

# V. FITOTECNIA

## EFEITO DA SUCESSÃO COM LEGUMINOSAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE CALAGEM NO DESENVOLVIMENTO E MICORRIZAÇÃO DO TRIGO <sup>(1)</sup>

AILDSON PEREIRA DUARTE <sup>(2)</sup>, JOSÉ OTÁVIO MACHADO <sup>(3)</sup>,  
WANDERLEY JOSÉ DE MELO <sup>(4)</sup>,  
NELSON RAIMUNDO BRAGA <sup>(5)</sup> e JOÃO LUCIANO ANDRIOLI <sup>(3)</sup>

### RESUMO

Estudou-se, em areia quartzosa, em Assis (SP), a influência da calagem e de leguminosas para adubação verde sobre o desenvolvimento e micorrização do trigo. Verificou-se o efeito do pousio, do cultivo da soja e dos adubos verdes *Crotalaria paulina*, *Crotalaria juncea* e mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*), e da dosagem de calcário 0, 2 e 4 t/ha sobre os seguintes fatores: massa das raízes e da parte aérea e produtividade de grãos de trigo; teores de fósforo no solo e na folha-bandeira; percentagem de colonização e número de esporos de fungos micorrízicos no solo. A percentagem do sistema radicular do trigo, colonizado por fungos micorrízicos arbusculares aos 21 dias da emergência, e a massa de matéria seca da parte aérea e de grãos foram maiores nos tratamentos com aplicação de calcário e nos cultivados com *C. paulina*. A colonização do sistema radicular por fungos micorrízicos arbusculares influenciou positivamente o desenvolvimento da parte aérea e a produção de grãos do trigo. O teor de fósforo no solo e a micorrização não correlacionaram com o estado nutricional da planta em relação ao fósforo.

**Termos de indexação:** micorriza, trigo, calagem, adubo verde, fósforo.

---

<sup>(1)</sup> Recebido para publicação em 30 de maio de 1994 e aceito em 12 de abril de 1995.

<sup>(2)</sup> Estação Experimental de Agronomia do Vale do Paranapanema, Instituto Agrônomo (IAC), Caixa Postal 263, 19800-000 Assis (SP).

<sup>(3)</sup> Departamento de Microbiologia do Solo, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, Rodovia Carlos Tonanni, km 5, 14870-000 Jaboticabal (SP).

<sup>(4)</sup> Departamento de Tecnologia, UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

<sup>(5)</sup> Seção de Leguminosas (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

## ABSTRACT

## EFFECT OF LEGUMES SUCCESSION UNDER DIFFERENT LIMING LEVELS ON THE DEVELOPMENT AND MYCORRHIZAE OF WHEAT

*Triticum aestivum* was cropped in a quartz sand soil, in the region of Assis, State of São Paulo, Brazil, following soil that was kept fallow or soil that was previously cropped with *Glycine max*, *Crotalaria paulina*, *Crotalaria juncea* or *Stizolobium aterrimum*. All the treatments were submitted to three different doses of lime (0, 2 and 4 t/ha). The plants were evaluated in relation to mycorrhizae; shoot and root dry weight; grain production; and, phosphorus content in the flag leaf. The soil was analyzed in relation to phosphorus and mycorrhizal fungi spores number. At 21-day plant emergence, the treatments that had received lime and one cropped with *C. paulina* showed higher percentage of: mycorrhizal colonization in the roots; shoot dry matter; and, grain production when compared to those that were cropped with *G. max* or kept fallow. The soil phosphorus content and the root fungi colonization did not reflect the nutritional status of wheat in relation to the element.

**Index terms:** mycorrhizae, wheat, liming, green manure, phosphorus.

## 1. INTRODUÇÃO

O emprego de leguminosas para adubação verde em areia quartzosa pode viabilizar-lhes o cultivo com culturas anuais, principalmente por proteger o solo contra a erosão, extrair grande quantidade de nutrientes e fixar simbioticamente o nitrogênio atmosférico que, após a incorporação, são mineralizados e se tornam disponíveis à cultura subsequente. A adubação verde é usada na região paulista do Vale do Paranapanema, preferencialmente no outono-inverno, por permitir cultivos comerciais no verão, quase sempre da soja, cuja rentabilidade é geralmente maior, comparada à do outono-inverno, tradicionalmente o trigo. As leguminosas para adubação verde desenvolvem-se, porém, insatisfatoriamente no outono-inverno, quando em solos de baixa fertilidade, viabilizando-se como adubo verde apenas no verão.

