afetar vários parâmetros foliares. Essas mudanças são atribuídas diretamente aos efeitos positivos bacterianos na absorção mineral pela planta. De acordo com MORGENSTERN e OKON (1987), aumentos na absorção de NO_3^- , NH_4^+ , K^+ e $\text{PO}_4^{=}$ Rb^+ e Fe^{2+} são atribuídos ao incremento na matéria seca foliar e ao acúmulo de minerais no caule e nas folhas. Esses autores concluíram que, durante o período reprodutivo da planta, esses minerais podem ter sido transferidos para os órgãos reprodutivos e, finalmente, resultando em aumento na produção.

O aumento na absorção de nutrientes pode ser devido ao incremento no volume do sistema radicular e não a algum aumento em mecanismos específicos de absorção (MORGENSTERN e OKON, 1987; MURTY e LADHA, 1988). A bactéria pode favorecer a liberação de nutrientes prontamente disponíveis para as plantas. Isso pode explicar o acúmulo de compostos nitrogenados sem aparente fixação de N_2 . A planta pode absorver, de forma mais eficiente, o N presente no solo ou em materiais orgânicos, resultando em baixo requerimento de fertilização nitrogenada. Segundo BASHAN (1990), o aumento na atividade de efluxo de prótons em raízes de plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense* evidencia o aumento na absorção de nutrientes pelas raízes. É bem conhecido que a atividade do efluxo de prótons está diretamente relacionada com o balanço de íons nas raízes das plantas.

Segundo TIEN et al. (1979), o *Azospirillum* produz substâncias promotoras do crescimento quando crescido em meio de cultura puro. De acordo com esses autores, essas substâncias seriam capazes de aumentar o desenvolvimento radicular. KAPULNIK e OKON (1983) relataram que os benefícios associados com a inoculação de *Azospirillum* em trigo variaram entre 7 e 18%. Outros pesquisadores, entretanto, obtiveram resultados menores (BODDEY e DÖBEREINER, 1982; REYNDERS e VLASSAK, 1982). Como os resultados são variáveis, avaliações com novos cultivares e em locais diferentes são plenamente justificáveis para possibilitar o entendimento do potencial relacionado com a inoculação do *Azospirillum* na cultura do trigo.

O Mo tem participação estrutural e catalítica em enzimas diretamente envolvidas com a fixação (nitrogenase) e o metabolismo (nitrato redutase) do N. A pesquisa tem apresentado resultados que evidenciam benefícios da aplicação do Mo tanto na produção quanto na composição química do grão.

O revestimento das sementes, também chamado de peletização, tem como finalidade principal fornecer às sementes quantidade máxima de bactérias do inoculante, protegendo contra possíveis danos a estas até a infecção. A quantidade de bactérias vivas sobre as sementes dependerá, em primeira instância, da sua concentração no inoculante. O revestimento proporciona prolongamento da sobrevivência das bactérias.

Diante das possibilidades de contribuição de inoculação com *Azospirillum*, aplicação de Mo via foliar e peletização das sementes na melhoria dos aspectos nutricionais do trigo, o presente trabalho teve a finalidade de avaliar o desenvolvimento radicular e a composição mineral das plantas de trigo com aplicação de Mo, peletização e inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e data dos experimentos

Foram conduzidos dois experimentos na Universidade Federal de Viçosa, município de Viçosa, MG, a uma altitude de 651 m, latitude de 21°45' sul e longitude de 42°51' oeste. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa-mesotérmico úmido, com verões quentes e invernos secos, apresentando umidade relativa média anual do ar de 80%, temperatura média anual de 21 °C, média das temperaturas máximas de 26,1 °C e das mínimas de 14,0 °C e precipitação pluvial média anual de 1.341 mm (VIANELLO e ALVES, 1991).

Foi conduzido um experimento, em condições de campo, na Estação Experimental Diogo Alves de Melo, do Departamento de Fitotecnia. A semeadura

foi realizada no dia 17.06.1999, e a emergência das plântulas ocorreu sete dias após, sendo a colheita realizada no dia 14.10.1999.

Outro experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia, cujo plantio foi feito no dia 24.06.1999, com o uso de sementes pré-germinadas, sendo a colheita realizada no dia 02.10.1999.

2.2. Delineamento experimental e análise estatística

No experimento em vasos na casa de vegetação, utilizou-se um arranjo fatorial $(2 \times 2 \times 2 \times 2)+2$ no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os fatores foram: dois cultivares (EMBRAPA-22 e BR-26), peletização (sementes peletizadas e não-peletizadas), inoculação de sementes (inoculadas e não-inoculadas com *Azospirillum brasilense*), duas doses de Mo (5 e 90 g.ha⁻¹) e dois tratamentos adicionais (EMBRAPA-22 + peletização + 90 g.ha⁻¹ de Mo + inoculação, com apenas 10% da dose de P e 10% da dose de S e BR-26 + peletização + 90 g.ha⁻¹ de Mo + inoculação, com apenas 10% da dose de P e 10% da dose de S). O Mo foi aplicado via foliar no estágio de perfilhamento, aos 25 dias após a emergência das plântulas, na forma de Na₂MoO₄.2H₂O. Cada parcela foi constituída de um vaso com capacidade para seis litros, contendo oito plantas.

No experimento de campo, utilizou-se um arranjo fatorial $(2 \times 2 \times 2 \times 2)$ no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os fatores foram: dois cultivares (EMBRAPA-22 e BR-26), peletização (sementes peletizadas e não-peletizadas), inoculação de sementes (inoculadas e não-inoculadas com *Azospirillum brasilense*) e doses de Mo (0 e 90 g.ha⁻¹). O Mo foi aplicado na forma de (NH₄)₆Mo₇O₂₄.7H₂O, no estágio de perfilhamento, aos 25 dias após a emergência das plântulas. Cada parcela foi formada de cinco linhas de comprimento cada uma, espaçadas 20 cm, perfazendo-se uma área de 5 m² por parcela. A área útil da parcela foi constituída pelas três linhas centrais, sendo eliminado meio metro em ambas as extremidades da parcela, para reduzir o efeito de bordadura, ficando 2,4 m² por parcela como área útil.

Os dados obtidos foram analisados pelo Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da UFV (SAEG-UFV), sendo submetidos às análises de variância. Para comparar as médias dos fatores qualitativos, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.3. Adubação de plantio e aplicação de molibdênio

Os resultados das análises químicas da mistura (solo de barranco + areia) utilizada no experimento em vasos e do solo da Estação Experimental Diogo Alves de Melo utilizado no experimento de campo são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Características químicas de amostras de solo. Viçosa, MG, 1999

		Vasos	Campo
PH	H ₂ O	5,1	5,8
P	mg.dm ⁻³	1,7	27
K		12	114
Ca ²⁺		0,3	3,1
Mg ²⁺	cmol _c .dm ⁻³	0,0	0,6
Al ³⁺		0,1	0,0
H+Al		2,3	2,6
SB		0,33	3,99
CTC _t		0,43	3,99
CTC _T		2,63	6,59
V	%	12,5	61
M		23,3	0,0
MO	dag.kg ⁻¹	0,0	2,19
Zn	mg.dm ⁻³	0,0	5,1
Fe		0,0	97,1
Mn		0,0	72,1
Cu		0,0	4,7
B		0,0	0,37

No experimento em casa de vegetação, cada vaso com capacidade para seis litros contendo uma mistura de 50% de solo de barranco e 50% de areia lavada,

esterilizada com brometo de metila (10 mL de Bromex para 200 kg de solo), foi revestido internamente com sacos plásticos. A mistura foi corrigida com macronutrientes na forma de KCl (150 mg.dm⁻³ de K), superfosfato triplo (450 mg.dm⁻³ de P) e MgSO₄.7H₂O (120 mg.dm⁻³) e (NH₄)₂SO₄ (15 mg.dm⁻³ de N).

Os micronutrientes foram aplicados na forma de solução, da seguinte forma:

***solução A:** 0,546 g de H₃BO₃ + 1,550 g de MnCl₂.4H₂O + 0,990 g de ZnCl₂.2H₂O + 0,420 g de CuCl₂.2H₂O, dissolvidos em 900 mL de água destilada.

***solução B:** 0,890 g de FeO₃.6H₂O + 1,23 g de Na-EDTA, dissolvidos em 900 mL de água destilada.

As soluções A+B foram misturadas no momento da aplicação, sendo o volume completado para 2.000 mL. Cada vaso recebeu 10 mL logo após o plantio e 20 mL aos 25 dias após a emergência das plântulas.

No experimento de campo, naqueles tratamentos com Mo foram aplicados 90 g de Mo, na forma de (NH₄)₆Mo₇O₂₄.7H₂O, via foliar, em toda a parcela, com um pulverizador costal pressurizado. A parcela foi protegida em sua volta com uma lona plástica de 2 m de altura, para evitar a deriva. Nos tratamentos sem aplicação de Mo, aplicou-se água com o mesmo pulverizador, sendo a parcela protegida.

2.4. Peletização das sementes

Inicialmente, preparou-se a goma-arábica (40%) na proporção de 5 mL por 100 g de sementes, acrescida do inóculo original ou esterilizado. Em seguida, foi feita a mistura: 100 g de sementes + 25 g de CaCO₃ + 5 mL de goma-arábica + 0,5 mL de inóculo. As sementes foram semeadas imediatamente após a peletização.

2.5. Inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*

O *Azospirillum brasilense* Br 11001 foi obtido na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-Seropédica/RJ), no Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (CNPAB), em Itaguaí, RJ.

O *Azospirillum brasilense* Br 11001, previamente crescido em meio NFb semi-sólido (DÖBEREINER et al., 1995), foi o inóculo com suspensão bacteriana de 3×10^9 CFU ("colony-forming units") por mL do meio NFb líquido.

No experimento em vasos, naqueles tratamentos em que houve somente inoculação, as sementes foram esterilizadas superficialmente (DÖBEREINER et al., 1995, modificada) e pré-emergidas por 24 horas em meio NFb semi-sólido, utilizando-se um inóculo de 1 mL do meio NFb líquido (3×10^9 CFU.mL⁻¹) por placa contendo 50 sementes. Nos tratamentos sem inoculação, as sementes foram esterilizadas superficialmente e pré-emergidas no meio, sem adição do inóculo. Nos tratamentos com inoculação e peletização, as sementes pré-emergidas receberam uma proporção de 10 mL de goma-arábica: 1 mL do inóculo original, sendo peletizadas em seguida com CaCO₃. No momento do transplante, os tratamentos com inoculação receberam sobre as sementes, em cada vaso, 1 mL do inóculo original diluído em água destilada na proporção 1:1. Os tratamentos sem inoculação receberam o inóculo esterilizado nessa mesma proporção.

No experimento de campo, naqueles tratamentos em que houve somente inoculação, as sementes foram esterilizadas superficialmente e pré-emergidas por 24 horas em meio NFb semi-sólido, utilizando-se um inóculo de 1 mL do meio NFb líquido (3×10^9 CFU.mL⁻¹) por placa contendo 50 sementes. Nos tratamentos sem inoculação, as sementes foram esterilizadas superficialmente e pré-emergidas no meio, sem adição do inóculo. Nos tratamentos com inoculação e peletização, as sementes pré-emergidas receberam uma proporção de 10 mL de goma-arábica: 1 mL do inóculo original, sendo peletizadas em seguida com CaCO₃. As sementes foram acondicionadas em sacos plásticos (350 sementes/linha/saco plástico), levadas para o campo e semeadas com uma semeadora manual tipo "PLANET" própria para áreas experimentais. No momento da semeadura, os sacos plásticos correspondentes aos tratamentos com inoculação receberam sobre as sementes 2 mL do inóculo original diluído em água destilada na proporção 1:1. Os tratamentos sem inoculação receberam o inóculo esterilizado nessa mesma proporção.

2.6. Teores de nutrientes na parte aérea e nos grãos

Para determinação da composição mineral, as plantas foram colhidas e subdivididas em parte aérea e grãos, secados a 70 °C, em estufa de ventilação forçada, até atingirem peso constante, e moídos em moinho tipo Wiley. Os materiais secos foram mineralizados para o elemento N via digestão sulfúrica. Com relação aos demais elementos, os materiais foram mineralizados pela mistura nitro-perclórica. As determinações dos teores de N-orgânico foram feitas pelo método de Nessler (JACKSON, 1958), enquanto os teores de NO_3^- foram determinados pelo método do ácido salicílico (CATALDO et al., 1975). O N-total foi determinado, utilizando-se a metodologia proposta por TEDESCO et al. (1985); o P foi dosado colorimetricamente pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C, descrito por BRAGA e DEFELIPO (1974); o K, por fotometria de emissão de chama; o Ca^{2+} , o Mg^{2+} , o Cu^{2+} , o Zn^{2+} , o Fe^{2+} e o Mn^{2+} foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica; o S e o B, por turbidimetria do sulfato (BLANCHARD et al., 1975); e o Mo foi determinado conforme a metodologia descrita por YATSIMIRSKII (1964), estudada e modificada por FUGE (1970) e DALLPAI (1996), com algumas modificações citadas por PESSOA (1998).

2.7. Avaliação das raízes

Foram avaliadas quatro características radiculares: peso de matéria seca de raízes, diâmetro radicular, comprimento radicular e área radicular.

No experimento conduzido em vasos, as raízes foram lavadas e secadas a 70 °C, em estufa de ventilação forçada, até adquirirem peso constante, e, em seguida, foi obtido o peso de matéria seca das raízes.

No experimento de campo, cilindros de solo contendo amostras de raízes foram coletadas a 5 cm da linha de plantio, com o auxílio de um trado com 150 mm de comprimento e 75 mm de diâmetro, de acordo com KÜCKE et al. (1995). Após a coleta das amostras, os cilindros de solo foram imersos em água quente a 60 °C, por 16 horas. Foi usado detergente para facilitar a dispersão do solo e a

retirada das raízes. Com o auxílio de uma peneira de malha de 0,63 mm, as raízes foram separadas do solo e armazenadas em uma solução de isopropanol 15%, visando à conservação delas.

Após a lavagem das raízes, foram retiradas subamostras para análise em “scanner”, sendo as restantes secadas a 70 °C, em estufa de ventilação forçada, até adquirirem peso constante e, em seguida, determinado o peso de matéria seca das amostras de raízes.

Após a lavagem e antes da secagem, foram retiradas amostras para determinação do diâmetro, do comprimento e da área radicular. As amostras foram umedecidas e espalhadas, sem sobreposição, sobre uma lâmina de vidro transparente de formato retangular e de mesmas dimensões do vidro de um “scanner”. Em seguida, cada amostra foi passada no “scanner”, sendo a imagem transportada para o computador. Com a utilização do programa de avaliações radiculares do Departamento de Solos da UFV, foram obtidos os valores de diâmetro, comprimento e área radicular das amostras. Com a abtenção do peso de matéria seca das amostras (subamostras no experimento de campo) e o peso de matéria seca total de raízes (peso de matéria seca das amostras, no experimento de campo), foram determinados os valores correspondentes aos tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Experimento em casa de vegetação

As análises de variância das características radiculares e dos nutrientes avaliados neste experimento são apresentadas no Apêndice (Quadros 2A, 3A, 4A, 5A, 6A, 7A, 8A e 9A).

Com relação a matéria seca de raiz (MSR) e área radicular (AR), houve efeito significativo isolado de molibdênio (Mo), inoculação (I) e cultivar (C), não havendo efeito isolado da peletização (Pe). Com relação ao diâmetro radicular (DR), houve interação significativa entre Mo x I e efeito significativo isolado do C. No comprimento radicular (CR) ocorreram interação tripla significativa entre Pe x Mo x I e efeito significativo isolado do C. Houve também diferença significativa entre a média do fatorial e a média das testemunhas, em todas as características radiculares avaliadas (Quadro 2A).

O N-orgânico no grão (NOG) e na folha (NOF), o NO_3^- na folha (NITF), o N-total no grão (NTG) e na folha (NTF), o Ca na parte aérea (CaPA), o Cu no grão (CuG), o Zn no grão (ZnG), o Mn na parte aérea (MnPA) e o Mo no grão (MoG) apresentaram efeito significativo isolado de Mo, I e C e não de Pe. O S no grão (SG), o Cu na parte aérea (CuPA), O Zn na parte aérea (ZnPA) e o Mn no grão (MnG) exibiram efeito significativo isolado somente de I e C. O NO_3^- no grão (NITG) mostrou efeito significativo isolado somente de Mo e C. O Ca no grão (CaG) e o Mg na parte aérea (MgPA) tiveram efeito significativo isolado de Mo. O K no grão (KG) e na parte aérea (KPA), o N-orgânico na parte aérea (NOPA), o NO_3^- na parte aérea (NITPA), o N-total na parte aérea (NTPA), o P no grão (PG) e o B no grão (BG) exibiram efeito significativo isolado de C. Houve interações significativas Pe x Mo para o teor de FePA; Mo x I para os teores de NOPA, NITPA, NTPA, PG, PPA, BG e FePA; Mo x C para o teor de PPA; I x C para os teores de SPA, MgG e FeG; Pe x Mo x I para os teores de KG e KPA; e Pe x I x C para os teores de CaG e MgPA. Houve, também, diferença significativa entre a média do fatorial e a média das testemunhas, com relação aos nutrientes avaliados, exceto SG, FeG e ZnPA (Quadros 3A, 4A, 5A, 6A, 7A, 8A, 9A e 10A).

A MSR, a AR e os teores de NOG, NOF, NITG, NITF, NTG, NTF, SG, SPA, CaG, CaPA, MgG, MgPA, FeG, MnG, MnPA, CuG, CuPA, ZnG, ZnPA e MoG apresentaram valores maiores ($P < 0,05$) nos respectivos compartimentos da planta quando foram aplicados $90 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Mo (Quadro 2).

Quadro 2 – Matéria seca de raiz (MSR), área radicular (AR) e teores médios de N-orgânico no grão (NOG) e na folha (NOF), nitrato no grão (NITG) e na folha (NITF), N-total no grão (NTG) e na folha (NTF), S no grão (SG) e na parte aérea (SPA), Ca no grão (CaG) e na parte aérea (CaPA), Mg no grão (MgG) e na parte aérea (MgPA), Fe no grão (FeG), Mn no grão (MnG) e na parte aérea (MnPA), Cu no grão (CuG) e na parte aérea (CuPA), Zn no grão (ZnG) e na parte aérea (ZnPA) e Mo no grão (MoG), em função de Mo, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

Nutrientes	Mo		Nutrientes	Mo		Nutrientes	Mo	
	90 g.ha ⁻¹	5 g.ha ⁻¹		90 g.ha ⁻¹	5 g.ha ⁻¹		90 g.ha ⁻¹	5 g.ha ⁻¹
MSR (g)	5,6928 a	5,0791 b	SG	0,0944 a	0,0713 a	MnPA	587 a	518 b
AR (cm ²)	2360 a	1939 b	SPA	0,1447 a	0,1225 a	CuG	2,6297 a	2,3547 b
NOG	0,8987 a	0,8450 b	CaG	0,0712 a	0,0486 b	CuPA	1,7766 a	1,3891 a
NOF	0,7680 a	0,7003 b	CaPA	0,2266 a	0,2009 b	ZnG	19,763 a	18,120 b
NITG	0,0062 a	0,0037 b	MgG	0,0739 a	0,0773 a	ZnPA	8,6688 a	7,8328 a
NITF	0,0871 a	0,0788 b	MgPA	0,0883 a	0,0627 b	MoG	0,8607 a	0,7008 b
NTG	0,9048 a	0,8487 b	FeG	60,562 a	53,406 a			
NTF	0,8552 a	0,7791 b	MnG	258 a	254 a			

Médias, na horizontal, entre doses de Mo, seguidas de mesma letra, não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Macronutrientes em dag.kg⁻¹ e micronutrientes em mg.kg⁻¹.

CAIRNS et al. (1993) e CAIRNS e KRITZINGER (1992) observaram que plantas de trigo tratadas com Mo produziram sementes com teores de NO₃⁻ e proteína muito superiores às aquelas não-tratadas com Mo. PURAKAYASTHA e NAD (1997) concluíram que a produção de proteína na semente de trigo foi maior quando houve aplicação de Mo em cobertura. Segundo DILOVA et al. (1992), a aplicação de Mo via foliar em plantas de trigo propiciou baixos teores de nitrato e alta ANR nas folhas. MARSCHNER (1995) afirmou que o Mo tem função estrutural e catalítica na nitrato redutase. Dessa forma, a disponibilidade e o teor de Mo na planta podem afetar a assimilação e o metabolismo do N. PURAKAYASTHA e NAD (1997) verificaram que a aplicação de 1 ppm de Mo reduziu o teor de NO₃⁻ nas folhas e aumentou o teor de N, P e S nos grãos de trigo. Os baixos teores de nitrato indicam que a nitrato redutase atuou de forma efetiva na redução a (NO₂). Os maiores pesos de MSR e AR e o menor diâmetro de raízes

melhoraram o estado nutricional das plantas nos estádios anteriores ao florescimento e à maturação, o que refletiu na qualidade e composição mineral dos grãos.

Os maiores teores de Mo obtidos nos grãos quando foi aplicada a dose de 90 g.ha⁻¹ Mo (Quadro 2) estão de acordo com aqueles relatados por MODI e CAIRNS (1994), indicando que a aplicação de Mo aumentou, significativamente, o teor de Mo nos grãos. A pronta disponibilidade do Mo para a planta, com a sua aplicação via foliar, pode favorecer a absorção desse elemento em quantidades superiores às requeridas pela planta. Esse Mo pode ser retranslocado para os grãos, pois, de acordo com MARSCHNER (1995), esse micronutriente é de mobilidade intermediária no floema. TORSHIN et al. (1996) afirmaram que o teor de Mo nos grãos de trigo depende das doses de N, P, K e Mo aplicadas. Esses macronutrientes atuam em todos os estádios, promovendo melhor crescimento e desenvolvimento das plantas e fazendo com que estas contenham maiores teores de Mo nos grãos.

Valores superiores ($P < 0,05$) para MSR e AR e para teores de NOG, NOF, NITG, NITF, NTG, NTF, SG, CaPA, MnG, MnPA, CuG, CuPA, ZnG, ZnPA e MoG foram observados com a inoculação das sementes (Quadro 3).

Em estudos de AMARA e DAHDOH (1997) sobre a absorção de nutrientes e produtividade do trigo com inoculação de sementes com diferentes rizobactérias (*Azotobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas* e *Rhizobium*), foi observado que a inoculação com uma mistura de *Azotobacter* e *Azospirillum*

Quadro 3 – Matéria seca de raiz (MSR), área radicular (AR) e teores médios de N-orgânico no grão (NOG) e na folha (NOF), nitrato no grão (NITG) e na folha (NITF), N-total no grão (NTG) e na folha (NTF), S no grão (SG), Ca na parte aérea (CaPA), Mn no grão (MnG) e na parte aérea (MnPA), Cu no grão (CuG) e na parte aérea (CuPA), Zn no grão (ZnG) e na parte aérea (ZnPA) e Mo no grão (MoG), em função da inoculação com *Azospirillum brasilense*, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

Nutrientes	<i>A. brasilense</i>		Nutrientes	<i>A. brasilense</i>		Nutrientes	<i>A. brasilense</i>	
	Presente	Ausente		Presente	Ausente		Presente	Ausente
MSR (g)	5,9328 a	4,8391 b	NTG	0,9126 a	0,8410 b	CuG	2,7219 a	2,2625 a

AR (cm ²)	2390 a	1910 b	NTF	0,8493 a	0,7849 b	CuPA	2,0047 a	1,1609 b
NOG	0,9071 a	0,8367 b	SG	0,1088 a	0,0569 b	ZnG	19,909 a	17,973 b
NOF	0,7660 b	0,7123 b	CaPA	0,2311 a	0,1963 b	ZnPA	9,6109 a	6,8906 b
NITG	0,0055 a	0,0043 a	MnG	272 a	240 b	MoG	0,8690 a	0,6925 b
NITF	0,0933 a	0,0726 b	MnPA	575 a	530 b			

Médias, na horizontal, dentro de *A. brasilense*, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Macronutrientes em dag.kg⁻¹ e micronutrientes em mg.kg⁻¹.

aumentou a absorção de N, P, K, Na, Fe, Zn, Mn e Cu pelas plantas. JURKOWSKA et al. (1990) observaram que os teores de Zn e Cu na parte aérea do trigo aumentaram com o incremento da disponibilidade de N para a planta. CHRISTIANSEN e VEEN (1991) verificaram que mutantes de *Azospirillum brasilense* excretores de NH₄⁺ aumentaram a MSR e parte aérea e o teor de N total das plantas, em relação às aquelas não-inoculadas. Esses autores concluíram que tais mutantes de *Azospirillum brasilense* excretores de NH₄⁺ têm potencial para suprir com N as plantas hospedeiras.

OMAR et al. (1996), trabalhando com a inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e 60 kg de N.ha⁻¹ aos 45 e 65 dias após o plantio, observaram que a porcentagem de N derivado do fertilizante foi de 18,1 e 9,8%, respectivamente aos 45 e 60 dias após a semeadura. Concluíram que a produção e o teor de proteína nos grãos aumentaram com a aplicação de N e a inoculação das sementes. MISHRA e SEM (1993) verificaram que a inoculação de sementes com 21 isolados diferentes de *Azospirillum* em vasos e em condições de campo aumentou a produção de matéria fresca e de matéria seca e o teor de clorofila e N nas plantas. BHATTARAI e HESS (1993) observaram que sementes inoculadas com *Azospirillum brasilense* aumentaram a produção e o teor de N na parte aérea e nos grãos. Concluíram que houve diferenças entre estirpes e cultivares quanto aos teores de N na planta e na produtividade. SAUBIDET e BANREIX (1998), comparando 12 estirpes isoladas de raízes de trigo, verificaram que todas elas colonizaram tanto a superfície quanto o interior das raízes. Nesse caso, a maioria das estirpes estimulou o crescimento das raízes e da parte aérea, embora o grau

desse estímulo fosse diferente entre elas; algumas aumentaram o teor de N nas raízes e na parte aérea em até 80%, em comparação com às plantas não-inoculadas. Esses autores concluíram que existem diferenças entre estirpes e cultivares, indicando que as estirpes locais, em associações com cultivares locais, são mais eficientes. De acordo com os referidos autores, a resposta à inoculação é altamente dependente da estirpe de *Azospirillum*. Maior acúmulo de N e de outros nutrientes na planta com inoculação pode ser creditado a diversos fatores: fixação de N devido à capacidade de estabelecer associação com as raízes das plantas, indução à produção de fitormônios, como citocininas, auxinas e giberelinas (RABIE et al., 1995), e, conseqüentemente, maior peso de MSR e AR (Quadro 3), aumentando a capacidade de absorção de macro e micronutrientes do solo.

