



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

Fialho dos Reis, Edésio; Carbone Carneiro, Marco Aurélio; Saggin-Júnior, Orivaldo José; Rotta, Douglas André; Sousa, Mohamad Youssef

Absorção de fósforo em doze genótipos de milho inoculados com fungo micorrízico arbuscular em solo de cerrado

Ciência Rural, vol. 38, núm. 9, diciembre, 2008, pp. 2441-2447

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33113634005>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Absorção de fósforo em doze genótipos de milho inoculados com fungo micorrízico arbuscular em solo de cerrado

Phosphorus absorption in twelve corn genotypes inoculated with arbuscular mycorrhizal fungus in cerrado soil

Edésio Fialho dos Reis^{I*} Marco Aurélio Carbone Carneiro^I Orivaldo José Saggini-Júnior^{II}
Douglas André Rotta^I Mohamad Yussef Sousa^I

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a eficiência de absorção de fósforo em doze genótipos de milho na presença e na ausência de inoculação com fungo micorrízico arbuscular. Para tanto, foi instalado um experimento em casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias e Biológicas da Universidade Federal de Goiás, em Jataí, Goiás, com delineamento em blocos ao acaso com três repetições em fatorial 12x2x2. Os genótipos foram: AG9010, P30K75, AG8060, P30P70, AG405, P30F33, AG7000, BANDEIRANTE, EMGOPA501, BALU178, DINA657 e 2C599, cultivados sob duas doses de fósforo (10 e 100mg kg⁻¹ de P na solução do solo) na presença ou na ausência de micorrização com *Glomus etunicatum*. Foi verificada diferença entre os genótipos na produção de matéria seca na raiz, na razão entre matéria seca na raiz e matéria seca na parte aérea, na colonização com fungo micorrízico e na razão fósforo acumulado na parte aérea por matéria seca na raiz. A micorrização alterou a classificação dos genótipos quanto à produção de matéria seca de parte aérea sob baixo P e à resposta ao aumento do suprimento de P.

Palavras-chave: *Zea mays L.*, colonização radicular, *Glomus etunicatum*.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the efficiency of phosphorus absorption in twelve corn genotypes. The study was performed in presence and absence of arbuscular mycorrhizal fungus inoculation. The experiment took place at the Agrarian and Biological Center greenhouse, in the Federal University of Goiás, Jataí, Brazil. The genotypes were randomly distributed in blocks with three replicates in a 12x2x2 factorial. The genotypes were AG9010, P30K75, AG8060, P30P70, AG405, P30F33, AG7000, BANDEIRANTES, EMGOPA501, BALU178, DINA657, 2C599, cultivated under two doses of phosphorus (10 and 100mg kg⁻¹ of P in soil solution) in presence or absence of *Glomus etunicatum* mycorrhization. The study verified the difference among genotypes in dry root matter production. The ratio among root dry and shoot dry matter colonized with mycorrhizal fungus was observed. Ratio accumulated phosphorus among shoot and dry root matter was also seen. The mycorrhization changed classification of genotypes regarding to dry matter shoot production under low P and the response for higher P supply.

*BALU178, DINA657, 2C599, cultivated under two doses of phosphorus (10 and 100mg kg⁻¹ of P in soil solution) in presence or absence of *Glomus etunicatum* mycorrhization. The study verified the difference among genotypes in dry root matter production. The ratio among root dry and shoot dry matter colonized with mycorrhizal fungus was observed. Ratio accumulated phosphorus among shoot and dry root matter was also seen. The mycorrhization changed classification of genotypes regarding to dry matter shoot production under low P and the response for higher P supply.*

Key words: *Zea mays L.*, root colonization, *Glomus etunicatum*.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a região dos Cerrados tem sido uma das principais áreas de expansão agrícola no Brasil. A região apresenta tanto características favoráveis como limitantes à produção agrícola. As favoráveis são topografia plana e textura dos solos, que facilitam a mecanização, a precipitação suficiente, a temperatura e a luminosidade adequadas e a boa drenagem dos solos. Quanto às desfavoráveis, a maior restrição consiste na associação da alta acidez (pH baixo e elevada saturação por alumínio) com a baixa fertilidade natural dos solos, principalmente em relação à disponibilidade de fósforo (ERNANI et al., 2002).