As leguminosas, por hospedar fungos micorrízicos arbusculares, podem alterar o potencial do inóculo desses fungos e favorecer a colonização de culturas em sucessão. Como as plantas hospedeiras podem ser seletivas ao desenvolvimento de certas espécies de fungos (Howeler et al., 1987), mudanças nas culturas resultam em alterações na comunidade de fungos micorrízicos, podendo alterar a intensidade de colonização do sistema radicular na cultura subsequente (Dodd et al., 1990; Miranda, 1992; Guo et al., 1993).

Baltruschat & Dehne (1988) verificaram que o cultivo contínuo do trigo e de adubos verdes não hospedeiros reduz o potencial do inóculo de fungos micorrízicos. Apesar de a frequência de infecção micorrízica ser menor no monocultivo, a produção de esporos pelos fungos depende da espécie: algumas produzem menos esporos, outras são indiferentes e outras, ainda, produzem mais (Allen & Boosalis, 1983).

Algumas espécies de fungos se restringem a solo ácido ou alcalino, enquanto outras ocorrem em ambos (Porter et al., 1987). A disponibilidade de Al, associada ao baixo pH, é, segundo Siqueira et al. (1984), o principal fator inibitório sobre os fungos em condições de acidez. Siqueira et al. (1986) evidenciaram diferenças entre fungos em relação à colonização das raízes e à germinação dos esporos, embora a colonização das raízes pareça ser mais sensível à variação da acidez do solo do que à germinação dos esporos (Lambais & Cardoso, 1988).

Mosse (1972) verificou que, em solos de cerrado brasileiro, a adição de calcário estimulou o crescimento de plantas de *Paspalum notatum* infectadas com fungos indígenas da própria gramínea, comparado ao efeito isolado da calagem, e Miranda (1992) observou que a elevação do pH em solo de cerrado cultivado com *P. notatum* afetou de maneira diversa a eficiência de espécies de fungos

endomycorrízicos. Kucey & Diab (1984) demonstraram, porém, que fungos indígenas, habituados a solos ácidos, eram inibidos em solos neutralizados pela adição de calcário.

A calagem propicia às plantas de trigo melhores condições para a absorção de nutrientes e produtividade, mesmo em cultivares considerados tolerantes ao alumínio (Bataglia et al., 1985). Tem-se verificado, em diversas culturas, o efeito favorável do calcário sobre a absorção de fósforo pelas plantas, atribuindo-o à maior solubilização de compostos contendo fósforo ligado ao ferro e alumínio e à maior exploração de volume do solo pelo sistema radicular (Quaggio et al., 1982; Ramos et al., 1989).

O efeito das espécies de fungos micorrízicos sobre a produção da cultura pode depender da textura, do pH, da temperatura, da disponibilidade de nutrientes e água no solo (Caling & Brown, 1980). O trigo é beneficiado pelas associações micorrízicas, principalmente em solos pobres em fósforo (Khan, 1975), em função do aumento do seu volume explorado pelo sistema radicular. Nesse sentido, Stoppler et al. (1990) concluíram que a baixa disponibilidade de fósforo no solo foi contrabalançada, em parte, por forte infecção antes da fase de enchimento de grãos em trigo de inverno.

Magalhães et al. (1991) observaram que, em latossolo vermelho-amarelo, 19% das raízes de *Crotalaria juncea* e 29% de mucuna-preta foram infectadas por fungos micorrízicos nativos. A incorporação da parte aérea e de raízes da mucuna-preta, comparada à da crotalária, proporcionou maior produção de matéria seca e infecção micorrízica em trigo cultivado subsequente. Esses autores encontraram alta correlação entre a percentagem de infecção micorrízica por fungos nas raízes do trigo e a produção de matéria seca da parte aérea.