ZAGHLOUL et al. (1996) trabalharam com a inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* + 22,5 kg de N presentes em composto orgânico. Com relação à testemunha, esse tratamento aumentou a população da bactéria e a solubilização de fosfato inorgânico do solo. Esses autores observaram aumento nos teores de NO_3^- , NH_4^+ e P do solo. No entanto, nas plantas houve incremento nos teores de proteína, P e K. RABIE et al. (1995) verificaram que a inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* aumentou o peso da planta, de MSR e da parte aérea, o número de perfilhos totais e de perfilhos produtivos, o número e peso de espigas, a produção de grãos por planta e o teor de P nos grãos. Os teores de citocininas, auxinas e giberelinas foram aumentados com a inoculação. EL-SHANSHOURY (1995) verificou que a inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* em um solo esterilizado promoveu significativo estímulo na sua população na rizosfera, em comparação com valores iniciais. A inoculação estimulou o crescimento e o desenvolvimento das plantas e aumentou, significativamente, as concentrações de N, P, Mg e açúcares solúveis totais na parte aérea. Esses dados confirmam os obtidos no presente trabalho. Os melhores crescimento e desenvolvimento do sistema radicular observados nas plantas inoculadas, melhorando sua capacidade de absorção, como maior peso de MSR e AR, podem explicar, em parte, os maiores teores desses elementos na planta.

MSR, DR, CR, AR, NOG, NOF, NITG, NITPA, NITF, NTG, NTPA, NTF, PG, KG, KPA, SG, CaPA, BG, FePA, MnG, MnPA, CuG, CuPA, ZnG, ZnPA e MoG apresentaram maiores valores ($P < 0,05$) no cultivar EMBRAPA-22. No entanto, o DR apresentou menor valor ($P < 0,05$) neste cultivar (Quadro 4).

FEIL (1994), trabalhando com solução nutritiva, observou diferença significativa na ANR e no teor de NO_3^- na parte aérea, em diferentes cultivares de trigo. HORST et al. (1996) compararam a aquisição e utilização de P pelo cultivar tradicional (Peragis) e pelo cultivar moderno (Cosir). Foram conduzidos experimentos em solo e solução nutritiva. Crescimento da parte aérea e do sistema radicular, absorção de P, translocação e distribuição de P dentro da planta, em diferentes estádios de desenvolvimento, foram comparados. A produção de grãos no cultivar moderno foi maior em condições de baixo e alto teor de P no solo e, ou, solução nutritiva, fato que levou os autores a considerar esse cultivar mais eficiente. Eles concluíram que os principais fatores que contribuíram para a alta eficiência do cultivar moderno foram: uso eficiente de fotoassimilados para o crescimento radicular, característica que aumenta a aquisição de P; aumento nas ramificações radiculares, diminuindo o diâmetro e aumentando os pêlos radiculares; eficiente sistema de absorção de P; e eficiente remobilização de P dos órgãos vegetativos da planta para os grãos. Segundo EL-BASSAM et al. (1997), a eficiência nutricional no trigo é muito complexa. Esses

Quadro 4 – Matéria seca de raiz (MSR), diâmetro radicular (DR), comprimento radicular CR), área radicular (AR) e teores médios de N-orgânico no grão (NOG) e na folha (NOF), nitrato no grão (NITG), nitrato na parte aérea (NITPA) e na folha (NITF), N-total no grão (NTG), na parte aérea (NTPA) e na folha (NTF), P no grão (PG), K no grão (KG) e na parte aérea (KPA), S no grão (SG), Ca na parte aérea (CaPA), B no grão (BG), Fe na parte aérea (FePA), Mn no grão (MnG) e na parte aérea (MnPA), Cu no grão (CuG) e na parte aérea (CuPA), Zn no grão (ZnG) e na parte aérea (ZnPA) e Mo no grão (MoG), em função do cultivar, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

Nutrientes	Cultivar		Nutrientes	Cultivar		Nutrientes	Cultivar	
	EMB-22	BR-26		EMB-22	BR-26		EMB-22	BR-26
MSR (g)	5,6856 a	5,0863 b	NTG	0,9033 a	0,8502 b	FePA	1256 a	1060 a
DR (mm)	0,2026 b	0,2200 a	NTPA	0,2836 a	0,2610 b	MnG	269 a	243 b

CR (m)	1150 a	924 b	NTF	0,8575 a	0,7768 b	MnPA	590 a	514 b
AR (cm ²)	2231 a	1968 b	PG	0,2692 a	0,2604 b	CuG	2,6422 a	2,3422 b
NOG	0,8972 a	0,8465 b	KG	0,6420 a	0,6071 b	CuPA	1,8547 a	1,3109 b
NOF	0,7678 a	0,7005 b	KPA	2,3428 a	2,2475 b	ZnG	19,695 a	18,188 b
NITG	0,0062 a	0,0037 b	SG	0,0977 a	0,0680 b	ZnPA	9,4938 a	7,0078 b
NITPA	0,0317 a	0,0314 b	CaPA	0,2284 a	0,1991 b	Mo	0,8311 a	0,7305 b
NITF	0,0897 a	0,0763 b	BG	10,500 a	7,8263 b			

Médias, na horizontal, entre doses de Mo, seguidas de mesma letra, não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Macronutrientes em dag.kg⁻¹ e micronutrientes em mg.kg⁻¹.

autores afirmaram que os novos cultivares são mais produtivos e eficientes na utilização de nutrientes. Também, conduziram experimentos para testar a eficiência de 21 cultivares na utilização de N, P e K, cujos resultados indicaram que o teor de um único nutriente varia largamente dentro de poucos cultivares, tanto na parte aérea da planta quanto nos grãos. Alguns cultivares foram identificados como de uso eficiente de múltiplos nutrientes.

ASTRON e GERHARDSON (1988) observaram significativa diferença entre cultivares de trigo em relação ao peso de matéria seca da parte aérea da planta e a sintomas de deficiência nutricional nas folhas. Segundo eles, a diferença entre cultivares pode estar relacionada com o estabelecimento de bactérias diazotróficas na rizosfera.

WANG et al. (1998), comparando dois cultivares de trigo para acúmulo e partição de nutrientes na planta, em um experimento conduzido em casa de vegetação, observaram que o cultivar “Imbar” acumulou mais P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu e B que o cultivar “Len”. Observaram, também, que as plantas nutridas com formas balanceadas de NH_4^+ e NO_3^- , quando comparadas com plantas nutridas somente com NO_3^- , acumularam mais P, K, Cu e B, mas não tiveram efeito sobre Ca, Mg, Fe, Mn e Zn; quando as plantas foram nutridas somente com formas de NH_4^+ , diminuíram o teor de P, K, Ca, Mn, Zn, Cu e B na planta. De acordo com SCHLEGEL (1992), em relação aos micronutrientes, dado genótipo é considerado mais eficiente que outro se a produtividade permanece a mesma quando o suprimento de micronutrientes é reduzido. Segundo aquele autor, a produção de

substâncias chamadas de fitossideróforos pela planta aumenta a eficiência na absorção de ferro. MANDAL (1991), comparando 19 cultivares de trigo melhorados em experimento conduzido em condições de campo, observou que eles podem ser divididos em resistentes, moderadamente resistentes e suscetíveis à deficiência de B. Observou, também, que havia diferença entre cultivares quanto ao teor de B nos grãos.

Houve interação significativa do teor de Fe na parte aérea da planta quanto aos fatores Mo e peletização. Os teores de Fe na parte aérea da planta quando se aplicou a dose de 90 g.ha⁻¹ de Mo foram significativamente maiores do que aqueles obtidos com a dose de 5 g.ha⁻¹. Nesta dose, o teor de Fe na parte aérea foi maior ($P < 0,05$) na ausência da peletização (Quadro 5).

A peletização das sementes com CaCO₃ pode ter efeito direto no pH do solo, principalmente nas regiões próximas às raízes. Conforme KUMAL et al. (1993) e SAHU et al. (1993), o aumento do pH do solo reduz a disponibilidade de micronutrientes cátions, entre eles o Fe²⁺, o que pode explicar a redução do teor de ferro na planta com a peletização das sementes (Quadro 5).

KUMAL et al. (1993), conduzindo experimentos com cultivo sucessivo de soja e trigo durante 20 anos, na Índia, e avaliando diferentes níveis e formas de fertilização e manejo, presença ou ausência de calagem, concluíram que a fertilização química reduziu o pH e a disponibilidade de micronutrientes cátions e

Quadro 5 – Valor médio do teor de ferro na parte aérea do trigo (FePA), em função da aplicação de Mo e da peletização das sementes com CaCO₃, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

	FePA (mg.kg ⁻¹)	
	90 g.ha ⁻¹ de Mo	5 g.ha ⁻¹ de Mo
Peletizadas	1.556 aA	751 bB
Não-peletizadas	1.331 aA	1.008 bA

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

boro e aumentou com a acidificação do solo. No entanto, a calagem reduziu a disponibilidade de micronutrientes catiônicos e boro, aumentando a disponibilidade de Mo. SAHU et al. (1993) observaram que a calagem melhorou a eficiência da aplicação de Mo no solo para cultura do trigo.

Observou-se interação significativa nos teores de N-orgânico na parte aérea (NOPA), NO_3^- na parte aérea (NITPA), N-total na parte aérea (NTPA), P no grão (PG), P na parte aérea (PPA) e B no grão (BG), com relação aos fatores Mo e inoculação (Quadros 6, 7 e 8).

Quadro 6 – Teores médios na parte aérea de nitrogênio orgânico (NOPA), NO_3^- (NITPA) e N-total (NTPA) do trigo, em função da aplicação de Mo e da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

	NOPA (dag.kg ⁻¹)		NITPA (dag.kg ⁻¹)		NTPA (dag.kg ⁻¹)	
	90 g.ha ⁻¹ Mo	5 g.ha ⁻¹ Mo	90 g.ha ⁻¹ Mo	5 g.ha ⁻¹ Mo	90 g.ha ⁻¹ Mo	5 g.ha ⁻¹ Mo
+ <i>A. brasilense</i>	0,2553 aA	0,2467 aA	0,0422 aA	0,0366 bA	0,2974 aA	0,2833 aA
- <i>A. brasilense</i>	0,2436 aA	0,2035 bB	0,0359 aB	0,0223 bB	0,2795 aB	0,2288 bB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada nutriente, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 7 – Teores médios de fósforo nos grãos (PG) e na parte aérea do trigo (PPA), em função da aplicação de Mo e da inoculação das sementes, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

	PG (dag.kg ⁻¹)		PPA (dag.kg ⁻¹)	
	90 g.ha ⁻¹ Mo	5 g.ha ⁻¹ Mo	90 g.ha ⁻¹ Mo	5 g.ha ⁻¹ Mo
+ <i>A. brasilense</i>	0,2808 aA	0,2712 aA	0,2417 aA	0,1980 bA
- <i>A. brasilense</i>	0,2742 aA	0,2328 bB	0,2118 aB	0,1096 bB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada nutriente, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 8 – Teores médios de boro no grão (BG) de trigo, em função da aplicação de Mo e da inoculação das sementes, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

	BG (mg.kg ⁻¹)	
	90 g.ha ⁻¹ Mo	5 g.ha ⁻¹ Mo
+ <i>A. brasilense</i>	12,6600 Aa	10,8000 aA
- <i>A. brasilense</i>	9,9075 aB	3,2850 bB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O teor de NOPA foi menor ($P < 0,05\%$) na dose de 5 g.ha⁻¹ de Mo quando as sementes não foram inoculadas. Quanto ao teor de NITPA, observou-se redução com a aplicação da dose menor de Mo, tanto na presença quanto na ausência da inoculação. O teor de NITPA reduziu-se significativamente na ausência da inoculação e nas duas doses de Mo testadas. O teor de NTPA foi menor ($P < 0,05$) na dose de 5 g.ha⁻¹ de Mo quando as sementes não foram inoculadas. O teor de NTPA também reduziu-se significativamente na ausência da inoculação, nas duas doses de Mo. Os teores de NOPA, NITPA e NTPA foram maiores ($P < 0,05\%$) com a aplicação da dose de 90 g.ha⁻¹ de Mo somente na ausência de inoculação, exceto o NITPA, que também foi superior na presença desta (Quadro 6). A atuação do Mo na nitrato redutase, juntamente com os efeitos positivos da inoculação discutidos anteriormente, explica os maiores teores de Norgânico e total na planta. Quanto ao NO₃⁻, apesar da superioridade com a aplicação de Mo e inoculação das sementes, observou-se que os teores foram muito baixos.

O teor de PG foi menor ($P < 0,05$) na dose de 5 g.ha⁻¹ de Mo quando as sementes não foram inoculadas com *Azospirillum brasilense* (Quadro 7). Segundo ZAGHLOUL et al. (1996), a inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* aumentou a população da bactéria e a solubilização de fosfato inorgânico do solo e promoveu incremento nos teores de P nas plantas. RABIE et al. (1995) observaram que a inoculação aumentou o teor de P nos grãos,

enquanto EL-SHANSHOURY (1995) verificou que a mesma inoculação em um solo esterilizado promoveu significativo estímulo na população de *Azospirillum brasilense* na rizosfera, em comparação com valores iniciais. A inoculação estimulou o crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como aumentou muito as concentrações de P na parte aérea. Tais dados confirmam os obtidos no presente trabalho. Os melhores crescimento e desenvolvimento do sistema radicular (maior peso de matéria seca e área radicular) observados nas plantas inoculadas melhoraram a capacidade de absorção das raízes. Tais resultados podem explicar aqueles observados para P (Quadro 7), B e Fe (Quadro 8).

O teor de BG foi menor ($P < 0,05$) na dose de 5 g.ha^{-1} de Mo quando as sementes não foram inoculadas (Quadro 8). Os resultados obtidos neste experimento para teor de BG seguem a tendência observada por SING et al. (1992), cujos teores de BG aumentaram quando houve aplicação de Mo nas doses acima de $1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$ de solo. Como o Mo foi aplicado via foliar e o sistema radicular das plantas tratadas com a dose de 90 g.ha^{-1} Mo apresentou menor diâmetro radicular, maior comprimento radicular e maior área radicular, pode-se deduzir que ocorreu maior absorção de B naquelas plantas.

Quanto ao teor de PPA, houve interação significativa entre os fatores Mo e cultivar (Quadro 9). O teor de PPA reduziu-se ($P < 0,05$) com a aplicação de 5 g.ha^{-1} de Mo nos dois cultivares testados. No entanto, o teor de PPA do cultivar EMBRAP A-22 foi superior ($P < 0,05$) na dose de 5 g.ha^{-1} de Mo. ELLIOTT et al. (1997a) observaram diferença no requerimento e absorção de P por diferentes cultivares. A dose maior de Mo favoreceu o sistema radicular (maior peso de matéria seca e área radicular), favorecendo, também, a absorção do P pela planta.

Quadro 9 – Teores médios de fósforo na parte aérea do trigo (PPA), em função da aplicação de Mo e do cultivar, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

PPA (dag.kg^{-1})	
90 g.ha^{-1} Mo	5 g.ha^{-1} Mo

EMBRAPA-22	0,2267 aA	0,1832 bA
BR-26	0,2269 aA	0,1244 bB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os teores de enxofre na parte aérea (SPA), magnésio no grão (MgG) e ferro no grão (FeG) foram superiores ($P < 0,05$) no cultivar EMBRAPA-22 somente quando as sementes foram inoculadas (Quadro 10). De acordo com EL-BASSAM et al. (1997), os teores de nutrientes na parte aérea e nos grãos variam entre cultivares, dependendo, dentre outros fatores, da eficiência do cultivar na absorção e translocação desses nutrientes.

Quanto ao teor de potássio no grão (KG), ocorreu interação tripla entre os fatores peletização, Mo e inoculação (Quadros 11 e 12).

Quando as sementes foram peletizadas, o teor de KG foi menor com a aplicação de 5 g.ha^{-1} de Mo e na ausência da inoculação. Já nas sementes não-peletizadas, o teor de KG reduziu-se na ausência da inoculação (Quadro 11). Entretanto, o teor de KG não foi afetado pela peletização das sementes, independentemente da inoculação ou da dose de Mo aplicada (Quadro 12).

Quadro 10 – Teores médios de enxofre na parte aérea (SPA), magnésio no grão (MgG) e ferro no grão (FeG) de trigo, em função do cultivar e da inoculação das sementes com *A. brasilense*, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

	SPA (dag.kg^{-1})		MgG (dag.kg^{-1})		FeG (mg.kg^{-1})	
	EMB.-22	BR-26	EMB.-22	BR-26	EMB.-22	BR-26
+ <i>A. brasilense</i>	0,1996 aA	0,1268 bA	0,1129 aA	0,0698 bA	91,01 aA	50,69 bA
- <i>A. brasilense</i>	0,1108 aB	0,0972 aA	0,0648 aB	0,0549 aA	45,50 aB	39,94 aA

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada nutriente, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 11 – Teores médios de potássio no grão (KG) para peletização das sementes com CaCO_3 , em função da aplicação de Mo e da inoculação destas, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

	KG (dag.kg^{-1})			
	Peletizadas		Não-Peletizadas	
	90 g.ha^{-1} Mo	5 g.ha^{-1} Mo	90 g.ha^{-1} Mo	5 g.ha^{-1} Mo
+ <i>A. brasilense</i>	0,6352 aA	0,6512 aA	0,6656 aA	0,6496 aA
- <i>A. brasilense</i>	0,6320 aA	0,5678 bB	0,5919 aB	0,6031 aB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada tipo de peletização, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 12 – Teores médios de potássio no grão (KG) para aplicação de Mo e inoculação das sementes, em função da peletização destas com CaCO_3 , no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

	KG (dag.kg^{-1})			
	90 g.ha^{-1} Mo		5 g.ha^{-1} Mo	
	+ <i>A. brasilense</i>	- <i>A. brasilense</i>	+ <i>A. brasilense</i>	- <i>A. brasilense</i>
Peletizadas	0,6352 A	0,6320 A	0,6512 A	0,5678 A
Não-peletizadas	0,6656 A	0,5919 A	0,6493 A	0,6031 A

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O Mo pode favorecer a absorção e translocação de K e outros nutrientes, pois é capaz de favorecer a atividade da nitrato redutase e, conseqüentemente, o crescimento e desenvolvimento da planta, melhorando seu estado nutricional nos vários estádios de desenvolvimento.

Conforme os resultados obtidos por ZAGHLOUL et al. (1996), a inoculação pode favorecer a absorção de K e sua translocação, tanto pelo estímulo ao maior desenvolvimento radicular quanto por um requerimento nutricional maior em plantas mais desenvolvidas.

Quanto ao teor de potássio na parte aérea (KPA), também ocorreu interação tripla entre os fatores peletização, Mo e inoculação (Quadros 13 e 14). Quando as sementes foram peletizadas, o teor de KPA foi inferior na menor dose

de Mo aplicada e na ausência da inoculação. Nas sementes não-peletizadas, o teor de KPA reduziu-se na ausência da inoculação somente na dose de 90 g.ha⁻¹ de Mo (Quadro 13).

Quadro 13 – Teores médios de potássio na parte aérea (KPA) para peletização das sementes de trigo com CaCO₃, em função da aplicação de Mo e da inoculação destas com *Azospirillum brasilense*, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

	KPA (dag.kg ⁻¹)			
	Peletizadas		Não-Peletizadas	
	90 g.ha ⁻¹ Mo	5 g.ha ⁻¹ Mo	90 g.ha ⁻¹ Mo	5 g.ha ⁻¹ Mo
+ <i>A. brasilense</i>	2,4488 aA	2,3875 aA	2,4262 aA	2,2863 aA
- <i>A. brasilense</i>	2,3200 aA	2,0825 bB	2,2088 aB	2,2013 aA

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada tipo de peletização, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 14 – Teores médios de potássio na parte aérea (KPA) para aplicação de molibdênio em cobertura e inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, em função da peletização destas com CaCO₃, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

	KPA (dag.kg ⁻¹)			
	90 g.ha ⁻¹ Mo		5 g.ha ⁻¹ Mo	
	+ <i>A. brasilense</i>	- <i>A. brasilense</i>	+ <i>A. brasilense</i>	- <i>A. brasilense</i>
Peletizadas	2,4488 A	2,3200 A	2,3875 A	2,0825 A
Não-peletizadas	2,4262 A	2,2088 A	2,2863 A	2,2013 A

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de KPA não foi afetado pela peletização das sementes, independentemente da dose de Mo aplicada e da presença da inoculação (Quadro 14).

Houve interação tripla com o teor de Ca no grão (CaG) envolvendo os fatores peletização, inoculação e cultivar (Quadros 15 e 16).

Quadro 15 – Teores médios de cálcio no grão (CaG) para peletização das sementes com CaCO_3 , em função da inoculação destas e do cultivar de trigo, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

	CaG (dag.kg^{-1})			
	Peletizadas		Não-Peletizadas	
	+ <i>A.brasilense</i>	- <i>A.brasilense</i>	+ <i>A.brasilense</i>	- <i>A.brasilense</i>
EMBRAPA-22	0,0651 aA	0,0645 aA	0,1112 aA	0,0508 bA
BR-26	0,0563 aA	0,0341 aA	0,0570 aB	0,0398 aA

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada tipo de peletização, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Nas sementes peletizadas, não houve efeito da inoculação e do cultivar sobre o teor de CaG. Entretanto, nas sementes não-peletizadas, a inoculação no cultivar EMBRAPA-22 proporcionou maiores teores de CaG (Quadro 15). A peletização das sementes reduziu o teor de CaG somente na presença da inoculação no cultivar EMBRAPA-22 (Quadro 16). A presença da bactéria propiciou maiores teores de CaG no cultivar EMBRAPA-22 na ausência da peletização. Isso indica que a peletização pode reduzir a viabilidade e ação da bactéria pela elevação excessiva do pH na região rizosférica. BASHAN et al. (1995) afirmaram que altas concentrações de CaCO_3 no solo tiveram efeito altamente negativo na viabilidade das bactérias.

Quadro 16 – Teores médios de cálcio no grão (CaG) para os fatores inoculação das sementes e do cultivar de trigo, em função da peletização destas, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

	CaG (dag.kg ⁻¹)			
	+ <i>A.brasilense</i>		- <i>A.brasilense</i>	
	EMBRAPA-22	BR-26	EMBRAPA-22	BR-26
Peletizadas	0,0651 B	0,0563 A	0,0645 A	0,0341 A
Não-peletizadas	0,1112 A	0,0570 A	0,0508 A	0,0398 A

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Também ocorreu interação tripla entre peletização, inoculação e cultivar, para o teor de Mg na parte aérea (MgPA) (Quadro 17).

Quadro 17 – Teores médios de magnésio na parte aérea (MgPA) para peletização, em função da inoculação das sementes e do cultivar de trigo, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

	MgPA (dag.kg ⁻¹)			
	Peletizadas		Não-Peletizadas	
	+ <i>A.brasilense</i>	- <i>A.brasilense</i>	+ <i>A.brasilense</i>	- <i>A.brasilense</i>
EMBRAPA-22	0,0833 aA	0,1046 aA	0,1025 aA	0,0708 bA
BR-26	0,0730 aA	0,0464 aB	0,0702 aB	0,0533 aA

As médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada tipo de peletização, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Nas sementes peletizadas, o teor de MgPA foi maior no cultivar EMBRAPA-22 em relação ao cultivar BR-26, somente na ausência da inoculação. Nas sementes não-peletizadas e inoculadas, o teor de MgPA foi maior no cultivar EMBRAPA-22 quando as sementes foram inoculadas.

O teor de magnésio na parte aérea foi menor ($P < 0,05$) no cultivar EMBRAPA-22 na ausência da inoculação e da peletização (Quadro 18).

Quadro 18 – Teores médios de magnésio na parte aérea (MgPA) para os fatores inoculação das sementes e cultivar, em função da peletização destas, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

	MgPA (dag.kg ⁻¹)			
	+ <i>A.brasilense</i>		- <i>A.brasilense</i>	
	EMBRAPA-22	BR-26	EMBRAPA-22	BR-26
Peletizadas	0,0833 A	0,0730 A	0,1046 A	0,0464 A
Não-peletizadas	0,1025 A	0,0702 A	0,0708 B	0,0533 A

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em todas as variáveis analisadas, as médias do fatorial foram superiores ($P < 0,05$) às das testemunhas, exceto para os teores de S no grão (SG), Fe no grão (FeG) e Zn na parte aérea (ZnPA). O diâmetro radicular (DR) apresentou média inferior (Quadro 19).