A concentração de fósforo na solução dos solos da região dos Cerrados é muito baixa em virtude da alta capacidade de fixação do nutriente pelas argilas e pelos óxidos de ferro e alumínio (NOVAES & SMYTH,

^ICentro de Ciências Agrárias (CCA), Campus Jataí, Universidade Federal de Goiás (UFG), CP 03, 75800-000, Jataí, GO, Brasil. E-mail: edesio@jatai.ufg.br. ^{*}Autor para correspondência.

^{II}Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, Brasil.

1999). Para atenuar esse problema, grandes quantidades de fertilizantes fosfatados têm sido utilizadas, aumentando o custo na produção. Outra estratégia seria selecionar plantas eficientes na absorção e na utilização do fósforo, por meio da variabilidade genética, o que proporcionaria redução de gastos. FOX (1978) define uma planta eficiente em fósforo como aquela que produz uma grande quantidade de matéria seca por unidade de tempo e área, desenvolvendo-se em um meio que tenha fósforo disponível menos do que suficiente para a máxima produtividade.

As diferenças genéticas na tolerância a solos com estresse nutricional, principalmente em relação ao fósforo, são documentadas em várias culturas. Tais diferenças têm sido relacionadas, basicamente, à eficiência com que as plantas absorvem o nutriente da solução e/ou utilizam-no internamente (FURLANI et al., 1985; FÖHSE et al., 1988; JONES et al., 1992). Vários fatores distinguem a capacidade de absorção de fósforo entre genótipos. Entre esses fatores, pode-se citar: morfologia do sistema radicular, razão raiz:parte aérea (SMITH et al., 1990), distribuição, arquitetura e raio de raízes e pêlos radiculares (BONSER et al., 1996; ARAÚJO et al., 1998) e eficiência na simbiose com fungos micorrízicos (SMITH et al., 1992).

A simbiose entre fungos e as raízes da maioria das espécies de plantas vasculares, entre elas as do milho, denomina-se micorrizas. Entre as micorrizas, as denominadas micorrizas arbusculares são as de maior ocorrência em solos tropicais. Esta associação simbótica mutualista proporciona um aumento da capacidade de absorção de água e nutrientes, com destaque para o fósforo, promovendo incremento na eficiência da adubação fosfatada (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002). Vários trabalhos demonstram os efeitos benéficos desta simbiose no aumento do crescimento e na melhoria do estado nutricional da cultura do milho (SIQUEIRA et al., 1989; MIRANDA & MIRANDA, 1997), na melhoria do sistema radicular com aumento do número de raízes laterais primárias e secundárias e no aumento do teor de P na planta (BRESSAM & VASCONCELOS, 2002). No entanto, há deficiência de estudos que visam discriminar genótipos de milho na presença de fungos micorrízicos em solos com baixo fósforo disponível, como os de Cerrado.

Em um programa de melhoramento de milho, é importante o conhecimento da performance do material em estudo para que os genótipos possam ser agrupados para obtenção de populações e/ou híbridos superiores para a característica em estudo. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar, em casa de vegetação, doze genótipos de milho e a influência da inoculação de fungo micorrízico na eficiência da absorção de fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias e Biológicas na Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí - GO. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com três repetições, no esquema fatorial 12x2x2, sendo estudados 12 genótipos de milho (AG9010, P30K75, AG8060, P30P70, AG405, P30F33, AG7000, BANDEIRANTE, EMGOPA501, BALU178, DINAS657 e 2C599), submetidos a duas doses de fósforo (10 e 100mg L⁻¹ de P na solução do solo) e na presença ou ausência de inoculação do fungo micorrízico arbuscular *Glomus etunicatum*. Cada parcela foi constituída por um vaso contendo 5kg de solo Latossolo Vermelho distroférico, com duas plantas após o desbaste.