Considerando que as informações ao nível de campo sobre a influência da calagem e de leguminosas para adubação verde no desenvolvimento do trigo são escassas, desenvolveu-se este trabalho, objetivando estudar seus efeitos, comparado à cultura da soja e ao pousio, sobre micorrização, nutrição de fósforo e produção do trigo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Instalou-se o experimento em areia quartzosa, no Vale do Paranapanema, com 8 mg/dm<sup>3</sup> de P re-sina; 17 g/dm<sup>3</sup> de matéria orgânica; 0,6 mmol/dm<sup>3</sup> de K<sup>+</sup>; 2,7 mmol/dm<sup>3</sup> de Ca<sup>2+</sup>; 0,8 mmol/dm<sup>3</sup> de Mg<sup>2+</sup>; 37 mmol/dm<sup>3</sup> de H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>; 41 mmol/dm<sup>3</sup> de CTC; 10% de saturação por bases e pH (CaCl<sub>2</sub>) igual a 4,0, segundo método de Raij & Quaggio (1983).

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por três doses de calcário dolomítico PRNT 100% (0, 2 e 4 t/ha), aplicado em outubro de 1988, e as subparcelas, por crotalária paulina, crotalária júncea, mucuna-preta, soja e pousio, todas em sucessão ao trigo (Quadro 1). Nas subparcelas em pousio, predominaram *Digitaria sanguinalis*, *Sida* spp., *Cyperus* spp. e *Cuphea mesostemon*, exceto em 1988, em que a comunidade vegetal infestante foi capinada. As subparcelas apresentavam 5,0 x 2,5 m, com espaçamento entre linhas para as leguminosas de 50 cm e, para o trigo, de 17 cm. Adubou-se apenas na semeadura das leguminosas, inclusive no tratamento pousio, com 60 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg/ha de K<sub>2</sub>O nas linhas e, também, nos anos subsequentes.

Iniciou-se a semeadura de leguminosas em novembro de 1988, cultivando-as até que tivessem atingido o estágio de florescimento, exceto a soja, cuja colheita de grãos se deu em março. Em maio de 1989, a parte aérea das leguminosas foi picada e mantida sobre o solo, não sendo efetuada semeadura no outono-inverno.

Em novembro de 1989, semearam-se as leguminosas novamente. Na primeira quinzena de abril de 1990, independentemente de seu estágio, essas leguminosas e as plantas da comunidade infestante referentes ao pousio foram cortadas, picadas, secas ao sol e incorporadas com enxada rotativa. Os grãos da soja foram colhidos e, os restos vegetais, incorporados com enxada rotativa. Na primeira quinzena de maio, semeou-se o trigo, cultivar IAC-24, tolerante ao alumínio do solo, cuja produção de grãos foi avaliada em setembro; não se utilizou adubo na sua semeadura.

No ano agrícola 1990/91, procedeu-se novamente ao cultivo das leguminosas e do trigo em sucessão, efetuando as amostragens e determinações descritas neste trabalho.

Amostrou-se o sistema radicular do trigo, utilizando enxadão e pá de corte, aos 21 e aos 42 dias da emergência, para avaliação de infecção micorrízica. As raízes foram lavadas, clarificadas e coradas segundo processo de Phillips & Hayman (1970) e modificado de acordo com Kormanik et al. (1980). Verificou-se a presença de arbúsculos, vesículas ou hifas nas células corticais de fragmentos de raízes montados em lâminas, conforme Giovannetti & Mosse (1980).

Passados 63 dias da emergência, efetuou-se a amostragem de plantas inteiras, determinando a massa da matéria fresca das raízes e o número de perfilhos para a avaliação da massa de raízes por perfilho.

No florescimento do trigo, amostraram-se folhas para diagnose de fósforo (Bataglia et al., 1978), determinando-se, no final do ciclo, a massa da matéria seca da parte aérea e a massa de grãos. Calculou-se o índice de rendimento, dividindo a massa de grãos pelo somatório da massa seca da parte aérea e da massa de grãos.

Amostras de terra da camada 0-20 cm foram obtidas na rizosfera das plantas, após a colheita do trigo, para determinação do número de esporos de fungos micorrízicos por unidade de massa de solo, segundo Gerdemann & Nicolson (1963), e aná-

lise dos teores de fósforo disponível em laboratório de rotina de fertilidade do solo (Raij & Quaggio, 1983).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A percentagem do sistema radicular do trigo colonizado por fungos micorrízicos arbusculares aos 21 dias após a emergência foi maior nos tratamentos com aplicação de calcário e nos cultivados, anteriormente, com *C. paulina*, quando comparados aos de soja e de pousio (Quadro 2). Ressalte-se que o valor da saturação por bases no solo nos tratamentos 0, 2 e 4 t/ha de calcário foi de 15, 38 e 53% respectivamente. Aos 42 dias da emergência, a percentagem de infecção foi menor do que aos 21 dias, e a diferença entre dosagem de calcário e culturas antecessoras não foi significativa, embora seguisse a mesma tendência da anterior.