Os cultivares EMBRAPA-22 e BR-26 receberam, no plantio, S e P em doses 10 vezes menores que nos demais tratamentos. De acordo com os resultados, observou-se que a inoculação, o Mo em cobertura e a peletização não compensaram os baixos níveis de S e P no solo. ELLIOTT et al. (1997b) conduziram dois experimentos em vasos na casa de vegetação e cinco experimentos em condições de campo, para avaliar a absorção e distribuição do P na matéria seca da planta de trigo, em solos com vários níveis de P. Em solos com deficiência de P, as plantas apresentaram folhas verde-pálidas, redução no

Quadro 19 – Teores médios de N-orgânico no grão (NOG), na parte aérea (NOPA) e na folha (NOF), nitrato no grão (NITG), na parte aérea (NITPA) e na folha (NITF), N-total no grão (NTG), na parte aérea (NTPA) e na folha (NTF), P no grão (PG) e na parte aérea (PPA), K no grão (KG) e na parte aérea (KPA), S no grão (SG) e na parte aérea (SPA), Ca no grão (CaG) e na parte aérea (CaPA), Mg no grão (MgG) e na parte aérea (MgPA), B no grão (BG), Fe no grão (FeG) e na parte aérea (FePA), Mn no grão (MnG) e na parte aérea (MnPA), Cu no grão (CuG) e na parte aérea (CuPA), Zn no grão (ZnG) e na parte aérea (ZnPA), Mo no grão (MoG), matéria seca de raiz (MSR), diâmetro radicular (DR), comprimento radicular (CR) e área radicular (AR), no experimento de casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

Médias	NOG	NOPA	NOF	NITG	NITPA	NITF	NTG	NTPA	NTFO
Do fatorial	0,8718 A	0,2380 A	0,7341 A	0,0049 A	0,0342 A	0,0829 A	0,8767 A	0,2712 A	0,8171 A
Das testemunhas	0,7311 B	0,1962 B	0,6309 B	0,0015 B	0,0225 B	0,0551 B	0,7325 B	0,2187 B	0,6860 B

Médias	PG	PPA	KG	KPA	SG	SPA	CaG	CaPA	MgG
Do fatorial	0,2647 A	0,1902 A	0,6205 A	2,2951 A	0,0828 A	0,1335 A	0,0598 A	0,2137 A	0,0756 A
Das testemunhas	0,2346 B	0,1204 B	0,5501 B	1,9099 B	0,0478 A	0,0684 B	0,0291 B	0,1633 B	0,0484 B
Médias	MgPA	BG	FeG	FePA	MnG	MnPA	CuG	CuPA	ZnG
Do fatorial	0,0755 A	9,1631 A	56,98 A	1162 A	256 A	553 A	2,4921 A	1,5828 A	18,941 A
Das testemunhas	0,0411 B	2,6849 B	36, 12 A	469 B	211 B	447 B	1,7749 B	0,4000 B	15,769 B
Médias	ZnPA	MoG	MSR (g)	DR (mm)	CR (m)	AR (cm ²)			
Do fatorial	8,2507 A	0,7807 A	5,386 A	0,2113 B	1037 A	2150 A			
Das testemunhas	5,3187 A	0,5713 B	3,668 B	0,2514 A	621 B	1422 B			

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Macronutrientes em dag.kg⁻¹ e micronutrientes em mg.kg⁻¹.

perfilhamento, no número de folhas por planta, no peso de raízes secas, no peso de parte aérea seca e na produção de grãos. Os sintomas se intensificaram com a idade da planta, além de limitarem e retardarem o crescimento e desenvolvimento da planta. PURAKAYASTHA e NAD (1996) verificaram que a aplicação de Mo não tem efeito sobre a absorção e distribuição do enxofre pela planta de trigo, independentemente das doses de enxofre e Mo aplicadas. Segundo MORTENSEN et al. (1993), a deficiência de S no solo causou redução no conteúdo de aminoácidos metionina e cisteína nos grãos e nas folhas. Em experimento conduzido em vasos, MONAGHAN et al. (1997) observaram que plantas de trigo crescendo com níveis subótimos de S (80 mg de S/vaso) reduziram o número de grãos por espiga, o número de espigas, o peso de biomassa seca, o conteúdo de S no grão e a alta relação N:S, quando comparadas com plantas crescendo em nível ótimo de S (400 mg de S/vaso). DRESSEL et al. (1997) observaram redução na biomassa seca, na produção de grãos, no peso de mil grãos, no número de grãos por espiga e no número de grãos por espiga quando o trigo foi cultivado em vasos com solo deficiente de S. Eles concluíram que os sintomas de deficiência de S aumentaram quando doses altas de N foram aplicadas em solos deficientes de S.

Os principais efeitos da deficiência de P nas plantas são redução na expansão foliar, área superficial da folha e número de folhas. A pequena área foliar está fortemente relacionada à extensão das células epidérmicas, e esse processo é reduzido em plantas com deficiência de P por várias razões, como baixo teor de P nas células epidérmicas e redução na condutividade hidráulica das raízes. No

entanto, drástica redução no teor de clorofila das folhas é uma característica típica de deficiência de S. A escassez dos aminoácidos contendo S, cisteína e metionina não somente inibe a síntese de proteína, como também diminui o conteúdo de clorofila nas folhas. Em resposta à deficiência de S, proteínas com baixo conteúdo de S são sintetizadas, as quais são mais comuns no citoplasma das células foliares. Em plantas deficientes de S, a inibição da síntese de proteínas está correlacionada com o acúmulo de N-orgânico e NO_3^- (MARSCHNER, 1995).

3.2. Experimento de campo

As análises de variância das características radiculares e dos nutrientes avaliados neste experimento são apresentadas no Apêndice (Quadros 2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 7B, 8B e 9B).

Para a matéria seca de raiz (MSR), diâmetro radicular e comprimento radicular, houve efeito significativo isolado de molibdênio (Mo), inoculação (I) e cultivar (C), mas não efeito isolado da peletização (Pe). Na área radicular (AR), houve efeito significativo isolado de Mo e C; e em MSR, ocorreu interação significativa entre I x C (Quadro 2B).

O Mn na parte aérea (MnPA) apresentou efeito significativo isolado de I e o Mo no grão (MoG), efeito significativo isolado de Mo, enquanto o NITG e o CaG apresentaram efeito significativo isolado de C. O N-orgânico no grão (NOG), na parte aérea (NOPA) e na folha (NOF), o N-total no grão (NTG), na parte aérea (NTPA) e na folha (NTF), o K na parte aérea (KPA), o Ca na parte aérea (CaPA), o Mg no grão (MgG) e na parte aérea (MgPA), o B no grão (BG), o Cu no grão (CuG) e o Mn na parte aérea (MnPA) apresentaram efeito significativo isolado de Mo, I e C e não efeito significativo isolado de Pe. O KG teve efeito significativo isolado de Pe, e o NITF, o PPA, o S no grão (SG) e o CuPA apresentaram efeito significativo isolado de Mo e de I, enquanto o PG, o SPA, o FeG, o FePA, o ZnG e o ZnPA mostraram efeito significativo isolado de Mo e de C. Houve interações significativas Pe x C nos teores de PPA e SG; CuPA e Mo x I nos de NITG; NITPA e Mo x C nos de MnPA; Pe x Mo x C nos de NITPA; e Mo x I x C nos de KG (Quadros 3B, 4B, 5B, 6B, 7B, 8B e 9B).

A MSR, o CR e a AR e os teores de NOG, NOPA, NOF, NITF, NTG, NTPA, NTF, PG, PPA, KG, SG, SPA, CaG, CaPA, MgG, MgPA, FeG, MnG, MnPA, CuG, CuPA, ZnG, ZnPA e MoG apresentaram valores maiores ($P < 0,05$) quando se aplicaram 90 g.ha^{-1} de Mo, exceto o DR, cujos valores foram inferiores (Quadro 20).

Com relação ao NO_3^- no grão, apesar de os teores serem superiores quando se aplicou o Mo em cobertura, os valores são muito baixos ($0,00394$ e $0,01438 \text{ dag.kg}^{-1}$ na parte aérea e folha, respectivamente). Como o Mo é componente estrutural e tem função catalítica na nitrato redutase, essa enzima pode ter atuado de forma mais intensa quando o Mo foi aplicado via foliar, justificando os maiores teores de N-orgânico e N-total na parte aérea e nas folhas da planta (Quadro 20). Sendo o N um elemento com alta mobilidade e pelo fato de os grãos serem drenos preferenciais na planta, é provável que tenha ocorrido translocação de N e, conseqüentemente, maiores teores de N-orgânico e N-total nos grãos. ZHMURKO (1992) observou que a produção de proteína na semente de trigo foi maior quando houve aplicação de Mo em cobertura.

Quadro 20 – Matéria seca de raiz (MSR), diâmetro radicular (DR), comprimento radicular (CR), área radicular (AR) e teores médios de N-orgânico no grão (NOG), na parte aérea (NOPA) e na folha (NOF), nitrato na folha (NITF), N-total no grão (NTG), na parte aérea (NTPA) e na folha (NTF), P no grão (PG) e na parte aérea (PPA), K no grão (KG), S no grão (SG) e na parte aérea (SPA), Ca no grão (CaG) e na parte aérea (CaPA), Mg no grão (MgG) e na parte aérea (MgPA), B no grão (BG), Fe no grão (FeG) e na parte aérea (FePA), Mn no grão (MnG), Cu no grão (CuG) e na parte aérea (CuPA), Zn no grão (ZnG) e na parte aérea (ZnPA) e Mo no grão (MoG), em função de Mo, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

Nutrientes	Mo		Nutrientes	Mo		Nutrientes	Mo	
	90 g.ha^{-1}	0 g.ha^{-1}		90 g.ha^{-1}	0 g.ha^{-1}		90 g.ha^{-1}	0 g.ha^{-1}
MSR (g)	0,378 a	0,279 b	NTF	2,9737 a	2,6100 b	BG	11,295 a	4,815 b
DR (mm)	0,307 b	0,364 a	PG	0,4195 a	0,3966 b	FeG	121 a	75,4 b
CR (m)	43,837 a	27,238 b	PPA	0,2843 a	0,2325 b	FePA	406 a	332 b
AR (cm^2)	70,255 a	53,109 b	KPA	0,8877 a	0,7627 b	MnG	67,8 a	62,8 b
NOG	1,6725 a	1,5282 b	SG	0,0929 a	0,0877 b	CuG	4,6469 a	4,0391 b
NOPA	0,8660 a	0,6331 b	SPA	0,1088 a	0,0832 b	CuPA	2,9156 a	2,1516 b

NOF	2,9594 a	2,6011 b	CaG	0,0424 a	0,0376 b	ZnG	41,0 a	37,1 b
NITF	0,0144 a	0,0089 b	CaPA	0,1250 a	0,1082 b	ZnPA	32,1 a	28,1 b
NTG	1,6753 a	1,5307 b	MgG	0,0951 a	0,0839 b	MoG	0,8910 a	0,4979 b
NTPA	0,8700 a	0,6353 b	MgPA	0,0674 a	0,0591 b			

Médias, na horizontal, entre doses de Mo, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Macronutrientes em dag.kg⁻¹ e micronutrientes em mg.kg⁻¹.

Os teores de P foram maiores com a aplicação de Mo em cobertura (Quadro 20). Além da maior demanda por P, provocada pelo maior crescimento e desenvolvimento das plantas em razão da maior atividade da nitrato redutase, um sistema radicular mais desenvolvido, refletido no maior peso de matéria seca na raiz, no comprimento radicular, na área radicular e no menor diâmetro de raízes, pode ter favorecido a absorção e translocação de P. PARAKAYASTHA e NAD (1997) verificaram que a aplicação de 1 ppm de Mo reduziu o teor de NO₃⁻ nas folhas e aumentou o teor de N, P e S nos grãos de trigo.

De acordo com MARSCHNER (1995) e YU et al. (1996), o K está envolvido na ativação de enzimas, síntese de proteínas, fotossíntese, extensão celular e movimento estomatal, dentre outras funções. Segundo PFLÜGER e WIEDMANN (1977), o K não somente ativa a nitrato redutase, mas também é requerido para sua síntese. Todas as funções citadas anteriormente para o K estão diretamente relacionadas com os resultados obtidos neste experimento (Quadro 20), ou seja, o Mo e K atuando sobre a atividade da nitrato redutase e maiores crescimento e desenvolvimento da planta e de seu sistema radicular. MASON et al. (1994), em experimento de campo, observaram que a aplicação de Mo aumentou o teor de K na parte aérea da planta. BUTORINA et al. (1991) observaram que a aplicação combinada de N + Mo aumentou o teor de Mo e melhorou a composição mineral do grão de trigo.

A aplicação de Mo e, conseqüentemente, maior atividade da nitrato redutase e maiores crescimento e desenvolvimento da planta e de seu sistema radicular podem interferir no teor de Ca, Mg e S na planta e nos grãos. Os teores de Ca (componente estrutural de macromoléculas na parede celular), de Mg (átomo

central da molécula de clorofila) e de S (componente dos aminoácidos cisteína e metionina) na planta têm relação direta com a sua disponibilidade no solo, com o crescimento e desenvolvimento da parte aérea e o sistema radicular da planta (MARSCHNER, 1995). Sendo a fertilidade do solo a mesma, nas condições em que o experimento foi conduzido, o teor desses nutrientes na planta dependeu, principalmente, da capacidade de absorção do sistema radicular, da translocação e da demanda das plantas. Com um sistema radicular mais desenvolvido (Quadro 20) e com maiores atividades da nitrato redutase, as plantas dos tratamentos em que foram aplicados 90 g ha^{-1} de Mo acumularam maiores teores de Ca, Mg e S (Quadro 20). MASON et al. (1994) observaram que a aplicação de Mo em alguns cultivares promoveram aumentos nos teores de Ca e Mg na parte aérea da planta. Esses autores concluíram que nem todos os locais e cultivares testados apresentaram os mesmos resultados.

Segundo MARSCHNER (1995), a absorção de B pela planta está diretamente relacionada com o pH e a sua concentração externa, sendo sua distribuição na planta governada pelo fluxo transpiratório, além de ser móvel no floema e retranslocado em consideráveis quantidades. Nesse sentido, a presença de maiores teores de B nos grãos dos tratamentos em que foi aplicado Mo em cobertura pode estar relacionada diretamente com o sistema radicular e com a parte aérea mais desenvolvidos nesses tratamentos, refletindo no teor do elemento nos drenos preferenciais.

O Fe é componente dos citocromos (componente do sistema redox dos cloroplastos nos mitocôndrios e do sistema redox da nitrato redutase), da nitrogenase (Fe-proteína, Mo-Fe-proteína), da catalase (formação de $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ a partir de H_2O_2), da peroxidase, da ferredoxina (associada com a atividade da nitrato redutase) e superóxido desmutase (formação de H_2O_2 a partir de O_2), dentre outras. Segundo MARSCHNER (1995), o Fe está diretamente relacionado com o tamanho e teor de proteína nos cloroplastos. Aquele autor afirmou que há correlação positiva entre o teor de ferro nas folhas e o teor de clorofila. Os maiores teores de Fe observados no tratamento com Mo estão relacionados, principalmente, com maiores atividades da nitrato redutase e teor de proteínas (Quadro 20).

Segundo HODGSON et al. (1966) e GRAHAM (1979), de 98-99% do Cu na solução do solo, nas raízes, na seiva xilemática, no citoplasma e nas organelas está na forma complexada. A maioria das funções do Cu como nutriente de planta está embasada na sua participação em enzimas envolvidas em reações redox. Mais de 50% do Cu localizado nos cloroplastos está localizado na plastocianina (componente da cadeia de transporte de elétrons do fotossistema I). Há uma proporção de três a quatro moléculas de plastocianina (um átomo de Cu por molécula) por 1.000 moléculas de clorofila no fotossistema I e dois átomos de Cu para cada 1.000 moléculas de clorofila no fotossistema II. De acordo com AYALA e SANDMANN (1989), há estreita relação entre o teor de Cu, o teor plastocianina e o de outras enzimas (diamina oxidase, ascorbato oxidase e CuZn-superóxido desmutase) nas folhas, e, então, a atividade do fotossistema I é fortemente afetada pelo teor de Cu. Segundo ROBSON e REUTER (1981), plantas com altos teores de N requerem maiores teores de Cu para obter a máxima produção. De acordo com ROBSON et al. (1981), o Cu tem efeito marcante na formação e composição química da parede celular. Além disso, a deficiência de Cu afeta a formação de grãos muito mais que o crescimento vegetativo. Na formação do grão, dreno preferencial, há forte competição pelo Cu com as raízes e a parte aérea. O Cu está envolvido na viabilidade do pólen, o que reflete altos teores desse elemento nas flores. A redução na formação da semente resulta da inibição na liberação do pólen dos estames, visto que a lignificação das paredes celulares das células da antera é requerida para ruptura dos estames e conseqüente liberação do pólen. Diante das características e funções do Cu na planta, os maiores teores deste elemento encontrados nos tratamentos com Mo podem ser o reflexo das plantas mais desenvolvidas e com estado nutricional mais adequado promovido pelas maiores atividades da nitrato redutase e pelo sistema radicular mais desenvolvido.

O Zn faz parte de grande número de enzimas como componente integral de suas estruturas. Nestas, o zinco pode ter três funções: catalítica, cocatalítica ou estrutural (VALLEE e FALCHUK, 1993). Nas enzimas com funções catalíticas (carbopeptidase, por exemplo), o átomo de Zn está ligado a três aminoácidos e a uma molécula de água. Nas enzimas com função estrutural (proteínas envolvidas na

replicação do DNA e expressão gênica, por exemplo), o Zn está ligado ao S de quatro resíduos de cisteína, formando uma estrutura terciária de alta estabilidade (MARSCHNER, 1995). Segundo este autor, a síntese e o teor de proteína são drasticamente reduzidos em plantas com deficiência de Zn. O maior teor de N-orgânico e N-total e, conseqüentemente, de proteínas indica que os tratamentos com Mo levaram a um maior teor de Zn nas plantas (Quadro 20).

Nas plantas, o Mn é predominante na forma Mn^{2+} , mas pode rapidamente ser oxidado a Mn^{3+} , tendo papel importante nos processos de redução. Por ter raio iônico intermediário entre o Mg^{2+} e o Ca^{2+} , o Mn^{2+} pode substituir e competir com esses íons em várias reações. As duas principais enzimas contendo Mn são a Mn-proteína do fotossistema II e a Mn-superóxido desmutase. Além disso, o Mn age como co-fator em mais de 35 enzimas, e a maioria delas catalisa oxirredução, descarboxilação e reações hidrolíticas. O Mn^{2+} pode interferir na atividade da nitrato redutase, pois há aumento na concentração de NO_3^- em folhas deficientes de Mn. Entretanto, esse acúmulo pode ser resultado da escassez de

equivalentes redutores e carboidratos para redução do NO_3^- e da baixa demanda de N reduzido nas plantas com deficiência de Mn (MARSCHNER, 1995). A biossíntese de lignina requer o Mn em várias etapas, interferindo, principalmente, na absorção de nutrientes e resistência do sistema radicular aos patógenos. O Mn^{2+} pode substituir o Mg^{2+} da molécula de ATP, visto que a ligação com o Mn é quatro vezes mais forte que a ligação com Mg. Nesse sentido, para o funcionamento normal do principal sistema transmissor de energia ($Mg\cdot ATP$), a concentração do Mn no citosol e no estroma dos cloroplastos tem de ser mantida em baixas concentrações. Assim, a maior parte do Mn é concentrada nos vacúolos e nas vesículas de Golgi. Pela atuação na fotossíntese e síntese de carboidratos, o Mn tem papel importante na divisão e extensão celulares. De acordo com ABBOTT (1967), em plantas deficientes de Mn, a formação de raízes laterais e pêlos radiculares cessa rapidamente. Assim, o sistema radicular e a parte aérea mais desenvolvidos nos tratamentos com Mo podem justificar os maiores teores de Mn. WANG et al. (1995) verificaram que a aplicação de Mo aumentou o teor desse elemento na semente de 0,1085 mg.kg⁻¹ (controle) para 0,25-0,60 mg.kg⁻¹. MODI e CAIRNS

(1995) observaram que a aplicação de Mo aumentou significativamente o teor de Mo no grão.

Valores superiores ($P < 0,05$) para CR e AR e teores de NOG, NOPA, NOF, NITF, NTG, NTPA, NTF, PG, PPA, KPA, SG, SPA, CaG, CaPA, MgG, MgPA, BG, FeG, FePA, MnG, MnPA, CuG, CuPA, ZnG, ZnPA e MoG foram observados com a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, exceto o DR, que apresentou valores inferiores (Quadro 21).

OMAR et al. (1991) conduziram experimento em nível de campo, com o objetivo de testar a inoculação em sementes de dois cultivares de trigo com *Azospirillum brasilense* (isolada da rizosfera de trigo), no Egito. Esses autores concluíram que plantas inoculadas aumentaram a produção e o teor de proteína nos grãos. MISHRA e SEM (1993) verificaram que a inoculação de sementes em 21 isolados diferentes de *Azospirillum*, em vasos e em condições de campo, aumentaram a produção de matéria fresca, a produção de matéria seca e o teor de clorofila e N nas plantas, em ambas as condições.

Quadro 21 – Diâmetro radicular (DR), comprimento radicular (CR), área radicular (AR) e teores médios de N-orgânico no grão (NOG), na parte aérea (NOPA) e na folha (NOF), nitrato na folha (NITF), N-total no grão (NTG), na parte aérea (NTPA) e na folha (NTF), P no grão (PG) e na parte aérea (PPA), K na parte aérea (KPA), S no grão (SG) e na parte aérea (SPA), Ca no grão (CaG) e na parte aérea (CaPA), Mg no grão (MgG) e na parte aérea (MgPA), B no grão (BG), Fe no grão (FeG) e na parte aérea (FePA), Mn no grão (MnG) e na parte aérea (MnPA), Cu no grão (CuG) e na parte aérea (CuPA), Zn no grão (ZnG) e na parte aérea (ZnPA) e Mo no grão (MoG), em função da inoculação das sementes, no experimento em vasos. Viçosa, MG, 1999

Nutrientes	<i>A. brasilense</i>		Nutrientes	<i>A. brasilense</i>		Nutrientes	<i>A. brasilense</i>	
	Presente	Ausente		Presente	Ausente		Presente	Ausente
DR (mm)	0,318 b	0,353 a	PG	0,4111 a	0,4050 b	FeG	104 a	92,3 a
CR (m)	39,559 a	31,516 b	PPA	0,2744 a	0,2424 b	FePA	378 a	360 a
AR (cm ²)	65,98 a	57,39 a	KPA	0,8629 a	0,7875 b	MnG	67,2 a	63,4 a
NOG	1,6426 a	1,5580 b	SG	0,0921 a	0,0885 b	MnPA	108 a	96,6 b
NOPA	0,8099 a	0,6893 b	SPA	0,0990 a	0,0930 a	CuG	4,6422 a	4,0438 b
NOF	2,882 A	2,671 b	CaG	0,0419 a	0,0381 a	CuPA	2,7672 a	2,3000 b
NITF	0,0133 a	0,0099 b	CaPA	0,1237 a	0,1096 b	ZnG	40,2 a	37,9 a
NTG	1,6455 a	1,5605 b	MgG	0,0929 a	0,0861 b	ZnPA	30,8 a	29,5 a

NTPA	0,8146 a	0,6907 b	MgPA	0,0697 a	0,0608 b	MoG	0,7850 a	0,6039 a
NTF	2,9029 a	2,6809 b	BG	11,404 a	4,7063 b			

Médias, na horizontal, dentro de *A. brasilense*, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Macronutrientes em dag.kg⁻¹ e micronutrientes em mg.kg⁻¹.

MIELE et al. (1997) obtiveram aumento no teor de N no grão de trigo com a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. Esse aumento, entretanto, variou com o ano e a dose de N aplicada, indicando que o N₂ fixado não atende à demanda total de N da planta e do grão. POZZO et al. (1993), em experimento conduzido na província de Buenos Aires, Argentina, observaram que plantas de trigo inoculadas com estirpes nativas produziram maior teor de proteína no grão do que plantas inoculadas com estirpes brasileiras ou plantas não-inoculadas, sustentando a hipótese de que as estirpes locais são mais eficientes. OMPAL et al. (1997) observaram que as plantas oriundas de sementes inoculadas com *Azospirillum brasilense* apresentavam maiores teores de N na parte aérea e no grão, em comparação com as plantas não-inoculadas. Segundo esses autores, as plantas em que sementes foram inoculadas apresentaram elevada área foliar, conteúdo de clorofila, atividade da nitrato redutase, biomassa total e produção de grãos, em comparação com as plantas não-inoculadas. LIU et al. (1993), trabalhando em condições naturais, observaram que plantas de trigo inoculadas com bactérias diazotróficas associativas fixadoras de N aumentaram os teores de N e P e a produtividade. Os resultados indicam que a principal razão para esses aumentos foram a combinação da estirpe com o sistema radicular do trigo e a presença de células bacterianas nos espaços das células dos pêlos radiculares e células epidérmicas dentro dos tecidos de transporte. Esses autores concluíram que a razão para altas produtividades com trigo inoculado com bactérias diazotróficas associativas fixadoras de N é uma combinação da fixação de N, do aumento da nutrição com P e da produção de substâncias reguladoras de crescimento. ANITA et al. (1998), em experimento conduzido no campo, observaram que a inoculação em sementes aumentou significativamente os teores de N e P na planta. De acordo

com esses autores, os efeitos observados com a inoculação das sementes podem, em parte, ser creditados ao estímulo às bactérias promotoras de crescimento já existentes no solo. EL-SHANSHOURY (1995) observou que a inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* em solo esterilizado promoveu significativo estímulo na sua população na rizosfera, em comparação com valores iniciais. A inoculação estimulou o crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como aumentou significativamente as concentrações de N, P, Mg e açúcares solúveis totais na parte aérea.

CABALLERO et al. (1992) observaram que a inoculação de sementes de trigo com várias estirpes de *Azospirillum brasilense* aumentou a produção de grãos de 23 a 63%. Foi observado, também, significativo aumento nos teores de N, P e K nos grãos. Segundo esses autores, assim como as estirpes, outros processos, como maiores crescimento e desenvolvimento radiculares, podem influenciar o aumento de produtividade e os teores de nutrientes na planta.

BASHAN et al. (1990) estudaram a capacidade do *Azospirillum brasilense* em aumentar a absorção de P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, S, Na⁺, Mn²⁺, Fe²⁺, B, Cu²⁺ e Zn²⁺ em plantas de trigo e soja inoculadas, utilizando cinco estirpes de quatro regiões geográficas distintas. Eles concluíram que todas as estirpes aumentaram o peso de matéria seca e a área superficial das raízes. O grau de resposta da planta à inoculação variou com as estirpes. O aumento da absorção mineral pelas plantas mudou com a combinação estirpe/cultivar ou espécie.

De acordo com a literatura citada, com os resultados obtidos neste experimento e a função de cada elemento na planta e sua atuação nos microrganismos, observou-se que a inoculação com *Azospirillum brasilense* atuou, de forma positiva, nos teores da maioria de macro e micronutrientes na planta. A atuação sobre o sistema radicular pode permitir que tais nutrientes possam ser absorvidos em teores adequados para o crescimento e desenvolvimento da planta.