Para a determinação das doses de fósforo (P), foi realizado ensaio prévio que consistiu na obtenção da curva de concentração de P na solução do solo. Para tal, o solo foi incubado por três dias após a aplicação de doses crescentes de superfosfato triplo, com cinco repetições para cada dose, sendo a solução do solo extraída por centrifugação, coletando-se o sobrenadante em que foi determinado o P disponível, conforme metodologia da EMBRAPA (1997). A curva de P aplicado e P recuperado obtida teve comportamento linear, com R² superior a 90%. Com base nesta curva, para obtenção das concentrações de 10 e 100mg L⁻¹ de P na solução do solo, foi necessária a aplicação de 2,7 e 27g kg⁻¹ de superfosfato triplo, respectivamente.

No ato do plantio foi realizada a adubação com nitrogênio e potássio aplicando-se 30 e 50kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, via solução nutritiva com NH₄NO₃ e KCl, conforme recomendação para a cultura do milho (SOUZA & LOBATO, 2004). Neste momento foi realizada a inoculação com o fungo micorrízico arbuscular (FMA), aplicando-se 10ml de inoculante na forma de solo proveniente de um vaso de cultivo do fungo com braquiária, contendo em torno de 10 esporos por ml, além de hifas e raízes colonizadas, que também atuam como propágulos. No tratamento sem inoculação, foi aplicado um filtrado do inoculante, sem propágulos do FMA, com o objetivo de inserir a microbiota presente no solo-inóculo. No solo estudado foram encontrados somente oito esporos de FMA em 50ml de solução.

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação por 50 dias, quando as plantas foram colhidas para obtenção da matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e teor de P. Em torno de 1g de raízes frescas foi retirado de cada parcela

e acondicionado em frasco com álcool 50% para posterior avaliação da colonização micorrízica. Este foi avaliado no Laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica-RJ, conforme GIOVANNETTI & MOSSE (1980), após a clarificação das raízes em KOH 25g L⁻¹ e coloração com azul de metila 0,5g L⁻¹ (GRACE & STRIBLEY, 1991).

A matéria seca na parte aérea e a matéria seca na raiz foram determinadas em estufa de circulação de ar forçado a 65°C durante 48 horas. A parte aérea foi moída e usada para determinação do teor de fósforo. Este nutriente foi extraído do tecido vegetal por digestão em solução ácida nítrico-perclórica e determinada conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). O P acumulado (Pac) na matéria seca da parte aérea foi obtido ao multiplicar a massa desta pela respectiva concentração de P.

Estimou-se a resposta à adubação fosfatada (RAF) pelo critério proposto por FOX (1978), utilizando-se a seguinte expressão:

$$RAF = \frac{MSPA \text{ na dose } P_2 - MSPA \text{ na dose } P_1}{dose P_2 - dose P_1},$$

em que: P₂: dose alta aplicada (100mg L⁻¹ de P no solo) e P₁: dose baixa aplicada (10mg L⁻¹ de P no solo).

Os dados de produção de matéria seca da parte aérea na dose baixa de P aplicado e os resultados do valor da RAF de cada genótipo nas duas situações de inoculação de fungo micorrízico foram dispostos em quadrantes tendo como referência, no eixo das abscissas, a média do peso da matéria seca da parte aérea na dose baixa de P e, no eixo das ordenadas, a média da resposta à adubação baseada no valor da RAF. Com base nessa disposição, os doze genótipos foram classificados em quatro grupos (BLAIR, 1993): ER – genótipos eficientes e responsivos, com alta produção de matéria seca em baixo P e que respondem à adubação fosfatada; ENR – genótipos eficientes e não-responsivos, com alta produção de matéria seca em baixo P na solução e que apresentam baixa resposta à adubação fosfatada; NER – genótipos não-eficientes e responsivos, que apresentam baixa produção de matéria seca em baixo P e respondem à adubação fosfatada; e NENR – genótipos não-eficientes e não-responsivos, que apresentam baixa produção de matéria seca em baixo P na solução e baixa resposta à adubação fosfatada.

As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância e as médias separadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando-se o programa Sistema de Análise Estatística (SAEG).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve comportamento diferenciado dos genótipos para a matéria seca das raízes (MSR), a razão matéria seca de raízes e a matéria seca da parte aérea (MSR:MSPA), a colonização micorrízica (CM) e a razão P acumulado na parte aérea (Pac) por matéria seca na raiz (Pac:MSR). Para a fonte de variação P, foi observado efeito significativo na MSPA, MSR, MST, CM e Pac. Para a fonte fungo somente as variáveis CM e Pac:MSR mostraram efeito significativo. Nas variáveis MSR, razão MSR:MSPA e Pac:MSR houve interação entre os níveis de P e a inoculação com fungos micorrízicos e, para essa última variável, houve interação de genótipo com doses de P.