Dodd et al. (1990) também encontraram pico de infecção micorrízica em trigo aos 30 dias da sementeira, com posterior decréscimo até os 180, e novo pico aos 210. Stoppler et al. (1990) verificaram, porém, aumento da infecção de maneira muito rápida do primeiro estágio de alongamento do trigo até o início da emergência da inflorescência, com valores médios de infecção de raízes 24 e 42% respectivamente.

Verificou-se maior infecção do sistema radicular do trigo por fungos micorrízicos arbusculares quando se empregaram leguminosas, principalmente a *C. paulina*, como adubo verde. É provável que essas

Quadro 1. Seqüência cronológica das espécies nas sucessões

Época de sementeira	Tratamentos				
	<i>C. juncea</i>	<i>C. paulina</i>	<i>S. aterrimum</i>	<i>G. max</i>	Pousio <sup>(1)</sup>
Nov. 1988	<i>C. juncea</i>	<i>C. paulina</i>	<i>S. aterrimum</i>	<i>G. max</i>	Pousio
Nov. 1989	<i>C. juncea</i>	<i>C. paulina</i>	<i>S. aterrimum</i>	<i>G. max</i>	Pousio
Mai 1990	<i>T. aestivum</i>	<i>T. aestivum</i>	<i>T. aestivum</i>	<i>T. aestivum</i>	<i>T. aestivum</i>
Nov. 1990	<i>C. juncea</i>	<i>C. paulina</i>	<i>S. aterrimum</i>	<i>G. max</i>	Pousio
Mai 1991	<i>T. aestivum</i>	<i>T. aestivum</i>	<i>T. aestivum</i>	<i>T. aestivum</i>	<i>T. aestivum</i>

(<sup>1</sup>) Crescimento espontâneo de espécies da comunidade vegetal infestante.

leguminosas tenham aumentado o potencial do inóculo dos fungos micorrízicos arbusculares nativos, que infectaram as raízes do trigo de maneira mais intensa que o pousio e a soja. Ressalte-se que a área era ocupada por plantas arbóreas remanescentes de cerrado desmatado, as quais foram retiradas do local para a instalação do ensaio.

O trigo no tratamento com *C. paulina* apresentou maior massa da matéria seca da parte aérea e, juntamente com a *C. juncea*, maior massa de grãos e índice de rendimento quando comparado aos tratamentos soja e pousio; com *S. aterrimum*, demonstrou valores intermediários (Quadro 3). Magalhães et al. (1991) observaram maiores valores para *S. aterrimum*. Os tratamentos com calagem apresen-

taram maior massa seca da parte aérea, massa de grãos e índice de rendimento do trigo. Em 1990, a produção de grãos comportou-se de maneira semelhante à de 1991, com 2.017, 1.712, 1.414, 1.295 e 1.072 kg/ha nos tratamentos *C. paulina*, *C. juncea*, *S. aterrimum*, *G. max* e pousio, e 1.117, 1.636 e 1.754 kg/ha nos tratamentos 0, 2 e 4 t/ha de calcário respectivamente (dados não apresentados).

A maior produção de grãos nos tratamentos com as crotalárias e a mucuna-preta, comparada à da soja, não pode ser atribuída exclusivamente ao maior fornecimento de nitrogênio pelos adubos verdes, uma vez que o trigo cultivado em sucessão à soja geralmente não responde à adubação nitrogenada (Camargo et al., 1990).

Quadro 2. Percentagem do sistema radicular do trigo colonizado por fungos micorrízicos arbusculares aos 21 e aos 42 dias após a emergência<sup>(1)</sup>