O CR e a AR e os teores de NOG, NOPA, NOF, NITG, NITF, NTG, NTPA, NTF, PG, KPA, SPA, CaG, CaPA, MgG, MgPA, BG, FeG, FePA, MnG, CuG, ZnG,

ZnPA e MoG apresentaram maiores valores ($P < 0,05$) no cultivar EMBRAPA-22. No entanto, o DR mostrou menor valor ($P < 0,05$) nesse cultivar (Quadro 22).

MICANOVIC et al. (1997) quantificaram a presença de diazotróficos (*Azotobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Derxia* e *Azospirillum*) no solo, na rizosfera, nas zonas próximas à rizosfera e nas raízes de 10 cultivares de trigo. Eles concluíram que a presença de grande número de diazotróficos próximos às raízes foi importante para a fixação de N. O número de diazotróficos variou conforme a zona rizosférica e o genótipo.

HORST et al. (1996) compararam a aquisição e utilização de P pelo cultivar tradicional (Peragis) e pelo cultivar moderno (Cosir). Foram conduzidos experimentos em solo e solução nutritiva. O crescimento da parte aérea, o crescimento radicular, a absorção de P e a translocação e distribuição de P dentro da planta em diferentes estádios de desenvolvimento foram comparados. A produção de grãos no cultivar moderno foi maior em condições de baixo e alto teor de P no solo e, ou, solução nutritiva. Portanto, esse cultivar pode ser considerado mais eficiente. Os referidos autores concluíram que os principais

Quadro 22 – Diâmetro radicular (DR), comprimento radicular (CR), área radicular (AR) e teores médios de N-orgânico no grão (NOG), na parte aérea (NOPA) e na folha (NOF), nitrato no grão (NITG) e na folha (NITF), N-total no grão (NTG), na parte aérea (NTPA) e na folha (NTF), P no grão (PG), K na parte aérea (KPA), S na parte aérea (SPA), Ca no grão (CaG) e na parte aérea (CaPA), Mg no grão (MgG) e na parte aérea (MgPA), B no grão (BG), Fe no grão (FeG) e na parte aérea (FePA), Mn no grão (MnG), Cu no grão (CuG), Zn no grão (ZnG) e na parte aérea (ZnPA) e Mo no grão (MoG), em função do cultivar, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

Nutrientes	Cultivar		Nutrientes	Cultivar		Nutrientes	Cultivar	
	EMB-22	BR-26		EMB-22	BR-26		EMB-22	BR-26
DR (mm)	0,327 b	0,345 a	NTPA	0,7926 a	0,7126 b	BG	9,9713 a	6,1387 b
CR (m)	39,647 a	31,428 b	NTF	2,8611 a	2,7226 b	FeG	115 a	81,2 b
AR (cm ²)	71,533 a	51,831 b	PG	0,4172 a	0,3990 b	FePA	410 a	327 b
NOG	1,6387 a	1,5621 b	KPA	0,8545 a	0,7959 b	MnG	67,2 a	63,5 b
NOPA	0,7887 a	0,7104 b	SPA	0,1010 a	0,0909 b	CuG	4,5500 a	4,1400 b
NOF	2,8481 a	2,7124 b	CaG	0,0431 a	0,0369 b	ZnG	41,0 a	37,1 b
NITG	0,0038 a	0,0016 b	CaPA	0,1229 a	0,1104 b	ZnPA	31,9 a	28,3 b
NITF	0,0130 a	0,0108 a	MgG	0,0923 a	0,0868 b	MoG	0,7559 a	0,6330 a

NTG	1,6424 a	1,5636 b	MgPA	0,0656 a	0,0609 b
-----	----------	----------	------	----------	----------

Médias, na horizontal, dentro de cultivar e seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.
Macronutrientes em dag.kg⁻¹ e micronutrientes em mg.kg⁻¹.

fatores que contribuíram para a alta eficiência do cultivar moderno foram: uso eficiente de fotoassimilados para o crescimento radicular, característica essa que aumenta a aquisição de P; aumento nas ramificações radiculares, diminuindo o diâmetro radicular e aumentando os pêlos radiculares; eficiente sistema de absorção de P; e eficiente remobilização de P dos órgãos vegetativos da planta para os grãos. Segundo EL-BASSAM et al. (1997), a eficiência nutricional no trigo é muito complexa. Segundo estes autores, os novos cultivares são mais produtivos e eficientes na utilização de nutrientes. Esses mesmos autores conduziram experimentos para testar a eficiência de 21 cultivares na utilização de N, P e K. Os resultados obtidos indicam que o teor de um único nutriente varia largamente dentro de poucos cultivares, tanto na parte aérea da planta quanto nos grãos. Alguns cultivares foram identificados como de uso eficiente de múltiplos nutrientes.

BELLALLOUI e BROWN (1998) conduziram experimento em ambiente em condições controladas para comparar a absorção e partição de B em diferentes cultivares de trigo. Esses autores concluíram que as diferenças entre cultivares nos teores de B na planta foram conseqüências da absorção reduzida das variedades consideradas sensíveis a baixos níveis de boro no solo. DONG et al. (1995) observaram que cultivares diferentes absorveram e acumularam teores diferentes de Cu e Zn nas raízes e na parte aérea. Eles concluíram que o herbicida chlorsulfuron pode atuar na absorção desses elementos de forma diferenciada. Em cultivares considerados tolerantes ao herbicida chlorsulfuron, o sistema radicular foi menos afetado onde foram observadas raízes finas com maior comprimento e menor diâmetro médio. Tais características estão diretamente relacionadas com a absorção de micronutrientes, principalmente em solos com baixa disponibilidade.

ZHMURKO (1992) observou que os teores de micronutrientes, principalmente Mn, Zn e Mo na planta e nos grãos de trigo, são influenciados pelo

estado nutricional da planta. Para ele, cultivares respondem de maneira diferenciada às doses de N, P e K aplicadas, interferindo na composição mineral da planta. Segundo GRAHAM et al. (1993), há significativa variação genética e cultivares com o sistema radicular mais adaptado a mobilizar Zn do solo, onde esse elemento ocorre com baixa disponibilidade para a planta. Cultivares mais eficientes em absorver mais Zn em solos deficientes produzem mais matéria seca e grãos, mas não necessariamente possuem maiores teores de Zn nos seus tecidos ou grãos. Embora altas concentrações de Zn no grão pareçam ser controladas geneticamente, elas não têm ligação com a eficiência agronômica de resposta da planta ao Zn, e essas características podem ser selecionadas independentemente. Altos teores de Zn nos grãos são características desejáveis, pois não só contribuem para o vigor da planta na próxima geração, como também melhoram o valor nutricional do grão.

SUBEDI et al. (1997), comparando 41 cultivares diferentes de trigo quanto ao teor de B nos grãos e à relação com a esterilidade das sementes, concluíram que existe grande variabilidade entre cultivares quanto ao teor de B nos grãos em parcelas onde era baixa a disponibilidade de B. Grande parte dos genótipos (5,5 a 97%) apresentaram diferenças quanto à esterilidade nas sementes, indicando que existem genótipos suscetíveis e tolerantes à deficiência de boro no solo.

Houve interação significativa entre os fatores peletização e cultivar quanto aos teores de P na parte aérea (PPA), enxofre no grão (SG) e cobre na parte aérea (CuPA) (Quadro 23). O teor de PPA foi maior no cultivar EMBRAPA-22 quando as sementes não foram peletizadas. HORST et al. (1996) observaram diferenças nos teores de P entre cultivares. O teor de SG reduziu-se com a ausência da peletização no cultivar BR-26. Nas sementes não-peletizadas, o teor de SG foi maior no cultivar EMBRAPA-22, no qual o teor de CuPA reduziu-se com a peletização, enquanto no cultivar BR-26 ele aumentou. Os resultados indicam que os cultivares analisados respondem, de maneira diferenciada, à peletização.

Quadro 23 – Teores médios de fósforo na parte aérea (PPA), enxofre no grão (SG) e cobre na parte aérea (CuPA) do trigo, em função do cultivar e da

peletização das sementes com CaCO_3 , no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	PPA (dag.kg^{-1})		SG (dag.kg^{-1})		CuPA (mg.kg^{-1})	
	Peletizadas	Não-Peletizadas	Peletizadas	Não-Peletizadas	Peletizadas	Não-Peletizadas
EMBRAPA-22	0,2599 aA	0,2762 aA	0,0901 aA	0,0930 aA	2,4937 bA	2,9469 aA
BR-26	0,2583 aA	0,2393 aB	0,0906 aA	0,0876 bB	2,5594 aA	2,1344 bB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada nutriente, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quanto ao teor de NO_3^- no grão (NITG), ocorreu interação entre Mo e inoculação com *Azospirillum brasilense* (Quadro 24). Na dose de 90 g.ha^{-1} de Mo, o teor de NITG reduziu-se quando as sementes não foram inoculadas. Na presença da inoculação, o teor de NITG decresceu na ausência de Mo em cobertura.

Quadro 24 – Teor médio de nitrato no grão (NITG) do trigo, em função da aplicação de Mo e da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	NITG (dag.kg^{-1})	
	90 g.ha^{-1} Mo	0 g.ha^{-1} Mo
+ <i>A. brasilense</i>	0,0039 aA	0,0017 bA
- <i>A. brasilense</i>	0,0018 aB	0,0033 aA

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Houve interação entre os fatores cultivar e Mo quanto ao teor de Mn na parte aérea (MnPA) (Quadro 25). O teor de MnPA foi maior no cultivar BR-26 quando não se aplicou a dose de 90 g.ha^{-1} de Mo, em relação ao cultivar EMBRAPA-22. Entretanto, nos dois cultivares, o teor de MnPA foi maior com o aumento da dose de Mo. A variabilidade genética na composição mineral da planta é amplamente citada na literatura. A aplicação de Mo propiciou melhor

desenvolvimento radicular e da planta e, conseqüentemente, maiores absorção e translocação do nutriente para o grão.

Quanto ao teor de nitrato na parte aérea (NITPA), houve interação tripla entre os fatores peletização, Mo e cultivar (Quadros 26 e 27). Nas sementes peletizadas e no cultivar BR-26, o teor de NITPA reduziu-se com a diminuição da dose de Mo. Nas sementes peletizadas e na dose de 0 g.ha⁻¹ de Mo, o teor de NITPA foi maior no cultivar EMBRAPA-22. Nas sementes não-peletizadas e no cultivar EMBRAPA-22, o teor de NITPA decresceu com a redução da dose de Mo. Nas sementes não-peletizadas e na dose de 90 g.ha⁻¹ de Mo, o teor de NITPA foi maior no cultivar EMBRAPA-22 (Quadro 26).

Quadro 25 – Teor médio de manganês na parte aérea (MnPA) do trigo, em função do cultivar e da aplicação de Mo, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	MnPA (mg.kg ⁻¹)	
	EMBRAPA-22	BR-26
90 g.ha ⁻¹ Mo	119,2 aA	105,4 bA
0 g.ha ⁻¹ Mo	93,63 aB	90,66 aB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 26 – Teores médios de nitrato na parte aérea (NITPA) para peletização das sementes com CaCO₃, em função da aplicação de Mo e do cultivar de trigo, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	NITPA (dag.kg ⁻¹)			
	Peletizadas		Não-Peletizadas	
	90 g.ha ⁻¹ Mo	0 g.ha ⁻¹ Mo	90 g.ha ⁻¹ Mo	0 g.ha ⁻¹ Mo
EMBRAPA-22	0,0036 aA	0,0045 aA	0,0052aA	0,0021bA
BR-26	0,0042 aA	0,0010 bB	0,0027 aB	0,0010 aA

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada tipo de peletização, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 27 – Teores médios de nitrato na parte aérea (NITPA) para os fatores Mo e cultivar de trigo, em função da peletização das sementes com CaCO_3 , no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	NITPA (dag.kg^{-1})			
	90 g.ha^{-1} Mo		0 g.ha^{-1} Mo	
	EMBRAPA-22	BR-26	EMBRAPA-22	BR-26
Peletizadas	0,0036 A	0,0042 A	0,0045 A	0,0010 A
Não-peletizadas	0,0052 A	0,0027 A	0,0021 B	0,0010 A

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na ausência do Mo em cobertura, o teor de NITPA foi maior quando as sementes do cultivar EMBRAPA-22 (Quadro 27) foram peletizadas ($P < 0,05$).

Quanto ao teor de NITPA, houve também interação tripla entre os fatores Mo, inoculação e cultivar (Quadros 28 e 29). Na dose de 90 g.ha^{-1} de Mo e nos dois cultivares, o teor de NITPA reduziu-se na ausência da inoculação. Na dose de 0 g.ha^{-1} de Mo, somente no cultivar EMBRAPA-22 o teor de NITPA decresceu com a ausência de inoculação. Na dose 0 g.ha^{-1} de Mo e na presença da inoculação, o teor de NITPA foi superior no cultivar EMBRAPA-22 (Quadro 28). Pelos resultados obtidos, pôde-se constatar que os teores de NITPA não refletiram a atividade da nitrato redutase, pois a expectativa era de que esses teores fossem menores onde houvesse inoculação e aplicação de Mo. Os valores observados podem ser o reflexo da maior atividade radicular e demanda pelas plantas mais desenvolvidas com a inoculação e aplicação de Mo. O teor de NITPA foi menor na dose de 0 g.ha^{-1} de Mo, no cultivar BR-26, quando as sementes foram inoculadas (Quadro 29).

Quadro 28 – Teores médios de nitrato na parte aérea (NITPA) para aplicação de Mo, em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e do cultivar de trigo, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	NITPA (dag.kg^{-1})	
--	--------------------------------	--

	90 g.ha ⁻¹ Mo		0 g.ha ⁻¹ Mo	
	+ <i>A. brasilense</i>	- <i>A. brasilense</i>	+ <i>A. brasilense</i>	- <i>A. brasilense</i>
EMBRAPA-22	0,0061 aA	0,0028 bA	0,0056 aA	0,0010 bA
BR-26	0,0059 aA	0,0010 bA	0,0010 aB	0,0010 aA

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada dose de Mo, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 29 – Teores médios de nitrato na parte aérea (NITPA) do trigo para os fatores inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e cultivar, em função da aplicação de Mo, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	NITPA (dag.kg ⁻¹)			
	+ <i>Azospirillum brasilense</i>		- <i>Azospirillum brasilense</i>	
	EMBRAPA-22	BR-26	EMBRAPA-22	BR-26
90 g.ha ⁻¹ Mo	0,0061 A	0,0059 A	0,0028 A	0,0010 A
0 g.ha ⁻¹ Mo	0,0056 A	0,0010 B	0,0010 A	0,0010 A

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ocorreu interação entre os fatores Mo, inoculação e cultivar quanto ao teor de potássio no grão (KG) (Quadros 30 e 31). Nas duas doses de Mo, o teor de KG foi superior ($P < 0,05$) no cultivar EMBRAPA-22 com a inoculação (Quadro 30). De acordo com MARSCHNER (1995), o K está envolvido na ativação de enzimas, síntese de proteínas, fotossíntese, extensão celular e movimento estomatal, dentre outras funções. Segundo PFLÜGER e WIEDMANN (1977), o K não somente ativa a nitrato redutase, como também é requerido para a sua síntese. A variabilidade genética e a atuação da bactéria no sistema radicular, possibilitando maior absorção de nutrientes, crescimento e desenvolvimento da planta, e as

funções do K na planta permitiram que este elemento fosse acumulado nesta e retranslocado para os grãos.

Nos dois cultivares, houve aumento no teor de KG na dose de 90 g.ha⁻¹ de Mo (Quadro 31). Como o K não somente ativa a nitrato redutase, mas também é requerido para sua síntese, e o Mo tem função estrutural e catalítica na enzima, os resultados indicam que a aplicação de Mo refletiu diretamente no teor de KG.

A peletização das sementes aumentou ($P < 0,05$) o teor de potássio no grão (KG) (Quadro 32). Confirmando esses resultados, MASON et al. (1994) observaram que a calagem elevou o teor de K na planta, após 10 anos de experimentos em dois locais no oeste australiano.

Quadro 30 – Teores médios de potássio no grão (KG) para aplicação de Mo, em função da inoculação das sementes e do cultivar, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	KG (dag.kg ⁻¹)			
	90 g.ha ⁻¹ Mo		0 g.ha ⁻¹ Mo	
	+ <i>A. brasilense</i>	- <i>A. brasilense</i>	+ <i>A. brasilense</i>	- <i>A. brasilense</i>
EMBRAPA-22	0,5469 aA	0,5181 bA	0,5053 aA	0,4876 bA
BR-26	0,5245 aB	0,5069 bB	0,4956 aB	0,4764 bB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 31 – Teores médios de potássio no grão de trigo (KG) para os fatores inoculação das sementes e cultivar de trigo, em função da aplicação de Mo, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	KG (dag.kg ⁻¹)			
	+ <i>A. brasilense</i>		- <i>A. brasilense</i>	
	EMBRAPA-22	BR-26	EMBRAPA-22	BR-26
90 g.ha ⁻¹ Mo	0,5469 A	0,5245 A	0,5181 A	0,5069 A
0 g.ha ⁻¹ Mo	0,5053 B	0,4956 B	0,4876 B	0,4764 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quadro 32 – Teores médios de potássio no grão (KG) de trigo, em função da peletização das sementes com CaCO_3 , no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	KG (dag.kg ⁻¹)
Peletizadas	0,5097 A
Não-peletizadas	0,5057 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

4. CONCLUSÕES

- A aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo, a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e o cultivar EMBRAPA-22 apresentaram valores maiores de matéria seca de raízes, comprimento radicular e área radicular e menores de diâmetro radicular.
- Com a aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo e inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* no cultivar EMBRAPA-22, as plantas apresentaram maiores teores de N na folha e macro e micronutrientes na parte aérea e nos grãos.
- A peletização das sementes com CaCO_3 não afetou, de modo significativo, a matéria seca de raízes finas, comprimento radicular, área radicular, diâmetro radicular, teores de N na folha e macro e micronutrientes na parte aérea e nos grãos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, A. J. Physiological effects of micronutrients deficiencies in isolated root of *Lycopersicon esculentum*. **New Phytology**, v.99, n.1, p.245-255, 1967.
- AMARA, M. A. T.; DAHDOH, M. S. A. Effect of inoculation with plant-growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and uptake of nutrients by wheat grown and sandy soils. **Egyptian Journal and Soil Science**, v.37, n.4, p.467-484, 1997.
- ANITA, P.; EKLABYA, S.; PALNI, L. M. S. Influence of bacterial inoculation on maize in upland farming systems of the Sikkim Himalaya. **Soil Biology and Biochemistry**, v.30, n.3, p.379-384, 1998.
- ASTRON, B.; GERHARDSON, B. Differential reactions of wheat and pea genotypes to root inoculation with growth-affecting rhizosphere bacteria. **Plant and Soil**, v.109, n.2, p.263-269, 1988.
- AYALA, M. B.; SANDMANN, G. Activities of Cu-containing proteins in Cu-depleted pea leaves. **Physiology Plant**, v.72, n.4, p.801-806, 1989.
- BALDANI, V. D. L.; BALDANI, J. I.; DÖBEREINER, J. Inoculation of field-grown wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum spp.* in Brazil. **Biology and Fertility Soils**, v.4, n.1-2, p.37-40, 1987.
- BARBIERI, P.; ZANELLI, T.; GALLI, E.; ZANETTI, G. Wheat inoculations with *Azospirillum brasilense* Sp6 and some mutants altered in nitrogen fixation and indole-3-acetic acid production. **FEMS Microbiology Lett**, v.36, n.1, p.87-90, 1986.

BASHAN, Y. Short exposure to *Azospirillum brasilense* Cd inoculation enhance proton efflux of intact wheat roots. **Canadian Journal of Microbiology**, v.36, n.1, p.419-425, 1990.

BASHAN, Y.; HARRISON, S. K.; WHITMOYER, R. E. Enhance growth of wheat and soybean plants inoculated with *Azospirillum brasilense* is not necessarily due to general enhancement of mineral uptake. **Applied Environment Microbiology**, v.56, n.3, p.769-775, 1990.

BASHAN, Y.; LEVANONY, H. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. **Canadian Journal of Microbiology**, v.36, n.1, p.591-608, 1990.

BASHAN, Y.; PUENTE, M. E.; RODRIGUEZ, M. M. N. Survival of *Azospirillum brasilense* in the bulk soil and rhizosphere of 23 soil type. **Applied Environment Microbiology**, n.5, p.1938-1945, 1995.

BELLALLOUI, N.; BROWN, P. H. Cultivars differences in boron uptake and distribution in celery (*Apium graveolens*), tomato (*Lycopersicum esculentum*) and wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant and Soil**, v.2, n.1, p.153-158, 1998.

BHATTARAI, T.; HESS, D. Yield responses of nepalese spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to inoculation with *Azospirillum* spp. of nepalese origin. **Plant and Soil**, v.151, n.1, p.67-76, 1993.

BLANCHARD, R. W.; REHM, G.; CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. **Proceedings of the Soil Science Society of America**, v.29, p.71-72, 1975.

BODDEY, R. M.; DÖBEREINER, J. Associations of *Azospirillum* and other diazotrophs with tropical Graminae. In: INTERNATIONAL CONGRESS AND SOIL SCIENCE SYMPOSIA PAPERS, 12, 1982, New Delhi. International Society of Soil Science, Food and Agriculture Organization. Rome: FAO, 1982. v.1, p.28-47.

BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. Determinação espectrofotométrica do fósforo em extratos de solo e plantas. **Revista Ceres**, v.21, p.73-86, 1974.

BUTORINA, E. P.; YAGODIN, B. A.; FEFANOV, S. N. Effect of a late foliar application of urea and molybdenum on winter wheat grain yield and quality. **Agrokhimiya**, v.1, n.4, p.17-20, 1991.

CABALLERO, M. J.; CARCANO, M. M. G.; MASCARUA, E. M. A. Field inoculation of wheat (*Triticum aestivum* L.) with *Azospirillum brasilense* under temperate climate. **Symbiosis Rehovot**, v.13, n.1-3, p.243-253, 1992.

CAIRNS, A. L. P.; KRITZINGER, J. H. The effect of molybdenum on seed dormancy in wheat. **Plant and Soil**, v.145, n.2, p.295-297, 1992.

CAIRNS, A. L. P.; KRITZINGER, J. H.; COME, D. The effect of molybdenum on seed dormancy in wheat. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON SEEDS: BASIC AND APPLIED ASPECTS OF SEED BIOLOGY, 4, 1992, Angers-France. **Proceedings...** Angers-France, [s.n.], 1993. v.2, p.665-669.

CATALDO, D. A.; HAROON, M.; SCHARDER, M.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitrification of salicylic acid. **Comm. Soil Science and Plant Analls**, v.6, n.1, p.71-81, 1975.

CHRISTIANSEN, W. C.; VEEN, F. A. NH_4^+ excreting *Azospirillum brasilense* mutants enhance the nitrogen supply of a wheat host. **Applied Environment Microbiology**, v.57, n.10, p.3006-3012, 1991.

DALLPAI, D. L. **Determinação espectrofotométrica de molibdênio em solo e tecido vegetal e adsorção de molibdato em alguns solos de Minas Gerais**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 56f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DILOVA, M.; SALCHEVA, G.; GEORGIEVA, D. Distribution of photosynthetic assimilates in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on a acid soil at suboptimal temperature with excess moisture. **Fisiologiya na Rasteniata**, v.18, n.3, p.36-44, 1992.

DÖBEREINER J.; BALDANI, V. L. D.; BALDANI, J.I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas**. Brasília: EMBRAPA/SPI; Itaguaí-RJ: EMBRAPA-CNPAB, 1995. 60p.

DONG, B.; RENGEL, Z.; GRAHAM, R. D. Effect of herbicide chlorsulfuron on growth and nutrient uptake parameters on wheat genotypes differing in Zn-efficiency. **Plant and Soil**, v.173, n.2, p.275-282, 1995.

DRESSEL, J.; WEIGELT, W.; BRAUN, C. Effect of different sulfur and nitrogen nutrition on growth and yield of spring wheat. Kongressband 1997, Leipzig. Vortrage zum generalthema des 109. **VDLUFA kongresses vom 15. 1997**. p.739-742.

EL-BASSAM, N.; BRAUN, H. J. A concept selection for 'low input'wheat varieties. Wheat: prospects for global improvement. **Development in Plant Breeding**, v.6, n.15, p.153-158, 1997.

ELLIOTT, D. E.; REUTER, D. J.; REDDY, D. G. Phosphorus nutrition of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). 1. Effects of phosphorus supply on plant symptoms,

yield, components of yield, and plant phosphorus uptake. **Australian Journal and Agricultural Research**, v.48, n.6, p.855-867, 1997a.

ELLIOTT, D. E.; REUTER, D. J.; REDDY, D. G. Phosphorus nutrition of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). 3. Effects of plant nitrogen status and genotype on the calibration of plant tests diagnosing phosphorus deficiency. **Australian Journal and Agricultural Research**, v.48, n.6, p.883-897, 1997b.

EL-SHANSHOURY, A. R. Interactions of *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense* and *Streptomyces mutabilis*, in relation to their effect on wheat development. **Journal Agronomy and Crop Science**, v.175, n.2, p.119-127, 1995.

FEIL, B. Growth and ammonium:nitrate uptake ratio of spring wheat cultivars under a homogeneous and a spatially separated supply of ammonium. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, n.5, p.717-728, 1994.

FUGE, R. An automated method for the determination of molybdenum in geological and biological samples. **Analytical**, v.95, p.171176, 1970.

GRAHAM, R. D. Transport of copper and manganese to the xylem exudate of sunflower. **Plant and Cell Environment**, v.2, n.1, p.139-143, 1979.

GRAHAM, R. D.; ASCHER, J. S.; HYNES, S. C. Selecting zinc-efficient cereal genotypes for soils of low zinc status. **Plant and Soil Science**, v.50, n.1, p.349-358, 1993.

HADAS, R.; OKON, Y. Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on root morphology and respiration in tomato seedlings. **Biology and Fertility Soils**, v.5, n.1, p.241-247, 1987.