As médias dos genótipos para as duas doses de P em estudo com e sem micorrização estão apresentadas na tabela 1. Verifica-se maior produção de matéria seca de raízes nos genótipos AG8060, AG7000, EMGOPA501, BANDEIRANTE, DINA657 e AG405. A maior razão matéria seca de raízes por matéria seca de parte aérea foi apresentada pelos genótipos AG8060 e AG7000 devido ao incremento na produção de raízes, uma vez que a matéria seca da parte aérea não apresentou diferença entre os genótipos estudados.

A colonização micorrízica apresentou maior magnitude no genótipo P30F33. No entanto, estatisticamente a colonização micorrízica difere apenas do genótipo AG7000, sendo este o de pior performance por apresentar também menor quantidade de P acumulado na parte aérea por matéria seca de raiz (Pac:MSR). Essa razão indica maior eficiência na absorção de P por massa de raízes e transferência deste para a parte aérea. Nos genótipos de menor razão, principalmente no AG7000, fica evidenciado uma combinação de fatores como menor colonização micorrízica, maior produção de massa nas raízes e menor valor de P acumulado na parte aérea. Estes resultados indicam que os genótipos de maior crescimento radicular apresentam baixa colonização micorrízica e baixo acúmulo de P por unidade de raiz, enquanto que aqueles de baixo crescimento radicular apresentaram maior eficiência na absorção e acúmulo de P na parte aérea pela simbiose micorrízica mais extensa em suas raízes, pois são os de mais intensa colonização. No desdobramento da interação entre genótipo e dose de P para a razão Pac:MSR, verifica-se que os genótipos que apresentaram uma maior razão no menor nível de P aplicado foram P30P70 e AG9010, os quais diferiram significativamente apenas de AG8060, AG405 e AG7000, para o maior nível de P aplicado foi o 2C599, seguido de BALU178 (Tabela 1), demonstrando, assim, a

Tabela 1 - Efeito principal dos genótipos de milho sobre a matéria seca na parte aérea e raízes (MSPA e MSR), razão matéria seca parte aérea por matéria seca de raiz (MSPA:MSR), matéria seca total (MST), colonização micorrízica (CM), razão fósforo acumulado por matéria seca da raiz conjunta (Pac:MSR) e desdobramento da relação Pac:MSR para baixo e alto fósforo aplicado.

Genótipo	MSPA	MSR	MSR: MSPA	CM	Pac	Pac:MSR		
						Total	Baixo P aplicado	Alto P aplicado
	-----g.vaso ⁻¹ -----	g.g ⁻¹	%	mg.vaso ⁻¹		-----mg.gr ⁻¹ -----		
AG 9010	23,29 a	7,96 cd	0,339 b	39,02 ab	0,761 a	0,661 ab	0,761 a A	0,561 abcd A
P 30K75	23,79 a	9,99 bcd	0,421 b	33,91 ab	0,483 a	0,498 abc	0,483 ab A	0,514 abcd A
AG 8060	21,16 a	14,90 a	0,684 a	32,78 ab	0,327 a	0,285 c	0,326 b A	0,242 d A
P 30P70	21,36 a	7,24 d	0,342 b	42,98 ab	0,789 a	0,718 a	0,789 a A	0,648 abc A
AG 405	21,44 a	10,17 abcd	0,494 b	30,21 ab	0,359 a	0,427 bc	0,359 b A	0,494 bcd A
P 30F33	21,26 a	9,71 bcd	0,479 b	46,91 a	0,567 a	0,541 abc	0,567 ab A	0,515 abcd A
AG 7000	20,71 a	14,45 ab	0,663 a	27,69 b	0,313 a	0,290 c	0,312 b A	0,268 cd A
BANDEIRANTE	23,16 a	11,13 abcd	0,493 b	31,97 ab	0,550 a	0,482 abc	0,550 ab A	0,414 bcd A
EMGOPA 501	25,84 a	12,00 abc	0,477 b	37,39 ab	0,419 a	0,453 abc	0,419 ab A	0,486 bcd A
BALU 178	22,23 a	8,28 cd	0,376 b	42,53 ab	0,536 a	0,619 ab	0,536 ab A	0,702 ab A
DINA 657	26,07 a	10,48 abcd	0,427 b	36,30a b	0,469 a	0,473 abc	0,469 ab A	0,477 bcd A
2C 599	21,17 a	6,80 d	0,353 b	38,96 ab	0,457 a	0,681 ab	0,457 ab B	0,905 a A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