Espécies	Dosagem de calcário (t/ha)			Média
	0	2	4	
%				
<b>Colonização aos 21 dias</b>				
<i>Crotalaria paulina</i>	32,5	43,2	49,5	41,4a
<i>Crotalaria juncea</i>	21,1	40,8	38,7	32,9ab
<i>Stizolobium aterrimum</i>	21,4	26,9	29,7	25,9ab
<i>Glycine max</i>	12,3	22,8	20,1	18,1bc
Pousio (diversas)	4,9	6,4	21,8	9,9c
Média	17,1B	25,9A	31,0A	--
<b>Colonização aos 42 dias</b>				
<i>Crotalaria paulina</i>	19,8	31,2	31,1	27,1a
<i>Crotalaria juncea</i>	22,8	21,0	33,2	25,4a
<i>Stizolobium aterrimum</i>	23,4	15,0	25,0	20,9a
<i>Glycine max</i>	11,7	31,4	17,2	19,3a
Pousio (diversas)	9,5	18,8	14,2	13,9a
Média	16,9A	23,0A	23,5A	--

<sup>(1)</sup> Dados analisados em  $x$  e retransformados em  $x^2$ . Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferiram pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Coeficientes de variação: % de colonização aos 21 dias (parcela = 19,4% e subparcela = 26,3%); % de colonização aos 42 dias (parcela = 19,7% e subparcela = 28,5%).

Quadro 3. Massa seca da parte aérea na colheita, massa de grãos, índice de rendimento e massa fresca de raízes por perfilho do trigo aos 63 dias da emergência, em função das espécies cultivadas no verão e das doses de calcário<sup>(1)</sup>

Espécies	Dosagem de calcário (t/ha)			Média
	0	2	4	
<b>Massa seca da parte aérea, kg/ha</b>				
<i>Crotalaria paulina</i>	2.925	3.355	3.408	3.229a
<i>Crotalaria juncea</i>	2.095	2.795	2.770	2.550b
<i>Stizolobium aterrimum</i>	1.575	2.138	2.690	2.134bc
<i>Glycine max</i>	1.240	1.853	2.518	1.870c
Pousio (diversas)	773	1.085	1.855	1.237d
Média	1.722B	2.243A	2.648A	--
<b>Massa de grãos, kg/ha</b>				
<i>Crotalaria paulina</i>	886	1.095	1.165	1.048a
<i>Crotalaria juncea</i>	632	1.047	1.104	928a
<i>Stizolobium aterrimum</i>	401	652	835	629b
<i>Glycine max</i>	225	501	737	488bc
Pousio (diversas)	163	295	415	291c
Média	461C	718B	851A	--
<b>Índice de rendimento<sup>(2)</sup></b>				
<i>Crotalaria paulina</i>	0,30	0,33	0,35	0,33a
<i>Crotalaria juncea</i>	0,27	0,28	0,43	0,36a
<i>Stizolobium aterrimum</i>	0,25	0,31	0,38	0,31ab
<i>Glycine max</i>	0,18	0,28	0,32	0,26bc
Pousio (diversas)	0,22	0,27	0,27	0,25c
Média	0,24B	0,31AB	0,35A	--
<b>Massa fresca de raízes/perfilho, g<sup>(2)</sup></b>				
<i>Crotalaria paulina</i>	0,66 Aa	0,29 Ba	0,33 Ba	0,43a
<i>Crotalaria juncea</i>	0,45 Aa	0,44 Aa	0,30 Aa	0,40a
<i>Stizolobium aterrimum</i>	0,22 Bb	0,46 Aa	0,38 ABa	0,35a
<i>Glycine max</i>	0,19 Ab	0,29 Aa	0,38 Aa	0,29a
Pousio (diversas)	0,23 Ab	0,30 Aa	0,29 Aa	0,27a
Média	0,35 A	0,35 A	0,34 A	--

<sup>(1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferiram pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Coeficientes de variação: massa seca da parte aérea (parcela = 19,4%, subparcela = 21,7%); massa de grãos (parcela = 18,1%, subparcela = 26,1%); índice de rendimento (parcela = 26,8% e subparcela = 17,3%) e massa úmida de raízes/perfilho (parcela = 24,0% e subparcela = 33,0%). <sup>(2)</sup> Dados analisados em  $x^{1/2}$  e retransformados em  $x^2$ .

A percentagem do sistema radicular do trigo colonizado por fungos micorrízicos arbusculares aos 21 e aos 42 dias correlacionou-se positivamente com a produção de massa seca da parte aérea e massa de grãos (Quadro 5). A avaliação feita aos 21 dias refletiu melhor a massa seca da parte aérea e a massa de grãos do que a efetuada aos 42 dias.