HODGSON, J. F.; LINDS, W. L.; TRIERWEILER, J. T. Micronutrient cation complexing in soil solution. II. Complexing of zinc and copper in displaced solution from calcareous soils. **Soil Science American Procedure**, v.30, n.3, p.723-726, 1966.

HORST, W. J.; ABDOU, M.; WIESLER, F. Difference between wheat cultivars in acquisition and utilization of phosphorus. Institute of Plant Nutrition, University of Hannover. **Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde**, v.159, n.2, p.155-161, 1996.

JACKSON, M. L. Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: — **Soil Chemical Analysis**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1958. p.183-204.

JURKOWSKA, H.; WISNIEWSKA, K. B.; ROGOZ, A. The effect of nitrogen fertilizer on the levels of mineral components in various plant species. II.

Microelements. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. **Kollataja Krakowie Rolnictwo**, v.1, n.29, p.51-64, 1990.

KAPULNIK, Y.; OKON, Y. Benefits of *Azospirillum* inoculation on wheat: effect on root development, mineral uptake, nitrogen fixation, and crop yield. **Experientiae**, v.48, n.1, p.163-170, 1983.

KAPULNIK, Y.; OKON, Y.; HENIS, Y. Yield response of spring wheat cultivars (*Triticum aestivum* and *T. turgidum*) to inoculation with *Azospirillum brasilense* under field conditions. **Biology Fertility Soils**, v.4, n.1, p.27-35, 1987.

KÜCKE, M.; SCHMID, H.; SPIESS, A. comparison of four methods for measuring roots of field crops in three contrasting soil. **Plant and Soil**, v.172, n.1, p.63-71, 1995.

KUMAL, R.; SINGH, K. P.; SARKAR, A. K. Cumulative effects of cropping and fertilizer use on the status of micronutrients in soil and crop. **Fertilizer News**, v.38, n.11, p.13-17, 1993.

LETHBRIDGE, G.; DAVIDSON, M. S. Root-associated nitrogen-fixing bacteria and their in the nitrogen nutrition of wheat estimated by ^{15}N isotope dilution. **Soil Biology and Biochemistry**, v.15, p.365-374, 1983.

LEVANONY, H.; BASHAN, Y. Enhancement of cell division in wheat root tips and growth of root elongation zone induced by *Azospirillum brasilense* Cd. **Canadian Journal of Botany**, v.67, n.1, p.2213-2216, 1989.

LIN, W.; OKON, Y.; HARD, R. W. F. Enhanced mineral uptake by *Zea mays* and *Sorghum bicolor* roots inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Applied Environment Microbiology**, v.45, n.1, p.1775-1779, 1983.

LIU, R. C.; LI, T. F.; RAO, Z. R. Analysis on high yield reason of wheat inoculated with associative nitrogen-fixing bacteria. **Acta Agriculturae Boreali Sinica**, v.8, n.2, p.73-77, 1993.

MANDAL, A. B. Effect of boron and irrigation on different varieties of bread wheat. J. **Maharashtra Agricult. Univ.**, v.16, n.3, p.443, 1991.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MASON, M. G.; PORTER, W. M.; COX, W. J. Effect of on acidifying nitrogen fertilizer and lime na soil pH and wheat yields. 2. Plant response. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.34, n.2, p.247-253, 1994.

MERTENS, T.; HESS, D. Yield increases in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) inoculated with *Azospirillum lipoferum* under greenhouse and field conditions of a temperate region. **Plant and Soil**, v.82, n.1, p.87-99, 1984.

MICANOVIC, D.; ZECEVIC, V.; MARINKOVIC, I. Selection of wheat for ability to fix nitrogen in the presence of diazotrophs. **Selekcija Semearstvo**, v.4, n.1-2, p.103-109, 1997.

MIELE, S.; GAETANI, M.; GROSSI, N. Effect of wheat and corn inoculation with *Azospirillum brasilense* on crop yield and quality. **Agricoltura Mediterranea**, v.124, n.4, p.313-318, 1997.

MILLET, E.; AVIVI, Y.; FELDMAN, M. Effect of rhizospheric bacteria on wheat yield under field conditions. **Plant and Soil**, n.86, v.1, p.347-355, 1985.

MISHRA, R. K.; SEM, S. P. Associative symbiosis and nitrogen nutrition of wheat. **Orissa Journal of Agricultural Research**, v. 6, n.3-4, p.150-157, 1993.

MODI, A. T.; CAIRNS, A. L. P. Can Molybdenum reduce pre-harvest sprouting in wheat? **South African Journal of Plant Soil**, v.12, n.3, p.108-111, 1995.

MODI, A. T.; CAIRNS, A. L. P. Molybdenum deficiency in wheat results in lower dormency levels via reduced ABA. **Seed Science Research**, v.4, n.3, p.329-333, 1994.

MONAGHAN, J. M.; EVANS, E. J.; SHEWRY, P. R. The effect of amount and timing of S on grain yield and quality of winter wheat. Optimising cereal inputs: its scientific basis. Part 1: genetics and nutrition. **Aspects of Applied Biology**, v.1, n.50, p.231-236, 1997.

MORGENSTERN, E.; OKON, Y. Promotion of plant growth and NO_3^- and Rb^+ uptake in *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* inoculated with *Azospirillum brasilense* Cd. **Arid Soil Research**, v.1, n.1, p.211-217, 1987.

MORTENSEN, J.; ERIKSEN, J.; NIELSEN, J. D. Sulfur deficiency and amino acid composition in seeds and grass. **Phyton Horn**, v.32, n.3, p.85-90, 1993.

MURTY, M. G.; LADHA, J. K. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. **Plant and Soil**, v.108, n.1, p.281-285, 1988.

OMAR, M. N. A.; HEGAZY, M. H.; EL-AZIZ, R. A. A. Effect of inoculation with *Rhizobacteria* on yield of wheat under graded level of nitrogen fertilization. **Annals of Agricultural Science Cairo**, v.36, n.1, p.99-104, 1991.

OMAR, M. N. A.; MAHROUS, N. M.; HAMOUDA, A. M. Evaluating the efficiency of inoculating some diazotrophs on yield and protein content of 3 wheat cultivars

under graded levels of nitrogen fertilization. **Annals of Agricultural Science Cairo**, v.42, n.2, p.579-590, 1996.

OMPAL, S.; PANWAR, J. D. S.; SINGH, O. Effect of nitrogen fixing and phosphorus solubilising bacteria on nutrient uptake and yield of wheat. **Indian Journal of Plant Physiology**, v.2, n.3, p.211-213, 1997.

PESSOA, A. C. S. **Atividade de nitrogenase e nitrato redutase e produtividade do feijoeiro em resposta à adubação com molibdênio e fósforo**. Viçosa, MG: UFV, 1998. 151f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PFLÜGER, R.; WIEDMANN, R. Der einfluss monovalent kationen auf die nitratreduktion von *Spinacea oleracea* L. **Pflanzenphysiology**, v.85, n.1, p.125-133, 1977.

POZZO, M. G.; GIORGETTI, H.; MARTINEZ, R. Wheat inoculation with native strains of *Azospirillum brasilense*. Field experiments carried out in patogenes district. **Investigation Agraria**, v.8, n.1, p.49-54, 1993.

PURAKAYASTHA, T. J.; NAD, B. K. Effect of sulfur, magnesium and molybdenum on mustard (*Brassica juncea* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.): nitrate nitrogen accumulation and protein yield. **Indian Journal of Plant Physiology**, v.2, n.2, p.110-113, 1997.

PURAKAYASTHA, T. J.; NAD, B. K. Effect of sulphur, magnesium and molybdenum on the utilization by mustard and wheat. **Journal of Nuclear Agriculture and Biology**, v.25, n.3, p.159-163, 1996.

RABIE, K. A. E.; NARS, S. A.; AMARA, M. A. The effect of a symbiotic nitrogen fixers on the growth and endogenous growth substances of wheat plants. **Annals Agriculture Science Cairo**, v.40, n.1, p.11-32, 1995.

REYNDERS, L.; VLASSAK, K. Use of *Azospirillum brasilense* as biofertilizer in intensive wheat cropping. **Plant and Soil**, n.66, v.1, p.217-223, 1982.

ROBSON, A. D.; HARTLEY, R. D.; JARVIS, S. C. Effect of copper deficiency on phenolic and other constituents of wheat cell walls. **New Phytology**, v.89, n.2, p.361-373, 1981.

ROBSON, A. D.; REUTER, D. J. **Diagnosis of copper deficiency and toxicity.** In: LONERAGAN, J. F.; ROBSON, A. D.; GRAHAM, R. D. (Eds.). Copper in soil and plants. Londres: 1981. p.287-312.

SAHU, S. K.; MITRA, G. N.; ALI, M. H. Micronutrients status of soils of orissa and their management. WORKSHOP ON MICRONUTRIENTS, 1992 **Proceedings...** Bhubaneswar-Índia, 1993. p.84-92.

SARIG, S.; KAPULNIK, Y.; OKON, Y. Response of non-irrigated *Sorghum bicolor* to *Azospirillum* inoculation. **Experientia Agricola**, v.20, n.1, p.59-66, 1984.

SAUBIDET, MI. I.; BANREIX, A. H. Growth stimulation and nitrogen supply to wheat plants inoculated with *Azospirillum brasilense*. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, n.12, p.2565-2577, 1998.

SCHLEGEL, R. Improvement of the micronutritional efficiency of wheat by means of introgression. Bericht über die Arbeitstagung 1992 der “**Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter**” im Rahmen der “Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter”, 1992. p.167-170.

SING, V.; SINGH, R. P.; SINGH, V. Effect of Mo and B application on yield and their uptake by wheat. **Journal Indian Society and Soil Science**, v.40, n.4, p.876-877, 1992.

SMITH, R. L.; SCHANCK, S. C.; MILAN, J. R.; BALTENSPERGER, A. A. Responses of *Sorghum* and *Pennisetum* to the N-fixing bacteria *Azospirillum brasilense*. **Applied Environment Microbiology**, v.47, n.1, p.1331-1336, 1984.

SUBEDI, K. D.; BUDHATHOKI, C. B.; SUBEDI, M. Variation in sterility among wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in response to boron deficiency in Nepal. **Euphytica**, v.95, n.1, p.21-26, 1997.

TARRAND, J. J.; KRIEG, N. R.; DÖBEREINER, J. A taxonomy study on the *Spirillum lipoferum* group, with description of a new genus, *Azospirillum* gen. Nov. and two species, *Azospirillum lipoferum* (Beijerinck) comb. Nov. and *Azospirillum brasilense* sp. Nov. **Canadian Journal of Microbiology**, v.24, n.1, p.967-980, 1987.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188 p. (Boletim técnico, 5).

TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied Environments Microbiology**, v.37, n.1, p.1016-1024, 1979.

TORSHIN, S. P.; YAGODIN, B. A.; UDER, N. T. M. Effect of Se, Zn and Mo trace-elements at different levels of macro-elements in the soil, and the effect of S on the Se content in spring wheat. **Agrokhimiya**, v.1, n.5, p.54-64, 1996.

VALLEE, B. L.; FALCHUK, K. H. The biochemical basis of zinc physiology. **Physiology Review**, v.73, n.1, p.79-118, 1993.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Metereologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1991. 449 p.

WANG, X. T.; BELOW, F. E.; WANG, X. T. Accumulation and partitioning of mineral nutrients in wheat as influenced by nitrogen form. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, n.1, p.49-61, 1998.

WANG, Y. H.; WEI, W. X.; TANG, Q. L. Study on the Mo deficiency of winter wheat and Mo application in the yellow-brown earths in Hubei. **Soils and Fertilizers Beijing**, v.1, n.3, p.24-28, 1995.

YATSIMIRSKII, Y. V. **Molybdenum chymical kinetics**: the use of catalytic reaction involving hydrogen peroxide in study of the formation of complexes and in the development of very sensitive analytical methods. [S.l.: s.n.t.], 1964. Não paginado.

YU, Z. W.; ZHANG, W.; YUE, S. S. Effect of potassium on photosynthesis and senescence in winter wheat. **Acta Agronomica Sinica**, v.22, n.3, p.305-312, 1996.

ZAGHLOUL, R. A.; AMER, A. A.; MOSTAFA, M. H. Efficiency of some organic manures and biofertilization with *Azospirillum brasilense* for wheat manuring. **Annals Agriculture Science**, v.34, n.2, p.627-640, 1996.

ZHMURKO, N. G. Effect of trace elements under a regime of different mineral fertilizer doses on the yield and quality of grain in different varieties of winter wheat. **Fiziologiya i Biokhimiya Kul Turnykh Rastenii**, v.24, n.6, p.583-587, 1992.

**DESEMPENHO DAS PLANTAS DE TRIGO COM APLICAÇÃO DE
MOLIBDÊNIO, PELETIZAÇÃO E INOCULAÇÃO DAS SEMENTES COM
*Azospirillum brasilense***

RESUMO

Azospirillum brasilense é uma bactéria associativa com capacidade de fixar N₂ e favorecer o crescimento e desenvolvimento das plantas. A peletização das sementes com CaCO₃ pode prolongar a sobrevivência das bactérias na região rizosférica, enquanto o Mo, com funções estrutural e catalítica, pode atuar nas enzimas envolvidas no metabolismo e na fixação do nitrogênio. Com a finalidade de avaliar a influência desta bactéria, da aplicação de Mo e da peletização das sementes, em algumas características agronômicas de dois cultivares de trigo irrigado, foram conduzidos dois trabalhos no Departamento de Fitotecnia da UFV. O experimento de campo foi constituído de 16 tratamentos, dispostos num esquema fatorial 2 x 2 x 2 x 2 [dois cultivares (EMBRAPA-22 E BR-26), duas doses de Mo (0 e 90 g.ha⁻¹), peletização (presente e ausente) e inoculação com *Azospirillum brasilense* (presente e ausente)] no delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. O experimento em vasos foi constituído de 18 tratamentos, no mesmo delineamento e esquema fatorial, acrescidos de duas parcelas adicionais [(EMBRAPA-22 + 90 g.ha⁻¹ de Mo + peletização + inoculação - P e - S) e (BR-26 + 90 g.ha⁻¹ de Mo + peletização + inoculação - P e - S)]. A aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo, assim como a inoculação de *Azospirillum brasilense*, aumentou a altura de plantas nos dois experimentos, a

produção de grãos, a biomassa seca no experimento de campo, o peso de matéria seca dos grãos e o peso de matéria seca total no experimento em casa de vegetação.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., biomassa, produção de grãos e altura de plantas.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de a adubação nitrogenada contribuir significativamente para altos rendimentos dos cereais, os fertilizantes nitrogenados, quando aplicados em doses elevadas, além de onerosas, ficam sujeitos a perdas, principalmente por volatilização e lixiviação.

A dependência da cultura do trigo de N e o alto custo do fertilizante nitrogenado motivam a busca de alternativas que possibilitam reduzir custos. A possibilidade da independência ou substituição de parte do fertilizante nitrogenado pelo N_2 fixado biologicamente, por meio da associação com *Azospirillum*, aparece como alternativa oportuna e desejável em termos econômicos, ecológicos e biológicos, abrindo novos horizontes para a reativação do setor tritícola brasileiro.

A fixação biológica do N é um processo de importâncias ecológica, ambiental e econômica, por diminuir o uso e o impacto causado pelos fertilizantes nitrogenados. Para que a fixação biológica seja explorada em seu máximo potencial, é necessário que se estabeleçam, nas raízes das plantas, estirpes eficientes, com população existente no solo suficientemente grande para permitir tal fenômeno. A prática de inoculação é bastante divulgada e adotada, principalmente em leguminosas. O gênero *Azospirillum*, uma bactéria associativa que pode penetrar nos espaços intercelulares, associa-se, principalmente, com gramíneas como trigo, cana-de-açúcar e arroz. De acordo com ELANCHEZHIAN e PANWAR (1997), *Azospirillum brasilense* é capaz de formar estruturas nas raízes, servindo como nicho protetor da enzima nitrogenase da bactéria contra altas concentrações de O_2 . Essa bactéria pode aumentar o crescimento de plantas pelo fornecimento dos produtos da fixação de N, ou por transporte direto do N-fixado

bactéria-planta ou por uma lenta transferência devido à morte gradual das bactérias e à sua subsequente mineralização. O gênero *Azospirillum* pode também aumentar a produtividade das plantas pela produção de fitormônios (auxina, giberelina e, ou, citocinina), os quais podem estimular o crescimento de raízes e aumentar a absorção de nutrientes minerais (CHAURET e KNOWLES, 1991).

O Mo interfere diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas, através do metabolismo do N, participando como co-fator de enzimas, por exemplo, da nitrato redutase (SACO et al., 1995). Segundo CLARK (1984), a produção de metabólitos nitrogenados (aminoácidos e proteínas) é afetada, nas plantas, pela deficiência de Mo.

Todo sistema biológico fixador do N_2 requer nitrogenase (MARSCHNER, 1995). Esta enzima consiste de duas ferroproteínas, uma das quais é a MoFe-proteína, com 240 kDa, composta por quatro subunidades contendo 30 átomos de Fe e dois átomos de Mo cada uma. É provável que o Mo esteja diretamente envolvido na redução do N_2 , enquanto o Fe age como transportador de elétrons. O requerimento de Mo em raízes noduladas de leguminosas e não-leguminosas é, portanto, relativamente alto. Quando o suprimento de Mo externo é baixo, o conteúdo de Mo das raízes noduladas é muito mais elevado do que nas folhas. Entretanto, quando o suprimento de Mo externo é elevado, o conteúdo nas folhas aumenta muito mais do que nos nódulos. Como deveria ser esperado, o crescimento de plantas que realizam fixação de N_2 é particularmente estimulado pela aplicação de Mo em solos deficientes.

A nitrato redutase é uma enzima dimérica contendo três grupos prostéticos transferidores de elétrons (FAD, heme e molibdênio) por unidade dimérica. Durante a redução do NO_3^- , elétrons são transferidos diretamente do Mo para o NO_3^- . A atividade da nitrato redutase é baixa em folhas de plantas com deficiência de Mo, mas pode ser aumentada em poucas horas pela aplicação via foliar de Mo (MARSCHNER, 1995). De acordo com WANG et al. (1999), o conteúdo de Mo e a atividade da nitrato redutase em plantas de trigo diminuíram em solos deficientes no referido elemento.

Sais de Mo são aplicados nas sementes em doses equivalentes de 50 a 100 g de Mo.ha⁻¹. Quando peletizadas, as doses nas sementes variam de 0,1 a 0,5 g de molibdato de sódio por 100 g de sementes. As soluções em aplicações foliares de Mo contêm de 0,1 a 0,3% de Mo solúvel (HAQUE, 1987). No Zimbabwe, a aplicação foliar de 100 g de molibdato de sódio.ha⁻¹ aplicados na cultura do milho 10 dias após a emergência eliminou os sintomas de deficiência (TANNER, 1982). Entretanto, a aplicação quatro semanas após a emergência não foi eficiente na eliminação dos sintomas de deficiência. A aplicação de 100 g de molibdato de sódio.ha⁻¹ na cultura do milho aos 10 dias após a emergência foi suficiente para elevar o conteúdo de Mo na semente acima da concentração crítica (0,08 ppm Mo) em solos deficientes de Mo.

FERREIRA (1997), aplicando molibdato de sódio via foliar aos 45 dias após a emergência na cultura do milho, observou que o Mo e a sua interação com N não afetaram a produtividade, o peso de mil grãos, o peso de espigas com palha e sem palha, o número de plantas por parcela e o número de plantas acamadas. Entretanto, o teor de proteína no grão aumentou 3,0% com a aplicação de 90 g de Mo.ha⁻¹, em relação à testemunha (sem Mo). A interação N x Mo apresentou efeito significativo sobre os teores de Mo e Fe nos grãos. Com o incremento das doses de N, os teores de Mo e Fe nos grãos aumentaram linearmente.

O revestimento das sementes, também chamado de peletização, tem como finalidade principal fornecer às sementes uma quantidade máxima de bactérias do inoculante, protegendo contra possíveis danos a estas até a infecção. A quantidade de bactérias vivas sobre as sementes dependerá, em primeira instância, da sua concentração no inoculante. O revestimento proporciona prolongamento da sobrevivência das bactérias.

Diversos fatores podem atuar desde a inoculação até a infecção ou associação: raios solares, pH do solo, fertilizante, tempo entre a inoculação e o semeio, tempo entre semeio e germinação, presença de substâncias tóxicas no solo (por exemplo, antibióticos), ausência de elementos vitais para bactérias na rizosfera ou rizoplano etc. O revestimento nada mais é do que uma ajuda nos casos em que poderá ocorrer inoculação insuficiente. Com base nessas informações, o

presente trabalho teve como objetivo avaliar, em condições de campo e casa de vegetação, a influência da aplicação de Mo em cobertura, peletização e inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* sobre as características agronômicas do trigo irrigado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e data dos experimentos

Foram conduzidos dois experimentos na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, a uma altitude de 651 m, latitude de 21°45' sul e longitude de 42°51' oeste. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa-mesotérmico úmido, com verões quentes e invernos secos, apresentando umidade relativa média anual do ar de 80%, temperatura média anual de 21 °C, média das temperaturas máximas de 26,1 °C e das mínimas de 14,0 °C e precipitação pluvial média anual de 1.341 mm (VIANELLO e ALVES, 1991).

Foi conduzido um experimento, em condições de campo, na Estação Experimental Diogo Alves de Melo, do Departamento de Fitotecnia. A semeadura foi realizada no dia 17.06.1999, e a emergência das plântulas ocorreu sete dias após, sendo a colheita realizada no dia 14.10.1999. Outro experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da UFV, cujo plantio ocorreu no dia 24.06.1999, com o emprego de sementes pré-germinadas, sendo a colheita realizada dia 02.10.1999.

2.2. Delineamento experimental e análise estatística

No experimento em vasos na casa de vegetação, utilizou-se um arranjo fatorial (2 x 2 x 2 x 2)+2 no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os fatores foram: dois cultivares (EMBRAPA-22 e BR-26), peletização (sementes peletizadas e não-peletizadas), inoculação de sementes

(inoculadas e não-inoculadas com *Azospirillum brasilense*), duas doses de Mo (5 e 90 g.ha⁻¹) e dois tratamentos adicionais (EMBRAPA-22 + peletização + 90 g.ha⁻¹ de Mo + inoculação, com apenas 10% da dose de P e 10% da dose de S, e BR-26 + peletização + 90 g.ha⁻¹ de Mo + inoculação, com apenas 10% da dose de P e 10% da dose de S). O Mo foi aplicado via foliar no estágio de perfilhamento, aos 25 dias após a emergência das plântulas, na forma de Na₂MoO₄.2H₂O. Cada parcela foi constituída de um vaso com capacidade para seis litros, contendo oito plantas.

No experimento de campo, utilizou-se um arranjo fatorial (2 x 2 x 2 x 2) no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os fatores foram: dois cultivares (EMBRAPA-22 e BR-26), peletização (sementes peletizadas e não-peletizadas), inoculação de sementes (inoculadas e não-inoculadas com *Azospirillum brasilense*) e doses de Mo (0 e 90 g.ha⁻¹). O Mo foi aplicado na forma de (NH₄)₆Mo₇O₂₄.7H₂O no estágio de perfilhamento, aos 25 dias após a emergência das plântulas. Cada parcela foi formada de cinco linhas de comprimento cada uma, as quais foram espaçadas 20 cm, perfazendo-se uma área de 5 m² por parcela. A área útil da parcela foi constituída pelas três linhas centrais, sendo eliminado meio metro em ambas as extremidades da parcela, para reduzir o efeito de bordadura, ficando 2,4 m² por parcela como área útil.

Os dados obtidos foram analisados, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da UFV (SAEG-UFV), sendo submetidos às análises de variância. Para comparar as médias dos fatores qualitativos, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.3. Adubação de plantio e aplicação de molibdênio

Os resultados das análises químicas da mistura (solo de barranco + areia) utilizada no experimento em vasos e do solo da Estação Experimental Diogo Alves de Melo, utilizado no experimento de campo, são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Características químicas de amostras de solo. Viçosa, MG, 1999

		Vasos	Campo
PH	H ₂ O	5,1	5,8
P	mg.dm ⁻³	1,7	27
K		12	114
Ca ²⁺		0,3	3,1
Mg ²⁺	cmol.c.dm ⁻³	0,0	0,6
Al ³⁺		0,1	0,0
H+Al		2,3	2,6
SB		0,33	3,99
CTC _t		0,43	3,99
CTC _T		2,63	6,59
V	%	12,5	61
M		23,3	0,0
MO	dag.kg ⁻¹	0,0	2,19
Zn	mg.dm ⁻³	0,0	5,1
Fe		0,0	97,1
Mn		0,0	72,1
Cu		0,0	4,7
B		0,0	0,37

No experimento em casa de vegetação, cada vaso com capacidade de seis litros contendo uma mistura de 50% de solo de barranco e 50% de areia lavada, esterilizada com brometo de metila (10 mL de Bromex para 200 kg de solo), foram revestidos internamente com sacos plásticos. A mistura foi corrigida com macronutrientes na forma de KCl (150 mg.dm⁻³ de K), superfosfato triplo (450 mg.dm⁻³ de P) e MgSO₄.7H₂O (120 mg.dm⁻³) e (NH₄)₂SO₄ (15 mg.dm⁻³ de N).

Os micronutrientes foram aplicados na forma de solução da seguinte forma:

***solução A:** 0,546 g de H₃BO₃ + 1,550 g de MnCl₂.4H₂O + 0,990 g de ZnCl₂.2H₂O + 0,420 g de CuCl₂.2H₂O, dissolvidos em 900 mL de água destilada.

***solução B:** 0,890 g de FeO₃.6H₂O + 1,23 g de Na-EDTA, dissolvidos em 900 mL de água destilada.

As soluções A+B foram misturadas no momento da aplicação, sendo o volume completado para 2.000 mL. Cada vaso recebeu 10 mL logo após o plantio e 20 mL aos 25 dias após a emergência das plântulas.