importância da colonização micorrízica para os genótipos com sistema radicular menos desenvolvido. Entre doses de P dentro de genótipos, apenas o 2C599 diferiu significativamente.

As médias das doses de P na presença ou na ausência de inoculação do fungo estão na tabela 2. Nas plantas sem inoculação, o aumento da dose de fósforo causou um maior aumento da matéria seca das raízes, levando a uma maior razão matéria seca das raízes/ matéria seca da parte aérea. Maior peso da matéria seca das raízes com o aumento da dose de fósforo na ausência de micorrização das plantas também foi observado por BRESSAM & VASCONCELOS (2002). Nas plantas micorrizadas (Tabela 2), maior peso de matéria seca de raízes, maior acúmulo de fósforo na parte aérea e maior absorção de fósforo por unidade de raiz foi obtido na maior dose de fósforo aplicado.

A inoculação com fungo micorrízico foi efetiva na produção de raízes quando o ambiente tinha restrição de P, no entanto, sem restrição de P nota-se que a micorrização não teve efeito (Tabela 2). Com restrição de P, a presença do fungo levou a um aumento da razão biomassa da raiz por parte aérea. Todavia, sem restrição de P, a maior razão foi verificada na ausência do fungo. É comum acontecer isso quando se inocula fungos micorrízicos em solos com altos níveis de fósforo, pois ocorre um dispêndio de fotossintatos da planta para o fungo micorrízico em um ambiente em que ele não melhora a nutrição fosfatada da planta, resultando num menor crescimento da planta inoculada (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002). Cabe ressaltar que, para matéria seca da parte aérea, não houve interação entre os fatores em estudo e, nos fatores, apenas o fósforo mostrou diferenças, sendo a maior dose com

Tabela 2 - Matéria seca das raízes (MSR), razão matéria seca das raízes por matéria seca na parte aérea (MSR:MSPA), razão fósforo acumulado na parte aérea por matéria seca da raiz (Pac:MSR) e colonização micorrízica em função dos níveis de fósforo e da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares.

Inoculação	-----MSR-----		-----MSR:MSPA-----		-----Pac-----		-----Pac:MSR-----		CM
	Baixo P	Alto P	Baixo P(g.g ⁻¹)	Alto P	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P	
	-----g.vaso ⁻¹ -----				---mg.vaso ⁻¹ ---		----mg.gr ⁻¹ ----		--%--
Não inoculado	7,08 bB	13,11aA	0,43 bB	0,50aA	3,76aB	5,85aA	0,594aA	0,519aA	31,64b
Inoculado	8,98 aB	11,88aA	0,49 aA	0,44bA	3,40aB	5,30aA	0,410bB	0,518aA	41,81a

As médias seguidas de mesma letra em cada variável, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

27,19g e a menor com 18,10g. Também deve ser considerado que os genótipos utilizados no estudo são cultivares comerciais que passaram por exaustivos programas de melhoramento focados na maior produção de grãos sob alto fornecimento de insumos. Em trabalho com trigo, ZHU et al (2001) mostraram que os programas de melhoramento têm selecionado cultivares menos responsivas às micorrizas. Isso pode explicar a pouca dependência destes genótipos ao fungo micorrízico em alto fósforo. Por outro lado, pode-se inferir que, em ambiente com restrição de fósforo, a micorrização foi capaz de aumentar a razão matéria seca raiz/matéria seca parte aérea, o que possivelmente pode vir a favorecer, conforme observado por HEBERT et al. (2001), uma maior resistência da planta ao acamamento e ao estresse de água e nutrientes, além de permitir o cultivo em condições de maior densidade.