A massa úmida de raízes por perfilho foi maior nos tratamentos *C. paulina* e *C. juncea*, na ausência de calcário (Quadro 3), não havendo diferença significativa entre os tratamentos referentes à calagem. As raízes do trigo nos tratamentos crotalárias apresentaram, além de maior colonização, maior crescimento em condições de acidez. Pode ter havido a produção de compostos orgânicos durante a decomposição da biomassa dessas leguminosas, diminuindo a atividade do alumínio e favorecendo o

desenvolvimento das raízes na ausência de calagem (Tan & Binger, 1986; Miyasawa et al. 1992).

O número médio de esporos no solo, após a colheita do trigo, foi de 1,2 por grama de solo, não havendo diferença entre os tratamentos (dados não apresentados). Durante o desenvolvimento da cultura, houve período de déficit hídrico, o que explica os baixos valores de produtividade de grãos de trigo e, provavelmente, de esporos de fungos micorrízicos no solo. Essas observações são confirmadas por Miranda (1992), Dodd et al. (1990) e Newman et al. (1986), verificando redução do número de esporos durante o período seco.

Os teores de fósforo no solo foram maiores no pousio, comparados aos de *C. juncea*, *S. aterrimum* e *G. max*. Os teores de fósforo na folha-bandeira

Quadro 4. Teores de fósforo disponível no solo e de fósforo na folha-bandeira do trigo em função das espécies cultivadas no verão e dosagem de calcário<sup>(1)</sup>

Espécies	Dosagem de calcário (t/ha)			Média
	0	2	4	
<b>Teor de fósforo no solo, µg/mL</b>				
<i>Crotalaria paulina</i>	21	22	25	23ab
<i>Crotalaria juncea</i>	20	18	18	19b
<i>Stizolobium aterrimum</i>	24	20	21	22b
<i>Glycine max</i>	22	20	23	22b
Pousio (diversas)	25	27	33	28a
Média	22AB	21B	24A	--
<b>Teor de fósforo na folha-bandeira, %</b>				
<i>Crotalaria paulina</i>	0,24	0,29	0,30	0,27ab
<i>Crotalaria juncea</i>	0,24	0,27	0,29	0,26b
<i>Stizolobium aterrimum</i>	0,24	0,28	0,30	0,27ab
<i>Glycine max</i>	0,27	0,28	0,29	0,28ab
Pousio (diversas)	0,29	0,29	0,31	0,29a
Média	0,25B	0,28A	0,30A	--

<sup>(1)</sup> Dados analisados em  $x$  e retransformados em  $x^2$ . Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferiram pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Coeficientes de variação: teor de fósforo no solo (parcela = 30,3%, subparcela = 20,3%) e teor de fósforo na folha-bandeira (parcela = 6,2%, subparcela = 6,6%).

também foram maiores no tratamento pousio, diferindo somente, porém, do de *C. juncea* (Quadro 4).

Os maiores teores de fósforo na folha-bandeira no tratamento pousio, comparado ao *C. juncea*, podem ser explicados ou pela diluição desse nutriente nos tecidos das plantas de trigo, que apresentaram maior crescimento vegetativo após *C. juncea*, ou pela menor reciclagem desse nutriente no pousio; nas leguminosas, parte do fósforo absorvido pode ter continuado imobilizado nos restos vegetais não decompostos. O fósforo, aplicado no tratamento pousio na semeadura das leguminosas, continuou disponível, provavelmente, devido aos baixos teores de argila e sesquióxidos de ferro desse solo.

Embora os teores de fósforo no solo tenham sido menores na dose 2 t/ha, comparados com os de 4 t/ha, a magnitude da diferença pode ser considerada desprezível ao nível de avaliação da sua disponibilidade no solo. Nas folhas, o teor de fósforo foi maior com a calagem (Quaggio et al., 1982, e Ramos et al., 1989).

O teor de fósforo no solo não se correlacionou com a massa seca da parte aérea, massa de grãos e teor de fósforo na folha-bandeira do trigo (Quadro 5). Os teores de fósforo determinados no solo não refletiram o estado nutricional da planta e, por conseguinte, a produtividade de grãos.

A percentagem do sistema radicular colonizado por fungos endomicorrízicos (MVA) aos 21 e aos 42 dias após a emergência também não se correlacionou com o teor de fósforo na folha-bandeira. No entanto, a massa seca da parte aérea e a massa úmida de raízes/perfilho foi maior nos tratamentos com maior percentagem de infecção micorrízica, e devido a sua maior massa, a quantidade de fósforo absorvida pela parte aérea pode ter sido maior nesses tratamentos.