No experimento de campo, naqueles tratamentos com Mo, foram aplicados 90 g de Mo, na forma de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, via foliar em toda a parcela, com um pulverizador costal pressurizado. A parcela foi protegida em sua volta com uma lona plástica de 2 m de altura, para evitar a deriva. Nos tratamentos sem aplicação de Mo, foi feita aplicação de água com o mesmo pulverizador e proteção da parcela.

2.4. Peletização das sementes

Inicialmente, preparou-se a goma-arábica (40%) na proporção de 5 mL por 100 gramas de sementes, acrescida do inóculo original ou esterilizado. Em seguida, foi feita a mistura: 100 g de sementes + 25 g de CaCO_3 + 5 mL de goma-arábica + 0,5 mL de inóculo. As sementes foram semeadas imediatamente após a peletização.

2.5. Inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*

O *Azospirillum brasilense* Br 11001 foi obtido na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-Seropédica/RJ), no Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (CNPAB), em Itaguaí, RJ.

O *Azospirillum brasilense* Br 11001, previamente crescido em meio NFb semi-sólido (DÖBEREINER et al., 1995), foi o inóculo com uma suspensão bacteriana de 3×10^9 CFU ("colony-forming units") por mL do meio NFb líquido.

No experimento em vasos, naqueles tratamentos em que houve somente inoculação, as sementes foram esterilizadas superficialmente (DÖBEREINER et al., 1995, modificada) e pré-emergidas por 24 horas em meio NFb semi-sólido, utilizando-se um inóculo de 1 mL do meio NFb líquido (3×10^9 CFU.mL⁻¹) por

placa contendo 50 sementes. Nos tratamentos sem inoculação, as sementes foram esterilizadas superficialmente e pré-emergidas no meio, sem adição do inóculo. Nos tratamentos com inoculação e peletização, as sementes pré-emergidas receberam uma proporção de 10 mL de goma-arábica: 1 mL do inóculo original, sendo peletizadas em seguida com CaCO_3 . No momento do transplante, os tratamentos com inoculação receberam sobre as sementes, em cada vaso, 1 mL do inóculo original diluído em água destilada na proporção 1:1. Os tratamentos sem inoculação receberam o inóculo esterilizado, na mesma proporção.

No experimento de campo, naqueles tratamentos em que houve somente inoculação, as sementes foram esterilizadas superficialmente e pré-emergidas por 24 horas em meio NFb semi-sólido, utilizando-se um inóculo de 1 mL do meio NFb líquido ($3 \times 10^9 \text{ CFU.mL}^{-1}$) por placa contendo 50 sementes. Nos tratamentos sem inoculação, as sementes foram esterilizadas superficialmente e pré-emergidas no meio, sem adição do inóculo. Nos tratamentos com inoculação e peletização, as sementes pré-emergidas receberam uma proporção de 10 mL de goma-arábica: 1 mL do inóculo original, sendo peletizadas em seguida com CaCO_3 . As sementes foram acondicionadas em sacos plásticos (350 sementes/linha/saco plástico), levadas para o campo e semeadas com uma semeadora manual tipo “PLANET” própria para áreas experimentais. No momento da semeadura, os sacos plásticos, correspondentes aos tratamentos com inoculação, receberam sobre as sementes 2 mL do inóculo original diluído em água destilada na proporção 1:1. Os tratamentos sem inoculação receberam o inóculo esterilizado, na mesma proporção.

2.6. Altura das plantas

No experimento de campo, a altura das plantas foi obtida pela média de 10 plantas/parcela após a maturação da espiga, tomada ao acaso dentro da parcela útil e medida desde o nível do solo até o ápice da espiga, excluindo-se as aristas. No

experimento em casa de vegetação, foi obtida, com o mesmo procedimento, pela média de oito plantas por vaso.

2.7. Biomassa seca

No experimento de campo, antes da colheita foi retirada de cada parcela útil uma amostra de 100 colmos com espiga, sendo pesada em seguida, obtendo-se o peso de material fresco (PF). O peso restante da biomassa (PRB) de cada parcela útil foi colhido e pesado em seguida. A amostra de 100 colmos com espiga de cada parcela foi secada por 48 horas, a 75 °C, de acordo com SAYRE (1993), obtendo-se o peso de material seco (PS). A biomassa seca (BS) foi obtida pela relação

$$BS(kg.ha^{-1}) = \{[(PS/PF) \times (PRB + PF) \times (10)] / [(3,2)]\}$$

No experimento em casa de vegetação, foram colhidas oito plantas com raízes de cada vaso e secadas por 48 horas, a 75 °C, obtendo-se o peso da biomassa seca da parcela.

2.8. Número de espigas por m²

No experimento de campo, foi determinado este número pela contagem em uma fileira de 4 m dentro da parcela útil, correspondendo a uma área de 0,8 m². A fileira onde se realizou a contagem foi sorteada entre as três fileiras da parcela útil. Posteriormente à contagem, foi feita a correção para 1,0 m².

2.9. Número de grãos por espiga

No experimento de campo, antes da colheita foi realizada a amostragem de 100 espigas dentro da parcela útil. Estas foram acondicionadas em sacos de papel e, posteriormente, debulhadas manualmente. Relacionando-se o peso dos grãos ao peso de mil grãos, foi obtido o número de grãos por espiga, por meio das relações

$$N^{\circ}\text{Grãos/Espiga} = \{[(1000 \times \text{Peso de Grãos } 100 \text{ Espigas})/(\text{Peso de } 1000 \text{ grãos})]\}/100$$

No experimento de casa de vegetação, esse número foi determinado pela relação

$$N^{\circ}\text{Grãos/ Espiga}=[(N^{\circ} \text{ Grãos } 8 \text{ Espigas})/(8)]$$

2.10. Número de grãos por m²

No experimento de campo, este número foi obtido diretamente pela relação

$$N^{\circ} \text{ Grãos}/m^2=[(N^{\circ} \text{ Espigas}/m^2) \times (N^{\circ} \text{ Grãos}/\text{Espiga})]$$

2.11. Peso de mil grãos

No experimento de campo, a partir da amostra de 100 espigas, foram contados 1.000 grãos, pesados em balança eletrônica com sensibilidade de 0,1 mg. A umidade de cada amostra foi determinada eletronicamente antes da pesagem dos grãos.

No experimento de casa de vegetação foram contados 100 grãos e pesados em balança eletrônica, com sensibilidade de 0,1 mg. A umidade de cada amostra foi determinada antes da pesagem dos grãos. Cada amostra foi secada até adquirir peso constante (0% de umidade), sendo o peso obtido corrigido para umidade de 13%.

2.12. Peso hectolítrico

No experimento de campo, a amostra para obtenção do peso hectolítrico foi retirada do total de grãos de cada parcela. Foi utilizada uma balança própria,

com capacidade de ¼ de litro, acompanhada de uma tabela de conversão para determinação do peso hectolítrico.

2.13. Produção de grãos

No experimento de campo, a produtividade de grãos com 13% de umidade foi obtida pela relação

$$PROD (kg.ha^{-1}) 13\% U = \{[PROD (kg.ha^{-1}) 0\% U] \times [(100/87)]\}$$

2.14. Matéria seca dos grãos

No experimento de casa de vegetação, os grãos de oito plantas foram colhidos e secados por 48 horas, a 75 °C, obtendo-se a matéria seca dos grãos (MSG), a qual foi pesada em seguida.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Experimento em casa de vegetação

As análises de variância das características da planta avaliadas neste experimento são apresentadas no Apêndice (Quadro 10A). Para a matéria seca dos grãos (MSG), houve efeito significativo isolado de molibdênio (Mo), inoculação (I) e cultivar (C) e não ocorreu efeito isolado da peletização (Pe). Para a biomassa seca de oito plantas (BIOM), houve efeito significativo isolado de Pe, Mo e I. Para o número de grãos por espiga, ocorreu efeito significativo isolado de Mo e C; com relação ao peso de mil grãos (PMG), houve efeito significativo isolado de Mo e I; e quanto à AP, houve interação significativa entre Mo x I x C.

A biomassa seca de oito plantas (BIOM) foi superior ($P < 0,05$) quando as sementes foram peletizadas (Quadro 2). A maior atividade da nitrato redutase quando houve inoculação com *Azospirillum brasilense* e peletização com $CaCO_3$

indica que a peletização pode favorecer o ambiente para associação da bactéria com as raízes das plantas e aumentar a incorporação de biomassa pela planta.

Quadro 2 – Valores médios de matéria seca dos grãos (MSG), biomassa seca de oito plantas (BIOM), número de grãos por espiga (NGE) e peso de mil grãos (PMG), em função da peletização, da aplicação de Mo, da inoculação com *Azospirillum brasilense* e do cultivar de trigo, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	Peletização		Molibdênio		Inoculação		Cultivar	
	com	sem	5 g.ha ⁻¹	90 g.ha ⁻¹	com	sem	EMB-22	BR-26
BIOM	27,55 a	26,22 b	26,12 b	27,65 a	27,23 a	26,54 b	27,20 a	26,15 a
MSG	11,15 a	11,05 a	10,53 b	11,66 a	11,32 a	10,87 b	11,29 a	10,90 b
NGE	37,22 a	37,09 a	36,31 b	38,aa a	37,55 a	36,77 a	37,60 a	36,71 b
PMG	37,43 a	37,22 a	36,27 b	38,38 a	37,89 a	36,96 b	37,52 a	37,13 a

Médias, dentro de cada coluna, na horizontal, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

A BIOM, a MSG, a NGE e o PMG apresentaram valores superiores quando foi realizada a aplicação de Mo em cobertura (Quadro 2). O Mo interfere diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas, através do metabolismo do N, participando como um co-fator de enzimas, como da nitrato redutase (SACO et al., 1995). Segundo CLARK (1984), a produção de metabólitos nitrogenados (aminoácidos e proteínas) é afetada, nas plantas, pela deficiência de Mo. IBUPOTO e KOTECKI (1994) observaram que a aplicação foliar de Mo aumentou o NGE, a produção de biomassa e a produção de grãos.

A inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* aumentou, de forma significativa, a BIOM, a MSG e o PMG (Quadro 2). A bactéria pode favorecer o crescimento e desenvolvimento das plantas, possibilitando melhor condição nutricional da planta.

MISHRA e SEM (1993) verificaram que a inoculação de sementes com 21 isolados diferentes de *Azospirillum* em vasos e em condições de campo aumentou

a produção de matéria fresca, de matéria seca e teor de clorofila e N nas plantas, em ambas as condições.

MIELE et al. (1997) obtiveram aumento no teor de N no grão de trigo com a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. Esse aumento, entretanto, variou com o ano e a dose de N aplicada, indicando que o N₂ fixado não atende à demanda total de N da planta e do grão. OMPAL et al. (1997) observaram que as plantas oriundas de sementes inoculadas com *Azospirillum brasilense* apresentavam maiores teores de N na parte aérea e no grão comparada com as plantas não-inoculadas. Segundo esses autores, as plantas em que as sementes foram inoculadas apresentaram elevada área foliar, conteúdo de clorofila, atividade da nitrato redutase, biomassa total e produção de grãos, em comparação com as plantas não-inoculadas. LIU et al. (1993), trabalhando em condições naturais, observaram que plantas de trigo inoculadas com bactérias diazotróficas associativas fixadoras de N aumentaram o teor de N e P na planta, a produtividade e a produção de substâncias reguladoras do crescimento. Os resultados indicaram que a principal razão para esses aumentos foram a combinação da estirpe com o sistema radicular do trigo e a presença de células bacterianas nos espaços das células dos pêlos radiculares e das células epidérmicas dentro dos tecidos de transporte. Aqueles autores concluíram que a razão para altas produtividades com trigo inoculado com bactérias diazotróficas associativas fixadoras de N₂ é uma combinação da fixação de N, aumento da nutrição com P e produção de substâncias reguladoras do crescimento. EL-SHANSHOURY (1995) observou que a inoculação de sementes de trigo com *Azospirillum brasilense* em um solo esterilizado promoveu significativo estímulo na sua população na rizosfera, em comparação com valores iniciais. A inoculação estimulou o crescimento e desenvolvimento das plantas e aumentou as concentrações de ácido indol 3-indolacético N, P, Mg e açúcares solúveis totais na parte aérea.

CABALLERO et al. (1992) verificaram que a inoculação de sementes de trigo com várias estirpes de *Azospirillum brasilense* aumentou a produção de grãos de 23 a 63%. Foi observado, também, significativo aumento nos teores de N, P e K nos grãos. Segundo esses autores, assim como as estirpes, outros processos,

como maior crescimento e desenvolvimento radiculares, podem influenciar o aumento de produtividade e teores de nutrientes na planta. BHATTARI e HESS (1998) observaram que a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* elevou a produção de grãos de trigo, além de aumentar o desenvolvimento das raízes e da parte aérea nos estádios iniciais da cultura.

A MSG e o NGE foram superiores no cultivar EMBRAPA-22 (Quadro 2). ZHMURKO (1992) observou que cultivares respondem de maneira diferenciada às doses de N, P e K aplicadas, interferindo na composição mineral e no crescimento e desenvolvimento da planta. Segundo GRAHAM et al. (1993), existem significativa variação genética e cultivares com o sistema radicular mais adaptado a mobilizar nutrientes do solo.

Nos dois cultivares, a altura de plantas foi superior com a aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo, independentemente da combinação inoculação ou não das sementes (Quadro 3). Quando as sementes foram inoculadas, a altura de plantas do cultivar EMBRAPA-22 foi superior somente na dose de 90 g.ha⁻¹ de Mo. Entretanto, quando as sementes não foram inoculadas, a altura de plantas do cultivar EMBRAPA-22 foi superior somente na dose de 05 g.ha⁻¹ de Mo em cobertura.

A AP foi significativamente superior quando as sementes foram inoculadas, tanto na dose de 90 quanto na dose de 5 g.ha⁻¹ de Mo, nos dois cultivares (Quadro 4).

Quadro 3 – Valores médios da altura de plantas (AP) para inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, em função da aplicação de Mo e do cultivar de trigo, no experimento de casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	AP (cm)			
	+ <i>A. brasilense</i>		- <i>A. brasilense</i>	
	90 g.ha ⁻¹ Mo	05 g.ha ⁻¹ Mo	90 g.ha ⁻¹ Mo	05 g.ha ⁻¹ Mo
EMBRAPA-22	67,09 aA	63,29 bA	64,76 aA	60,88 bA
BR-26	65,60 aB	62,65 bA	63,90 aA	55,90 bB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de $\pm A$. *brasiliense*, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 4 – Valores médios da altura de plantas (AP) para os fatores Mo e cultivar de trigo, em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasiliense*, no experimento de casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	AP (cm)			
	90 g.ha ⁻¹ Mo		5 g.ha ⁻¹ Mo	
	EMBRAPA-22	BR-26	EMBRAPA-22	BR-26
+ <i>A. brasiliense</i>	67,09 A	65,60 A	63,29 A	62,64 A
- <i>A. brasiliense</i>	64,76 B	63,90 B	60,88 B	55,90 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

PANWAR (1992), DILOVA (1992) e WANG et al. (1995) observaram que a atividade da nitrato redutase é influenciada diretamente pela aplicação de molibdênio e presença do *Azospirillum brasiliense*. Dessa forma, a maior atividade da enzima pode atuar de forma positiva no crescimento e desenvolvimento da planta. A variabilidade genética na composição mineral da planta e na capacidade de absorver nutrientes de forma diferenciada é amplamente citada na literatura.

Nas parcelas-testemunha, o cultivar EMBRAPA-22 apresentou valores significativamente superiores para produção de grãos em oito espigas, biomassa seca de oito espigas e peso de mil grãos, em comparação com o cultivar BR-26 (Quadro 5).

Quadro 5 – Valores médios da produção de grãos de oito plantas (PROD), biomassa seca de oito plantas (BIOM) e peso de mil grãos (PMG) de trigo, no experimento de casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

PROD (g.vaso ⁻¹)	BIOM (g.vaso ⁻¹)	PMG (g)
------------------------------	------------------------------	---------

Testemunha (EMB-22)	8,5627 A	19,8077 A	36,2928 A
Testemunha (BR-26)	7,7887 B	16,4762 B	34,5601 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

A média do fatorial foi superior ($P < 0,05$) à das testemunhas para altura de plantas, produção de grãos de oito plantas, biomassa seca de oito plantas, número de grãos por espiga e peso de mil grãos (Quadro 6).

Quadro 6– Valores médios de altura de plantas (AP), produção de grãos de oito plantas (PROD), biomassa seca de oito plantas (BIOM), número de grãos por espiga (NGE) e peso de mil grãos (PMG) de trigo, no experimento de casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

	AP (cm)	PROD (g.vaso ⁻¹)	BIOM (g.vaso ⁻¹)	NGE	PMG (g)
Média do fatorial	56,06 B	8,1757 B	18,1420 B	28,7968 B	35,4265 B
Média da testemunha	63,01 A	11,0975 A	26,8838 A	37,1563 A	37,3225 A

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

3.2. Experimento de campo

As análises de variância das características da planta avaliadas neste experimento são apresentadas no Apêndice (Quadros 10B e 11B). Com relação à produtividade de grãos (PROD), houve efeito significativo isolado de peletização (Pe), molibdênio (Mo) e inoculação (I) e não ocorreu efeito isolado do cultivar (C). Para peso hectolítrico (PH) e peso de mil grãos (PMG), houve efeito significativo isolado de Mo e I, enquanto o número de grãos por m² (NGM2) apresentou efeito significativo isolado somente da aplicação de Mo em cobertura. A altura de plantas (AP) e a biomassa seca (BIOM) apresentaram

interação significativa entre Mo x I, enquanto o número de grãos por espiga (NGE) exibiu a interação significativa Pe x Mo x I.

A peletização das sementes aumentou, de forma significativa ($P < 0,05$), a AP e a PROD (Quadro 7). Apesar da diferença entre os tratamentos, tanto a AP quanto a PROD apresentaram valores baixos. A adubação nitrogenada limitada no início do experimento, com o objetivo de não interferir na atividade do *Azospirillum brasilense* inoculado, pode explicar os valores reduzidos para estas e outras características estudadas, em ambos os experimentos.

Quadro 7 – Valores médios da altura de planta (AP) e produtividade (PROD), em função da peletização das sementes de trigo com CaCO_3 , no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	AP (cm)	PROD (kg.ha^{-1})
Peletizadas	74,22 A	1791 A
Não-peletizadas	72,719 B	1685 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

O peso de mil grãos (PMG), a altura de plantas (AP), o número de grãos por espiga (NGE), o número de grãos por m^2 (NGM2), a produtividade de grãos (PROD) e a biomassa seca (BIOM) apresentaram valores superiores quando se aplicou Mo em cobertura (Quadro 8). Apesar de o Mo ser requerido pela planta em quantidades muito pequenas, atua na forma estrutural e catalítica dentro das enzimas (MARSCHNER, 1995). De acordo com DILOVA (1992), plantas de trigo tratadas com Mo apresentaram baixo conteúdo de nitrato e alta ANR, em comparação com plantas de trigo não-tratadas com Mo. MONDAL et al. (1991) verificaram que a aplicação de Mo aumentou a produtividade e os grãos, em vários tipos de solo. Pelos resultados, constata-se que, sob deficiência de Mo no solo ($0,056 \text{ mg.kg}^{-1}$), o acúmulo de matéria seca, a produtividade e o conteúdo de açúcar solúvel diminuíram.

Quadro 8 – Valores médios do peso hectolítrico (PH), do peso de mil grãos (PMG), do número de grãos por m² (NGM2) e da produtividade média (PROD, em função da aplicação de Mo, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	PH (kg.hL ⁻¹)	PMG (g)	NGM2	PROD (kg.ha ⁻¹)
90 g.ha ⁻¹ Mo	77,798 A	38,775 A	11532 A	2117 A
0 g.ha ⁻¹ Mo	76,443 A	36,808 B	10798 B	1359 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

A inoculação aumentou o peso hectolítrico (PH), o peso de mil grãos (PMG) e a produtividade de grãos (PROD) (Quadro 9). Os resultados obtidos no experimento de campo são semelhantes àqueles obtidos em casa de vegetação. Confirmando esses resultados, EL-DIM et al. (1996) verificaram que a inoculação das sementes com *Azospirillum* sp. aumentou a produtividade de grãos, o número de espigas por m², o número de grãos por espiga e o peso de mil grãos. RABIE et al. (1995) observaram que a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* aumentou a produção de grãos por planta, número de grãos por espiga e biomassa seca.

Quadro 9 – Valores médios do peso hectolítrico (PH), do peso de mil grãos (PMG) e da produtividade média (PROD) do trigo, em função da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	PH (kg.hL ⁻¹)	PMG (g)	PROD (kg.ha ⁻¹)
+ <i>A. brasilense</i>	77,121 A	38,354 A	1957 A
- <i>A. brasilense</i>	76,721 B	37,230 B	1519 B

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Houve interação entre os fatores Mo e I para AP e BIOM (Quadro 10). Tanto para AP como para BIOM, a inoculação foi maior ($P < 0,05$), nas duas doses de Mo aplicadas. Observou-se que a AP e a BIOM foram superiores ($P < 0,05$) quando foi aplicada a dose de 90 g.ha^{-1} , tanto na presença quanto na ausência da inoculação com *Azospirillum brasilense*.

Quadro 10 – Valores médios de altura de plantas (AP) e biomassa seca (BIOM), em função da aplicação de Mo em cobertura e da inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	AP (cm)		BIOM (kg.ha^{-1})	
	+ <i>A. brasilense</i>	- <i>A. brasilense</i>	+ <i>A. brasilense</i>	- <i>A. brasilense</i>
$90 \text{ g.ha}^{-1} \text{ Mo}$	84,000 aA	75,375 bA	11824 aA	8164 bA
$0 \text{ g.ha}^{-1} \text{ Mo}$	69,063 aB	65,476 bB	6785 aB	5723 bB

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de cada variável, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quanto ao número de grãos por espiga (NGE), houve interação tripla entre os fatores Pe, Mo e I (Quadros 11 e 12).

Quadro 11 – Valores médios do número de grãos por espiga para inoculação das sementes, em função da aplicação de Mo em cobertura e da peletização, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	+ <i>A. brasilense</i>		- <i>A. brasilense</i>	
	$90 \text{ g.ha}^{-1} \text{ Mo}$	$0 \text{ g.ha}^{-1} \text{ Mo}$	$90 \text{ g.ha}^{-1} \text{ Mo}$	$0 \text{ g.ha}^{-1} \text{ Mo}$
Peletizadas	40,00 aB	38,75 aA	38,50 aA	36,25 bA
Não-peletizadas	42,75 aA	37,38 bA	38,50 aA	36,25 bA

As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, dentro de $\pm A. brasilense$, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Quadro 12 – Valores médios do número de grãos por espiga para aplicação de Mo e peletização, em função da inoculação das sementes, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

	90 g.ha ⁻¹ de Molibdênio		0 g.ha ⁻¹ de Molibdênio	
	Peletizadas	Não-peletizadas	Peletizadas	Não-peletizadas
+ <i>A. brasilense</i>	40,00 A	42,75 A	38,75 A	37,38 A
- <i>A. brasilense</i>	38,50 A	38,50 B	36,25 B	36,25 A

Médias, na vertical, seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quando as sementes foram inoculadas e não-peletizadas, o NGE foi superior ($P < 0,05$) na dose de 90 g.ha⁻¹ de Mo em cobertura. Quando as sementes não foram inoculadas, o NGE foi superior ($P < 0,05$) na dose de 90 g.ha⁻¹ de Mo, tanto na presença quanto na ausência da peletização das sementes. Quando as sementes foram inoculadas e se aplicou a dose de 90 g.ha⁻¹ de Mo, a não-peletização apresentou valores superiores de NGE (Quadro 11). Quando foi aplicada a dose de 90 g.ha⁻¹ de Mo e as sementes não foram peletizadas, a inoculação apresentou maior NGE. Entretanto, quando foi aplicada a dose de 0 g.ha⁻¹ de Mo e as sementes foram peletizadas, a inoculação apresentou maior NGE (Quadro 12).

4. CONCLUSÕES

- A aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo propiciou valores maiores da matéria seca dos grãos, produtividade de grãos e peso de mil grãos, nos dois experimentos realizados.
- A inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* aumentou significativamente a matéria seca dos grãos, produtividade de grãos e peso de mil grãos, nos dois experimentos realizados.

- A altura de plantas foi maior quando houve inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* e aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo em cobertura.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BHATTARI, M.; HESS, D. Growth and yield responses of a Nepalese spring wheat cultivar to the inoculation with Nepalese *Azospirillum* spp at various levels of nitrogen fertilization. **Biology and Fertility Soil**, v.36, n.1, p.72-77, 1998.
- CABALLERO, M. J.; CARCANO, M. M. G.; MASCARUA, E. M. A. Field inoculation of wheat (*Triticum aestivum* L.) with *Azospirillum brasilense* under temperate climate. **Symbiosis Rehovot**, v.13, n.1-3, p.243-253, 1992.
- CHAURET, C.; KNOWLES, R. Effect of tungsten on nitrate and nitrite reductases in *Azospirillum brasilense* Sp7. **Canadian Journal of Microbiology**, v.37, p.744-750, 1991.
- CLARK, P. M. Physiological aspects of calcium, magnesium and molybdenum deficiencies in plants. **Agronomy**, v.12, n.1, p. 99-170, 1984.
- DILOVA, M.; SALCHEVA, G.; GEORGIEVA, D. Distribution of photosynthetic assimilates in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on na acid soil at subotimal temperature with excess moisture. **Fisiologiya in Rasteniata**, v.18, n.3, p.36-44, 1992.
- DÖBEREINER, J.; BALDANI, V. L D.; BALDANI, J.I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas**. Brasília: EMBRAPA/SPI; Itaguaí, RJ: EMBRAPA-CNPAB, 1995. 60 p.
- ELANCHEZHIAN, R.; PANWAR, J. D. S. Effects of 2,4-D and *Azospirillum brasilense* on nitrogen fixation, photosynthesis and yield of wheat. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.178, n.3, p. 129-133, 1997.
- EL-DIM, G. M. S.; ABDRABOU, R. T.; SHAMS, E. D. G. M. A study on the effect of biological fertilization, nitrogen rates and weed control on yield and its components of wheat. **Annals of Agricultural Science**, Moshtohor, v.33, n.3, p.973-986, 1996.
- EL-SHANSHOURY, A. R. Interactions of *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense* and *Streptomyces mutabilis*, in relation to their effect on wheat development. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.175, n.2, p.119-127, 1995.
- FERREIRA, A. C. B. **Efeitos da adubação com N, Mo e Zn sobre a produção, qualidade de grãos e concentração de nutrientes no milho**. Viçosa, MG: UFFV, 1997. 74f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GRAHAM, R. D.; ASCHER, J. S.; HYNES, S. C. Selecting zinc-efficient cereal genotypes for soils of low zinc status. **Development and Plant Soil Science**, v.50, n.1, p.349-358, 1993.