A fim de se conseguir a sustentabilidade da produção agrícola, os programas de melhoramento e seleção de plantas devem ser direcionados para a obtenção de genótipos menos dependentes de insumos externos, que aproveitem ao máximo os nutrientes pouco solúveis ou oriundos da ciclagem de matéria orgânica, e que desenvolvam as simbioses radiculares. Neste estudo, os genótipos apresentaram-se bastante variáveis quanto à produção de biomassa de raiz, verificada no agrupamento das médias, conforme tabela 1. A razão acúmulo de P na parte aérea por unidade de raiz sem restrição de P mostrou-se também bastante variável entre os genótipos em estudo.

Quando avaliado o desempenho dos genótipos quanto à produção de matéria seca da parte aérea, considerando o valor RAF (que representa a resposta dos genótipos à adubação fosfatada) na ausência de inoculação (Figura 1A), os genótipos DINA657 e AG9010 comportaram-se como eficientes e responsivos, apresentando um valor de RAF e de matéria seca na parte aérea na dose baixa de P acima da média dos genótipos estudados. Já os genótipos EMGOPA501, BANDEIRANTE e P30F33, apresentaram-se como eficientes na produção de matéria seca, mas não-responsivos na utilização do fósforo aplicado. Os genótipos 2C599, BALU178, P30P70, AG7000, P30K75, AG8060 e AG405 comportaram-se como não-eficientes na produção de matéria seca, mas responsivos ao fósforo aplicado.

Na presença de inoculação (Figura 1B), notase, ao comparar a ausência de inoculação (Figura 1A), uma maior produção de matéria seca na parte aérea na dose baixa de fósforo, que pode ser evidenciada na alteração das médias que definem os quadrantes de

classificação dos genótipos. Nesta situação, o genótipo EMGOPA501 comportou-se como eficiente e responsável, diferentemente do apresentado na ausência de inoculação, indicando que a inoculação foi capaz de aumentar a produção de matéria seca na dose alta de P. Os genótipos P30K75, P30P70, AG405, AG7000 e 2C599 apresentaram-se como eficientes e não-responsivos, também com comportamento diferente daquele obtido na ausência de inoculação, em que todos estes genótipos eram classificados como não-eficientes e não-responsivos. Isso se deve, conforme mostra a tabela 2, a uma maior produção de matéria seca no ambiente micorrizado com restrição ao fósforo, fazendo com que a razão matéria seca das raízes por matéria seca da parte aérea não diferisse, embora a matéria seca das raízes fosse superior no ambiente sem restrição ao fósforo.

Os genótipos DINA657, AG8060, BALU178, P30F33 e AG9010 comportaram-se como não-eficientes e responsivos (Figura 1B). Para estes genótipos a inoculação não foi capaz de afetar a produção de matéria seca na menor dose de P. O genótipo BANDEIRANTE comportou-se como não-eficiente e não-responsivo, indicando que, com restrição de P, a produção de MSPA é baixa e o efeito simbótico do fungo é pequeno. De uma maneira geral, nota-se que a inoculação foi capaz de alterar a biomassa da parte aérea, fazendo com que a produção de matéria seca com restrição ao fósforo fosse aumentada, conforme pode ser verificado na média que define os quadrantes, além da redução do valor da resposta à adubação fosfatada, indicando que a micorrização foi capaz de diminuir a diferença entre matéria seca da parte aérea nas doses de fósforo em estudo. Em um programa de melhoramento que vise a melhor utilização do fósforo, devem-se priorizar aqueles genótipos capazes de produzir maiores quantidades de matéria seca na parte aérea com aplicação de pouco fósforo e que apresentaram menor valor de RAF, ou seja, os genótipos classificados como eficientes e não-responsivos. Já para aqueles classificados como eficientes e responsivos, pode-se pensar em duas vertentes de seleção, uma para ambiente com fornecimento do nutriente e outra para ambiente com restrição. Isso é importante em um programa de melhoramento, pois, conforme mostram ZHU et al. (2001), cultivares modernos de trigo apresentam menor responsividade micorrízica quando comparadas a cultivares de maior tempo no mercado, evidenciando que os programas de melhoramento estão, de forma inadvertida, selecionando em sentido contrário ao efeito simbótico positivo entre o fungo e as raízes de plantas vasculares.