Como o teor de fósforo determinado no solo e a colonização não refletiram o estado nutricional de fósforo na planta, e o teor de fósforo na planta não se correlacionou com a massa de grãos, supõe-se que a disponibilidade de fósforo não foi o fator mais limitante ao desenvolvimento do trigo.

Quadro 5. Correlações entre a percentagem do sistema radicular do trigo colonizado por fungos micorrízicos arbusculares (MA) aos 21 e aos 42 dias após a emergência e teor de fósforo no solo, com a massa seca da parte aérea e de grãos, e teor de fósforo na folha-bandeira e entre o teor de fósforo na folha-bandeira com a massa seca da parte aérea e de grãos

Fatores	Equação de regressão	Índice de correlação (r)
MA, aos 21 dias x parte aérea	$y = 1263,7 + 34,4 x$	0,65**
MA, aos 42 dias x parte aérea	$y = 1533,2 + 27,0 x$	0,39**
MA, aos 21 dias x grãos	$y = 268,9 + 14,9 x$	0,69**
MA, aos 42 dias x grãos	$y = 434,8 + 10,5 x$	0,38**
P no solo x grãos	$y = 986,4 - 13,8 x$	0,25ns
P na folha x grãos	$y = 642,6 + 123,3 x$	0,01ns
P no solo x parte aérea	$y = 2806,0 - 26,8 x$	0,20ns
P na folha x parte aérea	$y = 1951,6 + 913,3 x$	0,01ns
MA, aos 21 dias x P na folha	$y = 0,538 - 0,001 x$	0,07ns
MA, aos 42 dias x P na folha	$y = 0,522 + 0,001 x$	0,07ns
P no solo x P na folha	$y = 0,508 + 0,008 x$	0,19ns

\*\* Significativo ao nível de 5%. ns: não significativo.

Não é possível afirmar que a colonização micorrízica tenha sido o principal fator favorável à produção do trigo, pois houve melhoria geral das condições de desenvolvimento das raízes nos tratamentos com maior colonização, evidenciada pelo aumento da massa de raízes com adubação verde e calagem.

No estabelecimento do sistema de sucessão de culturas com o trigo em areia quartzosa, deve-se considerar que as baixas produtividades, quando se cultiva o trigo em sucessão à soja, inviabilizam a sucessão do ponto de vista econômico. Ao adotar a adubação verde na primavera-verão, beneficiam-se as propriedades do solo, aumentando a receita econômica com a cultura do trigo no outono-inverno, embora seja suprimida a renda da cultura da soja.

#### 4. CONCLUSÕES

1. A adubação verde, com *C. paulina*, *C. juncea* ou *S. atterimum*, e a calagem aumentaram a colonização de fungos micorrízicos arbusculares no sistema radicular do trigo.