HAQUE, I. Molybdenum in soils and plant its potential importance to livestock nutrition, with special reference to sub-saharan, Africa. **Ilca Bulletin**, v.26, n.1, p. 20-28, 1987.

IBUPOTO, A. A.; KOTECKI, A. The effect of soil application of nitrogen fertilizer and foliar application of trace elements on development and yield of soyabens cv. Polan. **Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roslin**, v.1, n.190, p.153-159, 1994.

LIU, R. C.; LI, T. F.; RAO, Z. R. Analysis on high yield reason of wheat inoculated with associative nitrogen-fixing bacteria. **Acta Agriculturae Boreali Sinica**, v.8, n.2, p.73-77, 1993.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MIELE, S.; GAETANI, M.; GROSSI, N. Effect of wheat and corn inoculation with *Azospirillum brasilense* on crop yield and quality. **Agricoltura Mediterranea**, v.124, n.4, p.313-318, 1997.

MISHRA, R. K.; SEM, S. P. Associative symbiosis and nitrogen nutrition of wheat. **Orissa Journal of Agricultural Research**, v. 6, n.3-4, p.150-157, 1993.

MONDAL, A. K.; PAL, S.; BISWAPAT, M. Available boron and molybdenum content in some alluvial acidic soils of north Bengal. **Indian Journal and Plant Physiology**, v.1, n.4, p.17-60, 1991.

OMPAL, S.; PANWAR, J. D. S.; SINGH, O. Effect of nitrogen fixing and phosphorus solubilising bacteria on nutrient uptake and yield of wheat. **Indian Journal and Plant Physiology**, v.2, n.3, p.211-213, 1997.

PANWAR, J. D. S. Effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on metabolic changes and grain yield of wheat under moisture stress condition. **Indian Journal and plant Physiology**, v.35, n.2, p.157-161, 1992.

RABIE, K. A. E.; NARS, S. A.; AMARA, M. A. The effect of a symbiotic nitrogen fixers on the growth and endogenous growth substances of wheat plants. **Annals Agriculture and Science of Cairo**, v.40, n.1, p.11-32, 1995.

SACO, D.; ALVAREZ, M.; MARTIN, S. Activity of nitrate reductase and the content of proteins in *Nicotiana rustica* grown with various levels of molybdenum. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, n.6, p. 1149-1157, 1995.

SAYRE, K. D. **Fórmulas usadas para los componentes de rendimiento. Análisis del programa de produção del CIMMYT**. El Batán: CIMMYT, 1993. (Mimeo.). Não paginado.

TANNER, P. D. The molybdenum requirements of maize in Zimbabwe. **Zimbabwe Agriculture Journal**, v.79, n.2, p.62-64, 1982.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Metereologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1991. 449 p.

WANG, Y. H.; WEI, W. X.; TANG, Q. L. Study on the Mo deficiency of winter wheat and Mo application in the yellow-brown earths in Hubei. **Soils and Fertilizers Beijing**, v.1, n.3, p.24-28, 1995.

WANG, Z. Y.; TANG, Y. L.; ZHANG, F. S. Effect of molybdenum on growth and nitrate reductase activity of winter wheat seedlings as influenced by temperature and nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, n.2, p. 387-395, 1999.

ZHMURKO, N. G. Effect of trace elements under a regime of different mineral fertilizer doses on the yield and quality of grain in different varieties of winter wheat. **Fiziologiya i Biokhimiya Kul Turnykh Rastenii**, v.24, n.6, p.583-587, 1992.

RESUMO E CONCLUSÕES

Azospirillum brasilense são bactérias associativas com reconhecida capacidade de fixar N em gramíneas, sendo a peletização das sementes uma técnica alternativa que pode aumentar a sobrevivência das bactérias na rizosfera.

O Mo tem funções catalítica e estrutural em enzimas envolvidas na fixação de N. A variabilidade genética permite que haja resposta diferenciada quanto à resposta à inoculação e à peletização das sementes e à aplicação de Mo em cobertura. Por isso, este estudo teve por objetivo avaliar os efeitos da inoculação, peletização das sementes e aplicação de Mo em cobertura em dois cultivares de trigo sobre a atividade da nitrato redutase, composição mineral e características agronômicas do trigo irrigado.

O experimento de campo foi constituído de 16 tratamentos, dispostos num esquema fatorial $2 \times 2 \times 2 \times 2$ [dois cultivares (EMBRAPA-22 e BR-26), duas doses de Mo (0 e 90 g.ha^{-1}), peletização (presente e ausente) e inoculação com *Azospirillum brasilense* (presente e ausente)] no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. O experimento em vasos foi constituído de 18 tratamentos, no mesmo delineamento e esquema fatorial, acrescidos de duas parcelas [(EMBRAPA-22 + 90 g.ha^{-1} de Mo + peletização + inoculação - P e - S) e (BR-26 + 90 g.ha^{-1} de Mo + peletização + inoculação - P e - S)].

Avaliaram-se a atividade da nitrato redutase (ANR) em quatro estádios da cultura e o teor de macro e micronutrientes na parte aérea e nos grãos, características radiculares e agronômicas do trigo.

A aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo e a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* aumentaram significativamente a ANR, nas quatro épocas avaliadas (28, 48, 68 e 88 dias após a emergência das plântulas). Ocorreu redução na atividade da enzima com o avanço do ciclo da cultura. A aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo e a inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense* aumentou a matéria seca, o comprimento, a área radicular e os teores de nutrientes nas plantas. As características radiculares e os teores de nutrientes foram maiores no cultivar EMBRAPA-22. A aplicação de 90 g.ha⁻¹ de Mo, assim como a inoculação de *Azospirillum brasilense*, aumentou a altura de plantas, a matéria seca dos grãos, a produtividade de grãos, a biomassa seca e o peso de mil grãos, nos dois experimentos realizados.

APÊNDICES

APÊNDICE A

EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO

Quadro 1A – Resumo da análise de variância da atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 28, 48, 68 e 88 dias após a emergência (DAE) das plântulas, nos diferentes tratamentos, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		28 DAE	48 DAE	68 DAE	88 DAE
Blocos	3	0,0042	0,0064	0,0054	0,0007
Peletização (Pe)	1	0,0988 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	0,0009 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	5,9046**	1,9682**	1,1278**	0,3639**
Inoculação (I)	1	2,9794**	0,5971**	0,4140**	0,1544**
Cultivar (C)	1	0,5016**	0,0616*	0,0001 ^{ns}	0,0022 ^{ns}
Pe x Mo	1	0,1088 ^{ns}	0,0127 ^{ns}	0,0080 ^{ns}	0,0009 ^{ns}
Pe x I	1	0,1687*	0,0092 ^{ns}	0,0099 ^{ns}	0,0011 ^{ns}
Pe x C	1	0,0413 ^{ns}	0,0034 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,0014 ^{ns}
Mo x I	1	0,4512**	0,0164 ^{ns}	0,0949**	0,0133**
Mo x C	1	0,0338 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0028 ^{ns}	0,0021 ^{ns}
I x C	1	0,0379 ^{ns}	0,0015 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0033 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,1189 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	0,0074 ^{ns}	0,0013 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,0010 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0011 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,0026 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0017 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,4863**	0,0770**	0,0029 ^{ns}	0,0048 ^{ns}
Testemunha (Test.)	1	0,0139 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	0,0011 ^{ns}
Test. vs. fatorial	1	1,0719**	0,4398**	0,2119**	0,0721**
Resíduo	52	0,0356	0,0091	0,0038	0,0015
Média		0,9642	0,7753	0,6302	0,3134
C.V.(%)		19,50	12,22	9,76	12,07

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 2A – Resumo da análise de variância de peso de matéria seca de raiz (MSR), diâmetro radicular (DR), comprimento radicular (CR) e área radicular (AR) nos diferentes tratamentos, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		MSR	DR	CR	AR
Blocos	3	2,8039	0,0004	34.126	201.869
Peletização (Pe)	1	0,0390 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	45.316 ^{ns}	80.798 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	6,0270**	0,0035**	325.613*	2.838.283**
Inoculação (I)	1	19,1406**	0,0033**	1.634.243**	3.688.320**
Cultivar (C)	1	5,7480*	0,0049**	816.086**	2.111.936**
Pe x Mo	1	0,5929 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	53.998 ^{ns}	1.225.00 ^{ns}
Pe x I	1	0,7140 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	25.004 ^{ns}	168.716 ^{ns}
Pe x C	1	0,8418 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	240.713 ^{ns}	2.070 ^{ns}
Mo x I	1	0,6123 ^{ns}	0,0025**	11 ^{ns}	738.311 ^{ns}
Mo x C	1	0,1332 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	32.086 ^{ns}	130.682 ^{ns}
I x C	1	0,0030 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	7.766 ^{ns}	16.066 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	1,4702 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	1.054.986**	17.956 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,0289 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	1.715.00 ^{ns}	6.765 ^{ns}
Pe x I x C	1	1,9182 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	43.838 ^{ns}	385.641 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,9456 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	28.603 ^{ns}	95.172 ^{ns}
Testemunha (Test.)	1	0,1711 ^{ns}	0,0016*	28.322 ^{ns}	194.376 ^{ns}
Test. vs. fatorial	1	20,9687**	0,0115**	1.229.234**	3.768.771**
Resíduo	52	0,8087	0,0003	74.512	2.051.26
Média		5,1951	0,2158	991	2,069
C.V.(%)		17,44	8,56	27,56	21,96

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 3A – Resumo da análise de variância de K no grão (KG), K na parte aérea (KPA), N-orgânico no grão (NOG) e N-orgânico na parte aérea (NOPA) nos diferentes tratamentos, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		KG	KPA	NOG	NOPA
Blocos	3	0,00327	0,020120	0,00282	0,00035
Peletização (Pe)	1	0,00058 ^{ns}	0,01351 ^{ns}	0,00526 ^{ns}	0,00009 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	0,00280 ^{ns}	0,19914**	0,04612**	0,00835**
Inoculação (I)	1	0,04280**	0,54206**	0,07933**	0,01074**
Cultivar (C)	1	0,01946*	0,14535*	0,04112**	0,00453**
Pe x Mo	1	0,00188 ^{ns}	0,02288 ^{ns}	0,00025 ^{ns}	0,00023 ^{ns}
Pe x I	1	0,00113 ^{ns}	0,01723 ^{ns}	0,00029 ^{ns}	0,00006 ^{ns}
Pe x C	1	0,00669 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00004 ^{ns}	0,00010 ^{ns}
Mo x I	1	0,00281 ^{ns}	0,00191 ^{ns}	0,00298 ^{ns}	0,00326**
Mo x C	1	0,00669 ^{ns}	0,01410 ^{ns}	0,00089 ^{ns}	0,00085 ^{ns}
I x C	1	0,00007 ^{ns}	0,00473 ^{ns}	0,00719 ^{ns}	0,00025 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,01155*	0,09533*	0,00015 ^{ns}	0,00012 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,00021 ^{ns}	0,01076 ^{ns}	0,00155 ^{ns}	0,00018 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,00074 ^{ns}	0,00289 ^{ns}	0,00759 ^{ns}	0,00065 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,00006 ^{ns}	0,00069 ^{ns}	0,00003 ^{ns}	0,00012 ^{ns}
Testemunha (Test.)	1	0,00131 ^{ns}	0,00500 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00043 ^{ns}
Test. vs. fatorial	1	0,03935**	1,05490**	0,14088**	0,01239**
Resíduo	52	0,00202	0,02296	0,00271	0,00037
Média		0,61627	2,25236	0,85623	0,23338
C.V.(%)		7,34	6,78	6,05	8,32

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 4A – Resumo da análise de variância de N-orgânico na folha (NOF), NO_3^- no grão (NITG), NO_3^- na parte aérea (NITPA) e NO_3^- na folha (NITF) nos diferentes tratamentos, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		NOF	NITG	NITPA	NITF
Blocos	3	0,018138	0,000053	0,000141	0,000558
Peletização (Pe)	1	0,001366 ^{ns}	0,000005 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000107 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	0,073501**	0,000096**	0,001472**	0,001097*
Inoculação (I)	1	0,030541**	0,000021 ^{ns}	0,001691**	0,006868**
Cultivar (C)	1	0,072448**	0,000098**	0,000534**	0,002875**
Pe x Mo	1	0,007133 ^{ns}	0,000034 ^{ns}	0,000011 ^{ns}	0,000310 ^{ns}
Pe x I	1	0,000266 ^{ns}	0,000023 ^{ns}	0,000159 ^{ns}	0,000284 ^{ns}
Pe x C	1	0,003589 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000005 ^{ns}	0,000034 ^{ns}
Mo x I	1	0,014759 ^{ns}	0,000011 ^{ns}	0,000260*	0,000001 ^{ns}
Mo x C	1	0,000454 ^{ns}	0,000029 ^{ns}	0,000092 ^{ns}	0,000008 ^{ns}
I x C	1	0,011910 ^{ns}	0,000005 ^{ns}	0,000026 ^{ns}	0,000031 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,001508 ^{ns}	0,000003 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000777 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,000120 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000199 ^{ns}	0,000001 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,004017 ^{ns}	0,000011 ^{ns}	0,000026 ^{ns}	0,000092 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,003247 ^{ns}	0,000029 ^{ns}	0,000007 ^{ns}	0,000221 ^{ns}
Testemunha (Test.)	1	0,001344 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000025 ^{ns}	0,000153 ^{ns}
Test. vs. fatorial	1	0,075747**	0,000083**	0,000984**	0,005519**
Resíduo	52	0,003997	0,000010	0,000053	0,000258
Média		0,7226778	0,0045375	0,0329583	0,0798889
C.V.(%)		8,74	69,36	22,22	20,30

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 5A – Resumo da análise de variância de N-total no grão (NTG), N-total na parte aérea (NTPA), N-total na folha (NTF) e P no grão (PG) nos diferentes tratamentos, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		NTG	NTPA	NTF	PG
Blocos	3	0,003476	0,000870	0,019690	0,000177
Peletização (Pe)	1	0,004933 ^{ns}	0,000106 ^{ns}	0,002239 ^{ns}	0,000072 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	0,050446**	0,016822**	0,092596**	0,010432**
Inoculação (I)	1	0,081969**	0,020966**	0,066378**	0,008093**
Cultivar (C)	1	0,045218**	0,008170**	0,104177**	0,001252*
Pe x Mo	1	0,000470 ^{ns}	0,000340 ^{ns}	0,010419 ^{ns}	0,000876 ^{ns}
Pe x I	1	0,000474 ^{ns}	0,000022 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000001 ^{ns}
Pe x C	1	0,000055 ^{ns}	0,000059 ^{ns}	0,002921 ^{ns}	0,000003 ^{ns}
Mo x I	1	0,003357 ^{ns}	0,005363**	0,014728 ^{ns}	0,004037**
Mo x C	1	0,000593 ^{ns}	0,001502 ^{ns}	0,000585 ^{ns}	0,000282 ^{ns}
I x C	1	0,007600 ^{ns}	0,000115 ^{ns}	0,010715 ^{ns}	0,000503 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,000105 ^{ns}	0,000153 ^{ns}	0,004449 ^{ns}	0,000030 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,001551 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000135 ^{ns}	0,000169 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,008194 ^{ns}	0,000417 ^{ns}	0,002887 ^{ns}	0,000326 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,000001 ^{ns}	0,000102 ^{ns}	0,001770 ^{ns}	0,000237 ^{ns}
Testemunha (Test.)	1	0,000005 ^{ns}	0,000662 ^{ns}	0,002406 ^{ns}	0,000692 ^{ns}
Test. vs. fatorial	1	0,1478026**	0,020364**	0,122132**	0,006464**
Resíduo	52	0,002842	0,000592	0,004296	0,000298
Média		0,8607441	0,2663177	0,8023538	0,2614236
C.V.(%)		6,14	9,16	8,17	6,66

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 6A – Resumo da análise de variância de P na parte aérea (PPA), S no grão (SG), S na parte aérea (SPA) e Ca no grão (CaG) nos diferentes tratamentos, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		PPA	SG	SPA	CaG
Blocos	3	0,001608	0,002803	0,001826	0,001647
Peletização (Pe)	1	0,001388 ^{ns}	0,002974 ^{ns}	0,004925 ^{ns}	0,001514 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	0,085147**	0,008582 ^{ns}	0,007885 ^{ns}	0,008174**
Inoculação (I)	1	0,055932**	0,042989**	0,056157**	0,010073**
Cultivar (C)	1	0,013748**	0,014033*	0,029851**	0,010912**
Pe x Mo	1	0,000188 ^{ns}	0,002861 ^{ns}	0,000408 ^{ns}	0,000058 ^{ns}
Pe x I	1	0,001321 ^{ns}	0,004214 ^{ns}	0,004560 ^{ns}	0,003013 ^{ns}
Pe x C	1	0,000894 ^{ns}	0,007715 ^{ns}	0,001283 ^{ns}	0,000675 ^{ns}
Mo x I	1	0,013712**	0,005107 ^{ns}	0,000638 ^{ns}	0,000829 ^{ns}
Mo x C	1	0,013900**	0,000316 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,001988 ^{ns}
I x C	1	0,004692 ^{ns}	0,008890 ^{ns}	0,013977*	0,000070 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,000355 ^{ns}	0,004015 ^{ns}	0,004789 ^{ns}	0,000674 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,000821 ^{ns}	0,000087 ^{ns}	0,001498 ^{ns}	0,000206 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,001521 ^{ns}	0,010274 ^{ns}	0,001554 ^{ns}	0,004188*
Mo x I x C	1	0,003684 ^{ns}	0,000044 ^{ns}	0,000233 ^{ns}	0,000317 ^{ns}
Testemunha (Test.)	1	0,000143 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,000185 ^{ns}	0,000001 ^{ns}
Test. vs. fatorial	1	0,034664**	0,008709 ^{ns}	0,030215**	0,006702**
Resíduo	52	0,001349	0,002634	0,002953	0,000940
Média		0,182536	0,078957	0,126345	0,056462
C.V.(%)		20,24	65,60	43,34	53,33

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 7A – Resumo da análise de variância de Ca na parte aérea (CaPA), Mg no grão (MgG), Mg na parte aérea (MgPA) e B no grão (BG) nos diferentes tratamentos, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		CaPA	MgG	MgPA	BG
Blocos	3	0,000428	0,000917	0,003155	274,765
Peletização (Pe)	1	0,000356 ^{ns}	0,000197 ^{ns}	0,000110 ^{ns}	1,8632 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	0,010555**	0,000181 ^{ns}	0,010542**	287,8112**
Inoculação (I)	1	0,019380**	0,015863**	0,002905 ^{ns}	421,6862**
Cultivar (C)	1	0,013739**	0,011225**	0,013989**	114,3830**
Pe x Mo	1	0,000505 ^{ns}	0,000011 ^{ns}	0,002302 ^{ns}	1,7822 ^{ns}
Pe x I	1	0,000543 ^{ns}	0,000163 ^{ns}	0,001875 ^{ns}	27,0920 ^{ns}
Pe x C	1	0,000003 ^{ns}	0,000881 ^{ns}	0,000347 ^{ns}	7,3712 ^{ns}
Mo x I	1	0,003254 ^{ns}	0,001204 ^{ns}	0,002007 ^{ns}	90,7256**
Mo x C	1	0,000560 ^{ns}	0,002406 ^{ns}	0,000570 ^{ns}	43,3622 ^{ns}
I x C	1	0,000293 ^{ns}	0,004436*	0,001089 ^{ns}	12,8522 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,000328 ^{ns}	0,001291 ^{ns}	0,000729 ^{ns}	1,1342 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,000225 ^{ns}	0,000022 ^{ns}	0,000370 ^{ns}	22,6100 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,001518 ^{ns}	0,000235 ^{ns}	0,003925*	4,4732 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,000017 ^{ns}	0,001204 ^{ns}	0,000445 ^{ns}	0,0110 ^{ns}
Testemunha (Test.)	1	0,000614 ^{ns}	0,000050 ^{ns}	0,000267 ^{ns}	3,0258 ^{ns}
Test. vs. fatorial	1	0,018024**	0,005237*	0,008407**	298,4250**
Resíduo	52	0,001003	0,001083	0,000865	11,9103
Média		0,208114	0,072597	0,071689	8,443334
C.V.(%)		15,34	45,77	40,78	40,99

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 8A – Resumo da análise de variância de Fe no grão (FeG), Fe na parte aérea (FePA), Cu no grão (CuG) e Cu na parte aérea (CuPA) nos diferentes tratamentos, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		FeG	FePA	CuG	CuPA
Blocos	3	978,04	15.541,5	0,479398	0,557454
Peletização (Pe)	1	1.305,02 ^{ns}	4.000,6 ^{ns}	0,022550 ^{ns}	0,926406 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	819,39 ^{ns}	5.079.389,0**	1,210000**	2,402500 ^{ns}
Inoculação (I)	1	13.024,52**	3.348.900,0**	3,376406**	11,39062**
Cultivar (C)	1	8.718,89**	663.817,6 ^{ns}	1,440000**	4,730625**
Pe x Mo	1	92,64 ^{ns}	929.778,1*	0,056406 ^{ns}	0,005625 ^{ns}
Pe x I	1	1.969,14 ^{ns}	114.582,2 ^{ns}	0,180625 ^{ns}	0,722500 ^{ns}
Pe x C	1	467,64 ^{ns}	51.189,1 ^{ns}	0,131406 ^{ns}	0,180625 ^{ns}
Mo x I	1	284,77 ^{ns}	864.900,0*	0,105625 ^{ns}	0,288906 ^{ns}
Mo x C	1	228,77 ^{ns}	11.502,6 ^{ns}	0,035156 ^{ns}	0,056406 ^{ns}
I x C	1	5.058,77*	11.236,0 ^{ns}	0,030625 ^{ns}	1,182656 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	805,14 ^{ns}	188.356,0 ^{ns}	0,345156 ^{ns}	1,593906 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	123,77 ^{ns}	71.958,1 ^{ns}	0,010000 ^{ns}	0,406406 ^{ns}
Pe x I x C	1	1.113,89 ^{ns}	204.756,2 ^{ns}	0,507656 ^{ns}	0,097656 ^{ns}
Mo x I x C	1	192,52 ^{ns}	992,3 ^{ns}	0,026406 ^{ns}	0,050625 ^{ns}
Testemunha (Test.)	1	15,13 ^{ns}	18.240,5 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,020000 ^{ns}
Test. vs. fatorial	1	3.094,11 ^{ns}	3.411.107,0**	3,657655**	9,948738**
Resíduo	52	938,88	179.623,4	0,153653	0,613717
Média		54,67	1.084,6	2,412500	1,451389
C.V.(%)		56,46	39,43	16,39	54,50

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 9A – Resumo da análise de variância de Zn no grão (ZnG), Zn na parte aérea (ZnPA), Mn no grão (MnG), Mn na parte aérea (MnPA) e Mo no grão (MoG) nos diferentes tratamentos, no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios				
		ZnG	ZnPA	MnG	MnPA	MoG
Blocos	3	4,371943	20,6026	1.502,611	21.101,21	0,065097
Peletização (Pe)	1	3,128477 ^{ns}	23,9488 ^{ns}	1.032,016 ^{ns}	213,89 ^{ns}	0,001116 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	43,148480**	11,1807 ^{ns}	236,391 ^{ns}	76.383,14**	0,409136**
Inoculação (I)	1	59,965660**	118,4016*	16.544,390**	32.355,02**	0,498630**
Cultivar (C)	1	36,375980**	98,8782*	11.156,640**	91.430,64**	0,161855*
Pe x Mo	1	1,546914 ^{ns}	16,7588 ^{ns}	1.147,516 ^{ns}	9.677,64 ^{ns}	0,001281 ^{ns}
Pe x I	1	2,344727 ^{ns}	29,9072 ^{ns}	1.147,516 ^{ns}	1.570,14 ^{ns}	0,059019 ^{ns}
Pe x C	1	0,135977 ^{ns}	19,1954 ^{ns}	3.011,266 ^{ns}	2.058,89 ^{ns}	0,008017 ^{ns}
Mo x I	1	0,032852 ^{ns}	26,5869 ^{ns}	2.292,016 ^{ns}	11.209,52 ^{ns}	0,044875 ^{ns}
Mo x C	1	0,352539 ^{ns}	11,5175 ^{ns}	4.144,141 ^{ns}	682,52 ^{ns}	0,038519 ^{ns}
I x C	1	1,772227 ^{ns}	25,9463 ^{ns}	153,141 ^{ns}	10.276,89 ^{ns}	0,043113 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,109727 ^{ns}	10,5219 ^{ns}	2.388,766 ^{ns}	2.244,39 ^{ns}	0,003418 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	1,395352 ^{ns}	9,8047 ^{ns}	31,641 ^{ns}	15,02 ^{ns}	0,077124 ^{ns}
Pe x I x C	1	7,596914 ^{ns}	41,3610 ^{ns}	1.064,391 ^{ns}	13.196,27 ^{ns}	0,018452 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,072226 ^{ns}	12,3816 ^{ns}	467,641 ^{ns}	2.127,52 ^{ns}	0,001266 ^{ns}
Testemunha (Test.)	1	0,002812 ^{ns}	1,8528 ^{ns}	630,125 ^{ns}	2.278,13 ^{ns}	0,001397 ^{ns}
Test. vs. fatorial	1	71,578588**	61,1327 ^{ns}	14.630,930**	80.018,24**	0,311908**
Resíduo	52	3,140016	20,0505	1.106,095	4.880,73	0,022768
Média		18,58889	7,9250	251,194	540,92	0,757
C.V.(%)		9,42	54,96	13,26	12,88	19,97