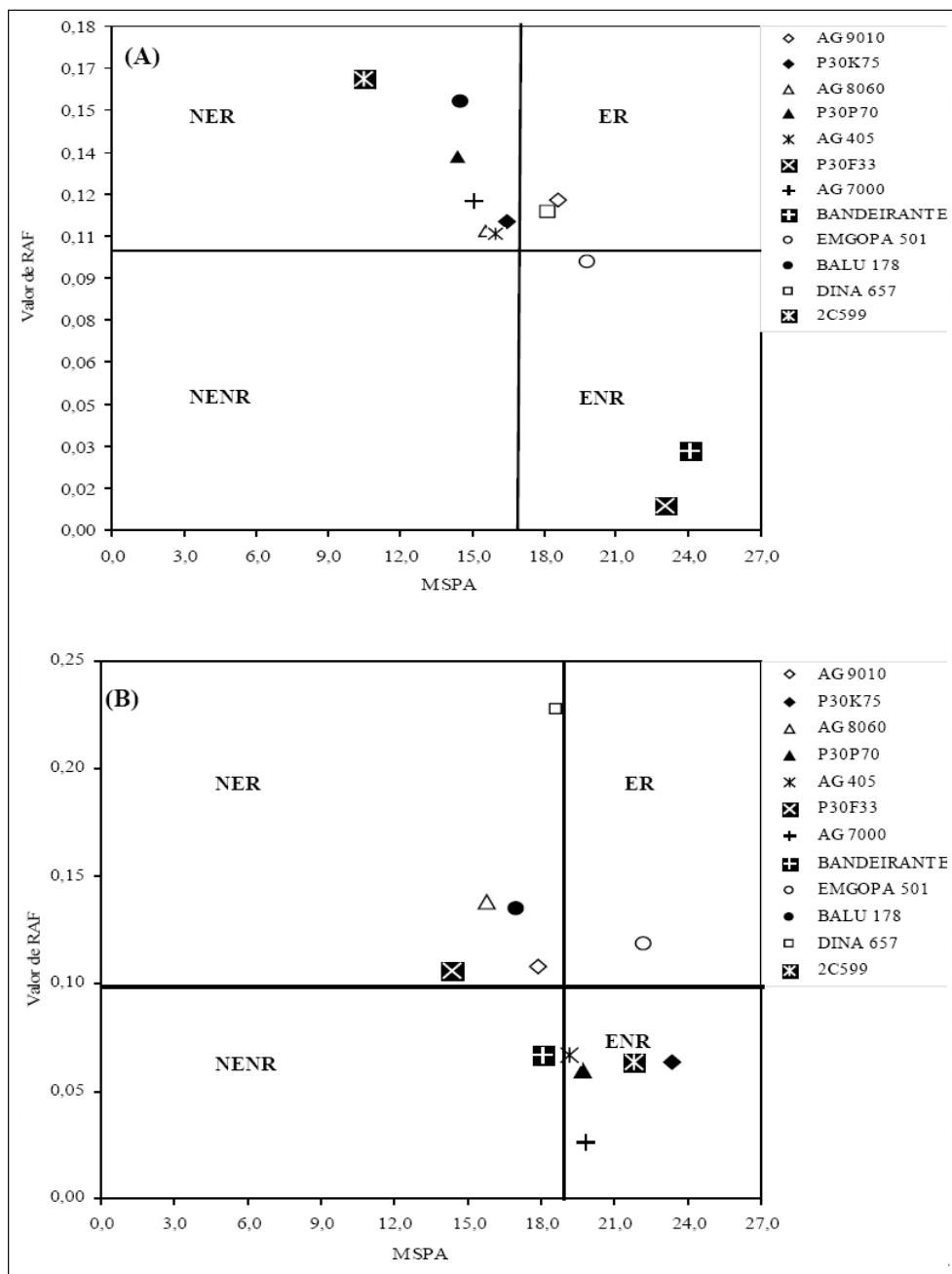


Figura 1 - Classificação de genótipos de milho quanto à eficiência e à resposta no uso de P em solo não-inoculado (A) e inoculado (B) com fungo micorrízico. MSPA: peso de matéria seca na dose baixa de fósforo; RAF: resposta à adubação fosfatada; ER: eficiente e responsável; ENR: eficiente e não-responsivo; NER: não-eficiente e responsável; NENR: não-eficiente e não-responsivo.

CONCLUSÃO

Existe variabilidade entre os genótipos de milho na produção de matéria seca na raiz, na razão entre matéria seca na raiz/matéria seca na parte aérea,

na colonização com fungo micorrízico e na razão acúmulo de fósforo na parte aérea/matéria seca na raiz. A produção de matéria seca na raiz, em ambientes com restrição ao fósforo, foi auxiliada pela micorrização e os genótipos que apresentaram maior razão fósforo

acumulado por matéria seca na raiz foram os de maior colonização com fungo micorrízico.

A micorrização alterou a classificação dos genótipos quanto à eficiência e responsividade, sendo que os genótipos mais indicados quanto à eficiência em ambiente com presença de fungo micorrízico e baixo fósforo são: EMGOPA501, P30P70, P30K75, AG405, AG7000 e 2C599.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. P. et al. Variability of traits associated with phosphorus efficiency in wild and cultivated genotypes of common bean. *Plant and Soil*, v.203, n.2, p. 173-82, 1998.
- BLAIR, G. Nutrient efficiency - What do we really mean? In: RANDALL, P.J. et al. *Genetic aspects of plant mineral nutrition*, The Hague: Kluwer Academic, 1993. p.205-13.
- BONSER, A. M. et al. Effect of phosphorus deficiency on growth angle of basal roots in *Phaseolus vulgaris*. *New Phytologist*, v. 132, n.2, p. 281-8, 1996.
- BRESSAM, W. & VASCONCELLOS, C.A. Alterações morfológicas no sistema radicular do milho induzidas por fungos micorrízicos e fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.4, p. 509-17, 2002.
- ERNANI, P. R. et al. Corn yield as affected by liming and tillage system on an acid Brazilian Oxisol. *Agronomy Journal*, v. 94, n.2, p. 305-9, 2002.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solos*. 2^a ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FÖHSE, D. et al. Phosphorus efficiency of plants. *Plant and Soil*, v. 110, n.1, p.101-9, 1988.
- FOX, R.H. Selection for phosphorus efficiency in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.9, n.1, p.13-37, 1978.
- FURLANI, A.M.C. et al. Eficiência de linhagens de milho na absorção e utilização de fósforo em solução nutritiva. *Bragantia*, v.44, n.1, p.129-47, 1985.
- GIOVANNETTI, M.; B. MOSSE. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, v.84, n.3, p.489-500, 1980.
- GRACE, C.; STRIBLEY D. P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research*, v.95, n.9, p.1160-62, 1991.
- HERBET, Y. et al. The response of root/shoot portioning and root morphology to light reduction in maize genotypes. *Crop Science*, v.41, p.363-71, 2001.
- JONES, G.P.D. et al. Alternative methods for the selection of phosphorus efficiency in wheat. *Field Crops Research*, v.30, n.1-2, p.29-40, 1992.
- MIRANDA, J. C. C. & MIRANDA L. N. Micorriza arbuscular. In M. A. T. VARGAS & M. HUNGRIA (Ed.). *Biologia dos Solos dos Cerrados*. Embrapa – CPAC, Planaltina. 1997. p.67-123.
- MOREIRA, F.M.S.; J.O. SIQUEIRA. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2002. 626p.
- NOVAES, R.F.; SMYTH, T.J. *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. 1 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1999, 319p.
- SIQUEIRA, J. O. et al. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.24, n.12, p.1499-1506, 1989.
- SMITH, F. W. et al. Internal phosphorus flows during development of phosphorus stress in *stylosanthes hamata*. *Australian Journal of Plant Physiology*, v. 17, n.4, p. 451-64, 1990.
- SMITH, S. E. et al. The involvement of mycorrhizas in assessment of genetically dependent efficiency of nutrient uptake and use. *Plant and Soil*, v.146, n.2, p. 169-79, 1992.
- SOUZA, D. M. G. LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*, Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 2. ed., 416p.
- ZHU, Y.G. et al. Phosphorus (P) efficiencies and mycorrhizal responsiveness of old and modern wheat cultivars. *Plant and Soil*, v.237, p. 249-55, 2001.