2. O desenvolvimento da parte aérea e a produção de grãos do trigo foram influenciados positivamente pela colonização do sistema radicular por fungos micorrízicos arbusculares.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, M.F. & BOOSALIS, M.G. Effect of two species of V.A. mycorrhizal fungi on drought tolerance of winter wheat. *New Phytologist*, Cambridge, **93**:67-76, 1983.
- BALTRUSCHAT, H. & DEHNE, H.W. The occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhiza in agro-ecosystems. I-Influence of nitrogen fertilization and green manure in continuous monoculture crop rotation on the potential of winter wheat. *Plant and Soil*, The Hague, **107**:279-284, 1988.
- BATAGLIA, O.C.; CAMARGO, C.E. de O.; OLIVEIRA, O.F. de; NAGAI, V. & RAMOS, V.J. Resposta à calagem de três cultivares de trigo com tolerância diferencial ao alumínio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, **9**:139-147, 1985.
- BATAGLIA, O.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.N.C. & GALLO, J.R. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas, Instituto Agrônomo, 1978. 31p. (Circular, 87)
- CALING, D.E. & BROWN, M.F. Relative effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and yield of soybeans. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, **44**:528-532, 1980.
- CAMARGO, C.E. de O.; FELÍCIO, J.C.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; FREITAS, J.G. de; PETINELLI JUNIOR, A.; RAMOS, V.J. & KANTHACK, R.A.D. *Adubação N, P, K, e S para a cultura do trigo no Estado de São Paulo*. Campinas, Instituto Agrônomo, 1990. 33p. (Boletim técnico, 129)
- DODD, J.C.; ARIAS, I.; KOOMEN, I. & HAYMAN D.S. The management of populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savanna ecosystem. *Plant and Soil*, The Hague, **122**:241-247, 1990.
- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*, Cambridge, **46**:235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, Cambridge, **8**:489-500, 1980.
- GUO, B.Z.; AN, Z.Q.; HENDRIX, J.W. & DOUGHERTY, C.T. Influence of a change from tall fescue to pearl millet or crabgrass on the mycorrhizal fungal community. *Soil Science*, Baltimore, **155**:398-405, 1993.
- HOWELER, R.H.; SIEVERDING, E. & SAIF, S.R. Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures. *Plant and Soil*, The Hague, **100**:249-283, 1987.
- KHAN, A.G. The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal association on growth of cereals. II. Effect on wheat growth. *Annals of Applied Biology*, Warwickshire, **80**:27-36, 1975.
- KORMANIK, P.P.; BRYAN, W.C. & SCHULTZ, R.C. Procedures and equipment for staining large numbers of plant roots for endomycorrhizal assay. *Canadian Journal of Microbiology*, Ottawa, **26**:536-538, 1980.
- KUCEY, R.M.N. & DIAB, G.E.S. Effect of lime phosphorus, and addition of vesicular-arbuscular (VA) mycorrhizal fungi on indigenous V.A. fungi and on growth of alfalfa in a moderately acid soil. *New Phytologist*, Cambridge, **98**:481-486, 1984.

- LAMBAIS, M.R. & CARDOSO, E.J.B.N. Avaliação da germinação de esporos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e da colonização micorrízica de *Stylosanthes guianensis* em solo ácido e distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, **12**:249-255, 1988.
- MAGALHÃES, J.C.A.J. de; VIEIRA, R.F.; PEREIRA, J. & PERES, J.R.R. Efeito da adubação verde na disponibilidade de fosfatos, numa sucessão de culturas, em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, **15**:329-337, 1991.
- MIRANDA, J.C.C. de. *A endomicorriza na região dos cerrados: uma revisão*. Planaltina, 1992. p.35. (Documentos, 42)
- MIYASAWA, M.; CHIERICE, G.O. & PAVAN, M.A. Amenização da toxicidade de alumínio às raízes do trigo pela complexação com ácidos orgânicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, **16**:209-215, 1992.
- MOSSE, B. Effects of different Endogone strains on growth of *Paspalum notatum*. *Nature*, London, **239**:221-223, 1972.
- NEWMAN, E.I.; CHILD, R.D. & PATRICK, C.M. Mycorrhizal infection in grasses of Kenyan savanna. *Journal of Ecology*, Oxford, **74**:1179-1183, 1986.
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transaction of the British Mycological Societe*, Cambridge, **55**:158-161, 1970.
- PORTER, W.M.; ROBSON, A.D. & ABBOTT, L.K. Field survey of the distribution of VA mycorrhizal fungi in relation to soil pH. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, **24**:659-662, 1987.
- QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A. & BATAGLIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. II. Efeito residual. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, **6**:113-118, 1982.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônômico, 1983. 31p. (Boletim técnico, 81)
- RAMOS, W.J.; MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C.; IGUE, T. & TANAKA, R.T. Avaliação de matéria seca e teores de elementos químicos em três cultivares de soja em função da correção da acidez do solo de Itararé (SP). *Bragantia*, Campinas, **48**:223-232, 1989.
- SIQUEIRA, J.O.; HUBBELL, D.H. & MAHMUD, A.W. Effect of liming on spore germination, germ tube growth and root colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil*, The Hague, **76**:115-124, 1984.
- SIQUEIRA, J.O.; MAHMUD, A.W. & HUBBELL, D.H. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesicular-arbusculares em relação à acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, **10**:11-16, 1986.
- STOPPLER, H.; KOLSCH, E. & VOGTMANN, H. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in varieties of winter wheat in a low external input system. *Biological Agriculture and Horticulture*, Bicester, **7**:191-199, 1990.
- TAN, K.H. & BINGER, A. Effect of humic acid on aluminum toxicity in corn plants. *Soil Science*, Baltimore, **141**:20-25, 1986.