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 10A – Resumo da análise de variância de altura de plantas (AP), matéria seca dos grãos (MSG), biomassa seca de oito plantas (BIOM), número de grãos por espiga (NGE) e peso de mil grãos (PMG), no experimento em casa de vegetação. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios				
		AP	MSG	BIOM	NGE	PMG
Blocos	3	1,427	0,8718	5,1245	8,959	1,4483
Peletização (Pe)	1	0,203 ^{ns}	0,1634 ^{ns}	28,3743**	0,282 ^{ns}	0,7018 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	347,823**	20,4960**	37,8502**	45,563**	71,0526**
Inoculação (I)	1	173,581**	3,2779**	7,7034*	9,766 ^{ns}	8,3634**
Cultivar (C)	1	63,601**	2,3886**	3,5551 ^{ns}	12,691*	2,4409 ^{ns}
Pe x Mo	1	0,250 ^{ns}	0,0709 ^{ns}	0,0103 ^{ns}	2,540 ^{ns}	0,6506 ^{ns}
Pe x I	1	0,456 ^{ns}	0,1159 ^{ns}	0,1467 ^{ns}	4,649 ^{ns}	1,0514 ^{ns}
Pe x C	1	0,601 ^{ns}	0,1455 ^{ns}	0,3709 ^{ns}	5,204 ^{ns}	1,0179 ^{ns}
Mo x I	1	26,266**	0,0006 ^{ns}	0,3558 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,1335 ^{ns}
Mo x C	1	10,726*	0,0078 ^{ns}	0,2102 ^{ns}	0,098 ^{ns}	0,5979 ^{ns}
I x C	1	13,690**	0,0884 ^{ns}	3,6395 ^{ns}	0,391 ^{ns}	2,6808 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,106 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,7595 ^{ns}	0,048 ^{ns}	0,0679 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,681 ^{ns}	0,0180 ^{ns}	3,4466 ^{ns}	0,353 ^{ns}	0,0400 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,810 ^{ns}	0,1209 ^{ns}	0,3543 ^{ns}	2,954 ^{ns}	0,3569 ^{ns}
Mo x I x C	1	24,503**	0,2364 ^{ns}	0,0015 ^{ns}	1,563 ^{ns}	0,1288 ^{ns}
Testemunha (Test.)	1	2,761 ^{ns}	1,1982*	22,1978**	3,283 ^{ns}	6,0044*
Test. vs. fatorial	1	342,867**	60,7088**	543,4300**	496,919**	25,6403**
Resíduo	52	1,833	0,2223	1,2755	2,849	1,1060
Média		62,235	10,7729	25,9125	36,227	37,1144
C.V.(%)		2,16	4,42	4,26	4,68	2,84

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

APÊNDICE B

EXPERIMENTO NO CAMPO

Quadro 1B – Resumo da análise de variância da atividade da nitrato redutase ($\mu\text{moles de NO}_2^- \cdot \text{gMF}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) aos 28, 48, 68 e 88 dias após a emergência (DAE) das plântulas, nos diferentes tratamentos, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		28 DAE	48 DAE	68 DAE	88 DAE
Blocos	3	0,03342	0,01157	0,054046	0,00071
Peletização (Pe)	1	0,07440 ^{ns}	0,06240 ^{ns}	0,19629 ^{ns}	0,00215 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	10,18886**	5,11811**	7,50897**	0,51827**
Inoculação (I)	1	4,31237**	1,86766**	1,24306**	0,17628**
Cultivar (C)	1	0,21779 ^{ns}	0,82896**	1,04950**	0,05534**
Pe x Mo	1	0,00001 ^{ns}	0,00859 ^{ns}	0,12461 ^{ns}	0,00011 ^{ns}
Pe x I	1	0,00500 ^{ns}	0,00760 ^{ns}	0,02064 ^{ns}	0,00024 ^{ns}
Pe x C	1	0,01161 ^{ns}	0,00373 ^{ns}	0,05873 ^{ns}	0,00110 ^{ns}
Mo x I	1	1,15321**	0,47517**	0,37268*	0,02316**
Mo x C	1	0,06658 ^{ns}	0,30368 ^{ns}	0,34498*	0,00231 ^{ns}
I x C	1	0,05688 ^{ns}	0,36328 ^{ns}	0,11589 ^{ns}	0,00148 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,05588 ^{ns}	0,07309 ^{ns}	0,00441 ^{ns}	0,00346*
Pe x Mo x C	1	0,00213 ^{ns}	0,00802 ^{ns}	0,11823 ^{ns}	0,00046 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,00599 ^{ns}	0,03620 ^{ns}	0,03128 ^{ns}	0,00068 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,05893 ^{ns}	0,21144**	0,02191 ^{ns}	0,00588**
Resíduo	46	0,06265	0,02367	0,07879	0,00061
Média		1,1377	0,9083	0,8971	0,3523
C.V.(%)		22,19	16,96	31,62	7,06

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 2B – Resumo da análise de variância de peso de matéria seca de raiz (MSR), diâmetro radicular (DR), comprimento radicular (CR) e área radicular (AR) nos diferentes tratamentos, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		MSR	DR	CR	AR
Blocos	3	0,00160	0,00101	165,00	1.588
Peletização (Pe)	1	0,00030 ^{ns}	0,00023 ^{ns}	68,77 ^{ns}	1.355 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	0,15759**	0,05220**	4.408,45**	4.704*
Inoculação (I)	1	0,06166**	0,01929**	1.035,08*	1.181 ^{ns}
Cultivar (C)	1	0,02033**	0,00516*	1.080,65*	6.211**
Pe x Mo	1	0,00011 ^{ns}	0,00015 ^{ns}	8,44 ^{ns}	1.294 ^{ns}
Pe x I	1	0,00043 ^{ns}	0,00006 ^{ns}	143,36 ^{ns}	721 ^{ns}
Pe x C	1	0,00034 ^{ns}	0,00349 ^{ns}	477,23 ^{ns}	736 ^{ns}
Mo x I	1	0,00025 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	186,75 ^{ns}	2.005 ^{ns}
Mo x C	1	0,00533 ^{ns}	0,00045 ^{ns}	1,45 ^{ns}	1.084 ^{ns}
I x C	1	0,00696*	0,00007 ^{ns}	32,26 ^{ns}	151 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,00001 ^{ns}	0,00013 ^{ns}	63,28 ^{ns}	1.253 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,00193 ^{ns}	0,00208 ^{ns}	239,26 ^{ns}	1.152 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,00407 ^{ns}	0,00054 ^{ns}	4,68 ^{ns}	211 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,00048 ^{ns}	0,00129 ^{ns}	79,74 ^{ns}	812 ^{ns}
Resíduo	46	0,00171	0,00112	223,59	794
Média		0,3286	0,3356	35,5375	61,6821
C.V.(%)		12,57	10,07	41,53	46,04

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 3B – Resumo da análise de variância de K no grão (KG), K na parte aérea (KPA), N-orgânico no grão (NOG) e N-orgânico na parte aérea (NOPA) nos diferentes tratamentos, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		KG	KPA	NOG	NOPA
Blocos	3	0,000027	0,002517	0,002430	0,001354
Peletização (Pe)	1	0,000257*	0,006430 ^{ns}	0,013117 ^{ns}	0,001606 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	0,017294**	0,250365**	0,333145**	0,867954**
Inoculação (I)	1	0,006955**	0,090903**	0,114540**	0,232882**
Cultivar (C)	1	0,002973**	0,054824**	0,093981**	0,098194**
Pe x Mo	1	0,000001 ^{ns}	0,002973 ^{ns}	0,000100 ^{ns}	0,019534 ^{ns}
Pe x I	1	0,000010 ^{ns}	0,001245 ^{ns}	0,001753 ^{ns}	0,000213 ^{ns}
Pe x C	1	0,000001 ^{ns}	0,000041 ^{ns}	0,003342 ^{ns}	0,000372 ^{ns}
Mo x I	1	0,000092 ^{ns}	0,000370 ^{ns}	0,000647 ^{ns}	0,013788 ^{ns}
Mo x C	1	0,000164*	0,004537 ^{ns}	0,004084 ^{ns}	0,007588 ^{ns}
I x C	1	0,000093 ^{ns}	0,000504 ^{ns}	0,002211 ^{ns}	0,007835 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,000041 ^{ns}	0,000010 ^{ns}	0,006988 ^{ns}	0,003442 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,000093 ^{ns}	0,004979 ^{ns}	0,003656 ^{ns}	0,031590 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,000041 ^{ns}	0,000658 ^{ns}	0,004835 ^{ns}	0,017206 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,000165 ^{ns}	0,001739 ^{ns}	0,007014 ^{ns}	0,000409 ^{ns}
Resíduo	46	0,000036	0,006451	0,009523	0,010973
Média		0,5077	0,8252	1,6003	0,7496
C.V.(%)		1,16	9,83	5,92	14,04

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 4B – Resumo da análise de variância de N-orgânico na folha (NOF), NO₃⁻ no grão (NITG), NO₃⁻ na parte aérea (NITPA) e NO₃⁻ na folha (NITF) nos diferentes tratamentos, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		NOF	NITG	NITPA	NITF
Blocos	3	0,0322	0,0000087	0,0000041	0,0000044
Peletização (Pe)	1	0,0002 ^{ns}	0,0000003 ^{ns}	0,0000045 ^{ns}	0,0000276 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	2,0532**	0,0000011 ^{ns}	0,0000508**	0,0004840**
Inoculação (I)	1	0,7644**	0,0000019 ^{ns}	0,0001658**	0,0001891*
Cultivar (C)	1	0,2946**	0,0000787**	0,0000429**	0,0001266 ^{ns}
Pe x Mo	1	0,0056 ^{ns}	0,0000191 ^{ns}	0,0000069 ^{ns}	0,0000006 ^{ns}
Pe x I	1	0,0156 ^{ns}	0,0000136 ^{ns}	0,0000069 ^{ns}	0,0000023 ^{ns}
Pe x C	1	0,0117 ^{ns}	0,0000038 ^{ns}	0,0000005 ^{ns}	0,0000001 ^{ns}
Mo x I	1	0,0003 ^{ns}	0,0000592**	0,0000131*	0,0000001 ^{ns}
Mo x C	1	0,0128 ^{ns}	0,0000021 ^{ns}	0,0000073 ^{ns}	0,0000391 ^{ns}
I x C	1	0,0474 ^{ns}	0,0000013 ^{ns}	0,0000093 ^{ns}	0,0000003 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,0010 ^{ns}	0,0000001 ^{ns}	0,0000045 ^{ns}	0,0000203 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,0243 ^{ns}	0,0000150 ^{ns}	0,0000297**	0,0000723 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,0641 ^{ns}	0,0000102 ^{ns}	0,0000001 ^{ns}	0,0000016 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,0025 ^{ns}	0,0000102 ^{ns}	0,0000384**	0,0000010 ^{ns}
Resíduo	46	0,0249	0,0000063	0,0000031	0,0000391
Média		2,7802	0,0027	0,0030	0,0116
C.V.(%)		5,68	93,61	52,90	53,48

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 5B – Resumo da análise de variância de N-total no grão (NTG), N-total na parte aérea (NTPA), N-total na folha (NTF) e P no grão (PG) nos diferentes tratamentos, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		NTG	NTPA	NTF	PG
Blocos	3	0,00240 ^{ns}	0,00129 ^{ns}	0,03151 ^{ns}	0,000715 ^{ns}
Peletização (Pe)	1	0,01324 ^{ns}	0,00144 ^{ns}	0,00010 ^{ns}	0,000009 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	0,33436**	0,88132**	2,11673**	0,008369**
Inoculação (I)	1	0,11546**	0,24546**	0,78854**	0,000598 ^{ns}
Cultivar (C)	1	0,09947**	0,10234**	0,30689**	0,005313**
Pe x Mo	1	0,00021 ^{ns}	0,02027 ^{ns}	0,00575 ^{ns}	0,000877 ^{ns}
Pe x I	1	0,00208 ^{ns}	0,00030 ^{ns}	0,01520 ^{ns}	0,000075 ^{ns}
Pe x C	1	0,00358 ^{ns}	0,00040 ^{ns}	0,01171 ^{ns}	0,000613 ^{ns}
Mo x I	1	0,00112 ^{ns}	0,01295 ^{ns}	0,00031 ^{ns}	0,000128 ^{ns}
Mo x C	1	0,00427 ^{ns}	0,00713 ^{ns}	0,01422 ^{ns}	0,000004 ^{ns}
I x C	1	0,00211 ^{ns}	0,00731 ^{ns}	0,04762 ^{ns}	0,000613 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,00700 ^{ns}	0,00320 ^{ns}	0,00075 ^{ns}	0,000200 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,00320 ^{ns}	0,03356 ^{ns}	0,02176 ^{ns}	0,000111 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,00400 ^{ns}	0,01726 ^{ns}	0,06347 ^{ns}	0,000693 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,00756 ^{ns}	0,00020 ^{ns}	0,00259 ^{ns}	0,000366 ^{ns}
Resíduo	46	0,00951	0,01105	0,02535	0,000409
Média		1,6030	0,7526	2,7919	0,4081
C.V.(%)		5,90	14,04	5,71	4,95

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 6B – Resumo da análise de variância de P na parte aérea (PPA), S no grão (SG), S na parte aérea (SPA) e Ca no grão (CaG) nos diferentes tratamentos, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		PPA	SG	SPA	CaG
Blocos	3	0,0004817	0,0000029	0,000304	0,0001590
Peletização (Pe)	1	0,0000282 ^{ns}	0,0000002 ^{ns}	0,000143 ^{ns}	0,0000373 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	0,0429914**	0,0004439**	0,010479**	0,0003664 ^{ns}
Inoculação (I)	1	0,0163760**	0,0002043**	0,000576 ^{ns}	0,0002255 ^{ns}
Cultivar (C)	1	0,0059098*	0,0000949*	0,001639*	0,0006195*
Pe x Mo	1	0,0000353 ^{ns}	0,0000027 ^{ns}	0,000192 ^{ns}	0,0000065 ^{ns}
Pe x I	1	0,0004923 ^{ns}	0,0000104 ^{ns}	0,000073 ^{ns}	0,0000002 ^{ns}
Pe x C	1	0,0049658*	0,0001403*	0,000863 ^{ns}	0,0000007 ^{ns}
Mo x I	1	0,0000006 ^{ns}	0,0000038 ^{ns}	0,000382 ^{ns}	0,0002107 ^{ns}
Mo x C	1	0,0002441 ^{ns}	0,0000023 ^{ns}	0,000134 ^{ns}	0,0000078 ^{ns}
I x C	1	0,0001641 ^{ns}	0,0000104 ^{ns}	0,000470 ^{ns}	0,0000071 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,0010160 ^{ns}	0,0000106 ^{ns}	0,000216 ^{ns}	0,0000012 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,0001373 ^{ns}	0,0000249 ^{ns}	0,000226 ^{ns}	0,0000841 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,0000908 ^{ns}	0,0000014 ^{ns}	0,000284 ^{ns}	0,0000023 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,0018162 ^{ns}	0,0000556 ^{ns}	0,000590 ^{ns}	0,0000785 ^{ns}
Resíduo	46	0,0009940	0,0000174	0,000383	0,0000940
Média		0,2584	0,09030	0,0960	0,0400
C.V.(%)		12,33	4,64	19,73	24,47

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 7B – Resumo da análise de variância de Ca na parte aérea (CaPA), Mg no grão (MgG), Mg na parte aérea (MgPA) e B no grão (BG) nos diferentes tratamentos, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		CaPA	MgG	MgPA	BG
Blocos	3	0,000267	0,000027	0,000084	37,10
Peletização (Pe)	1	0,000001 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000010 ^{ns}	13,18 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	0,004523**	0,002011**	0,001118**	671,85**
Inoculação (I)	1	0,003178**	0,000748**	0,000375*	717,70**
Cultivar (C)	1	0,002484*	0,000485**	0,000340*	235,01**
Pe x Mo	1	0,000605 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000006 ^{ns}	8,82 ^{ns}
Pe x I	1	0,000072 ^{ns}	0,000005 ^{ns}	0,000022 ^{ns}	6,97 ^{ns}
Pe x C	1	0,000460 ^{ns}	0,000027 ^{ns}	0,000141 ^{ns}	10,50 ^{ns}
Mo x I	1	0,000449 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000088 ^{ns}	34,22 ^{ns}
Mo x C	1	0,000007 ^{ns}	0,000041 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	22,75 ^{ns}
I x C	1	0,000738 ^{ns}	0,000074 ^{ns}	0,000006 ^{ns}	37,45 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,000261 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	0,000022 ^{ns}	50,13 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	0,000001 ^{ns}	0,000033 ^{ns}	0,000056 ^{ns}	37,45 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,000049 ^{ns}	0,000074 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	14,52 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,000009 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	0,000002 ^{ns}	104,04 ^{ns}
Resíduo	46	0,000369	0,000029	0,000073	26,54
Média		0,1166	0,0895	0,0632	8,055
C.V.(%)		16,54	6,07	13,16	63,73

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 8B – Resumo da análise de variância de Fe no grão (FeG), Fe na parte aérea (FePA), Cu no grão (CuG) e Cu na parte aérea (CuPA) nos diferentes tratamentos, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		FeG	FePA	CuG	CuPA
Blocos	3	2.290	21.635	0,4258	0,0814
Peletização (Pe)	1	2.235 ^{ns}	20.978 ^{ns}	0,0938 ^{ns}	0,0032 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	32.571**	88.231**	5,9110**	9,3407**
Inoculação (I)	1	2.095 ^{ns}	5.375 ^{ns}	5,7300**	3,4922**
Cultivar (C)	1	18.030*	108.661**	2,7019*	2,2313*
Pe x Mo	1	2.369 ^{ns}	16.285 ^{ns}	0,0938 ^{ns}	0,0010 ^{ns}
Pe x I	1	1.821 ^{ns}	16.949 ^{ns}	0,5719 ^{ns}	0,5532 ^{ns}
Pe x C	1	309 ^{ns}	2.491 ^{ns}	1,9775 ^{ns}	3,0844**
Mo x I	1	51 ^{ns}	32.666 ^{ns}	0,3525 ^{ns}	0,2822 ^{ns}
Mo x C	1	12.194 ^{ns}	16.119 ^{ns}	0,0207 ^{ns}	0,3094 ^{ns}
I x C	1	314 ^{ns}	574 ^{ns}	0,4144 ^{ns}	0,0479 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	3.991 ^{ns}	8.494 ^{ns}	0,5347 ^{ns}	0,5719 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	4.526 ^{ns}	14.699 ^{ns}	0,0329 ^{ns}	0,7988 ^{ns}
Pe x I x C	1	582 ^{ns}	19723 ^{ns}	0,3094 ^{ns}	0,1016 ^{ns}
Mo x I x C	1	680 ^{ns}	16.871 ^{ns}	0,3829 ^{ns}	0,7988 ^{ns}
Resíduo	46	4.196	10.458	0,4938	0,3339
Média		98,0031	368,6203	4,3430	2,5636
C.V.(%)		65,87	28,04	16,30	22,96

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 9B – Resumo da análise de variância de Zn no grão (ZnG), Zn na parte aérea (ZnPA), Mn no grão (MnG), Mn na parte aérea (MnPA) e Mo no grão (MoG) nos diferentes tratamentos, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios				
		ZnG	ZnPA	MnG	MnPA	MoG
Blocos	3	79,121	91,541	28,5944	72,315	0,11257
Peletização (Pe)	1	0,250 ^{ns}	1,366 ^{ns}	0,0156 ^{ns}	25,883 ^{ns}	0,00015 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	242,581*	263,048*	407,5352**	6.486,289**	2,47251**
Inoculação (I)	1	82,129 ^{ns}	26,587 ^{ns}	236,7752**	1.989,160**	0,52479 ^{ns}
Cultivar (C)	1	243,360*	221,824*	223,1289**	1.126,441**	0,24191 ^{ns}
Pe x Mo	1	12,960 ^{ns}	22,741 ^{ns}	37,2100 ^{ns}	19,803 ^{ns}	0,00170 ^{ns}
Pe x I	1	0,345 ^{ns}	3,124 ^{ns}	6,0025 ^{ns}	0,131 ^{ns}	0,39378 ^{ns}
Pe x C	1	10,890 ^{ns}	18,009 ^{ns}	40,3225 ^{ns}	53,290 ^{ns}	0,22780 ^{ns}
Mo x I	1	139,535 ^{ns}	114,356 ^{ns}	6,6952 ^{ns}	95,306 ^{ns}	0,27135 ^{ns}
Mo x C	1	5,881 ^{ns}	20,873 ^{ns}	3,7539 ^{ns}	469,806*	0,05298 ^{ns}
I x C	1	3,019 ^{ns}	7,945 ^{ns}	52,3814 ^{ns}	77,660 ^{ns}	0,06974 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	4,569 ^{ns}	5,850 ^{ns}	20,4756 ^{ns}	49,351 ^{ns}	0,20091 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	22,563 ^{ns}	8,592 ^{ns}	0,1225 ^{ns}	135,431 ^{ns}	0,20092 ^{ns}
Pe x I x C	1	1,025 ^{ns}	0,197 ^{ns}	6,7600 ^{ns}	173,581 ^{ns}	0,04861 ^{ns}
Mo x I x C	1	9,687 ^{ns}	27,497 ^{ns}	0,0189 ^{ns}	0,106 ^{ns}	0,02959 ^{ns}
Resíduo	46	44,080	50,444	30,6242	109,729	0,14190
Média		39,025	30,1086	65,3141	102,2125	0,6944
C.V.(%)		17,13	23,65	8,45	10,26	53,32

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 10B – Resumo da análise de variância de peso hectolétrico (PH), peso de mil grãos (PMG), altura média de plantas (AP) e número de espigas por m² (NEM2), no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		PH	PMG	AP	NEM2
Blocos	3	3,0711	0,8264	0,4375	1.335,89
Peletização (Pe)	1	0,3555 ^{ns}	1,1161 ^{ns}	36,0000*	425,39 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	29,3900**	61,8661**	2.475,0620**	62,02 ^{ns}
Inoculação (I)	1	10,1841*	20,2117**	600,2500**	1.251,39 ^{ns}
Cultivar (C)	1	2,8603 ^{ns}	0,7251 ^{ns}	3,0625 ^{ns}	1,89 ^{ns}
Pe x Mo	1	2,1572 ^{ns}	0,9580 ^{ns}	0,2500 ^{ns}	558,14 ^{ns}
Pe x I	1	0,9433 ^{ns}	0,3618 ^{ns}	0,0625 ^{ns}	66,02 ^{ns}
Pe x C	1	0,3206 ^{ns}	1,5432 ^{ns}	9,0000 ^{ns}	3,52 ^{ns}
Mo x I	1	0,0004 ^{ns}	2,9860 ^{ns}	100,0000**	385,14 ^{ns}
Mo x C	1	2,5004 ^{ns}	0,4607 ^{ns}	3,0625 ^{ns}	21,39 ^{ns}
I x C	1	5,1246 ^{ns}	0,0121 ^{ns}	4,0000 ^{ns}	159,39 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	0,0172 ^{ns}	0,6213 ^{ns}	3,0625 ^{ns}	221,27 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	2,3832 ^{ns}	0,3278 ^{ns}	6,2500 ^{ns}	192,52 ^{ns}
Pe x I x C	1	1,4430 ^{ns}	0,4953 ^{ns}	0,0625 ^{ns}	570,02 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,9240 ^{ns}	0,8441 ^{ns}	0,2500 ^{ns}	43,89 ^{ns}
Resíduo	46	1,9077	1,0363	5,1793	688,41
Média		77,1205	37,7921	73,4688	288,6406
C.V.(%)		1,80	2,71	3,10	9,19

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 11B – Resumo da análise de variância de número de grãos por espiga (NGE), número de grãos por m² (NGM2), produtividade (PROD) e biomassa seca (BIOM) nos diferentes tratamentos, no experimento de campo. Viçosa, MG, 1999

F.V.	G.L.	Quadrados Médios			
		NGE	NGM2	PROD	BIOM
Blocos	3	0,8906	2.010.228	3.184	397.582
Peletização (Pe)	1	1,8906 ^{ns}	1.464.100 ^{ns}	182.116*	1.416 ^{ns}
Molibdênio (Mo)	1	123,7656**	8.627.438*	9.203.639**	223.581.000**
Inoculação (I)	1	87,8906**	1.990.921 ^{ns}	3.072.133**	89.082.920**
Cultivar (C)	1	0,7656 ^{ns}	16.900 ^{ns}	48.620 ^{ns}	71.489 ^{ns}
Pe x Mo	1	17,0156*	4.280.761 ^{ns}	16.576 ^{ns}	534.544 ^{ns}
Pe x I	1	1,8906 ^{ns}	482.678 ^{ns}	3.053 ^{ns}	102.640 ^{ns}
Pe x C	1	0,3906 ^{ns}	127.628 ^{ns}	43.264 ^{ns}	340.618 ^{ns}
Mo x I	1	4,5156 ^{ns}	1.981.056 ^{ns}	1.000.500 ^{ns}	26.932.210**
Mo x C	1	0,0156 ^{ns}	59.049 ^{ns}	48.400 ^{ns}	97.422 ^{ns}
I x C	1	0,7656 ^{ns}	630.833 ^{ns}	6.561 ^{ns}	57.300 ^{ns}
Pe x Mo x I	1	17,0156*	426.736 ^{ns}	1.314 ^{ns}	83.593 ^{ns}
Pe x Mo x C	1	1,8906 ^{ns}	1.014.553 ^{ns}	16.770 ^{ns}	59.231 ^{ns}
Pe x I x C	1	0,1406 ^{ns}	66.2596 ^{ns}	6.724 ^{ns}	178.611 ^{ns}
Mo x I x C	1	0,0156 ^{ns}	137.456 ^{ns}	3.969 ^{ns}	17.922 ^{ns}
Resíduo	46	2,8091	1.415.204	30.100	1.104.734
Média		38,5469	11.164,66	1.738,094	8.123,172
C.V.(%)		4,35	10,75	10,09	13,03

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade.