

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO MYCOFORM®  
(ISOFLAVONÓIDE FORMONONETINA) VIA  
PELICULIZAÇÃO DE SEMENTES NA  
COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA E  
PRODUTIVIDADE DA SOJA NO CENTRO-  
OESTE**

**MEIRE APARECIDA SILVESTRINI CORDEIRO**

**2007**

**MEIRE APARECIDA SILVESTRINI CORDEIRO**

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO MYCOFORM®  
(ISOFLAVONÓIDE FORMONONETINA) VIA PELICULIZAÇÃO  
DE SEMENTES NA COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA E  
PRODUTIVIDADE DA SOJA NO CENTRO-OESTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência do solo, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador  
Prof.º Dr. José Oswaldo Siqueira

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Cordeiro, Meire Aparecida Silvestrini.

Avaliação da eficácia do Mycoform® (isoflavonóide formononetina) via peliculização de sementes na colonização micorrízica e produtividade da soja no Centro-Oeste. / Meire Aparecida Silvestrini Cordeiro. -- Lavras: UFLA, 2007.

70 p.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: José Oswaldo Siqueira.

Bibliografia.

1. Formononetina. 2. Fungos micorrízicos. 3. Produção de soja. 4. Mycoform .  
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD - 631.46

**MEIRE APARECIDA SILVESTRINI CORDEIRO**

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO MYCOFORM®  
(ISOFLAVONÓIDE FORMONONETINA) VIA PELICULIZAÇÃO  
DE SEMENTES NA COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA E  
PRODUTIVIDADE DA SOJA NO CENTRO-OESTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 30 de julho de 2007.

Prof. Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro UFG

Profª. Dra. Fátima Maria de Souza Moreira UFLA

Dr. Cláudio Roberto Fonseca Sousa Soares UFLA

Prof. Dr. José Oswaldo Siqueira  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

À meus irmãos Marley e Matheus, a meus sobrinhos Joaquim Luís e Bárbara, ao Dhayner, a toda minha família e a todos meus amigos.

## **OFEREÇO**

## **DEDICO**

A meus pais Svirino e Maria Aparecida pelo amor,  
confiança e por ser a minha referência de vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela minha vida e minha saúde.

Aos meus pais, Sivirino e Maria Aparecida pelo amor, confiança, apoio, pelo alicerce que são na minha vida.

Aos meus irmãos Marley e Matheus por serem os melhores irmãos do mundo, pelo carinho, amor e preocupação; a minha sobrinha Bárbara e meu afilhado/sobrinho Joaquim Luís pelo carinho e descontração. A meu namorado Dhayner pelo carinho, compreensão e paciência.

A Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realização deste curso, a todos os professores e funcionários.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor José Oswaldo Siqueira pela orientação, ensinamentos e confiança durante o Mestrado.

Ao Professor Marco Aurélio Carbone Carneiro, pela co-orientação, pela amizade, pela confiança sempre a mim dispensada e por me inserir na área de Ciência do Solo.

A Profa. Fátima Maria de Souza Moreira pela participação da banca examinadora e pela disponibilidade durante todo o mestrado.

Ao Dr. Cláudio Roberto Fonseca Sousa Soares pela participação na banca, por todos os ensinamentos e ajuda fundamental na fase final do meu mestrado.

Aos funcionários Manuel Aparecido da Silva e Marlene Aparecida de Souza pela ajuda na execução deste trabalho, pela amizade e ensinamentos.

A Universidade Federal de Goiás/ Campus Avançado de Jataí, que disponibilizou a área experimental, máquinas, o laboratório de Solos e funcionários para meu auxílio na realização deste estudo.

Aos técnicos do Laboratório de Solos da UFG/ Jataí Cleumar Tristão e Marcos Humberto, pela ajuda, a todos os funcionários que se dispuseram a me ajudar no campo.

Aos estagiários do Laboratório de Solos da UFG Paula, Janaíne, Newton, Jorge, Rogério, Sávio, Jéssica, Plínio, Camila e Rafael pelo auxílio no plantio e na colheita do experimento de campo.

Aos meus dois estagiários e amigos Roberson e Dorotéia, pela ajuda na condução e avaliações dos experimentos do começo ao fim, minha gratidão a cada momento que estiveram me auxiliando.

Aos amigos adquiridos durante o curso, Paulo, Plínio, José Geraldo, André, Rogério, Pedro, Silvana, Adriana, Alexandre, Rafaela, Michele Rocha, Michele Silva, Alice, Márcia, Ligiane, Éderson, Jerusa, Maurício, Cleide, Silvia, Lucélia, Bruno, Ivoney, Sandro, Bruno Dias, Euzelina, Évio, Milagros, Grazielle e Jussara, pela amizade, descontração e ajuda.

As amigas de república Viviane, Sueli, Ântonia, Rosane, Ronelza, Valquíria e Renata, cada uma em um tempo, pelo bom convívio e amizade.

A família que me recebeu em Lavras, Dona Taiza, Seu Geraldinho, Dona Guilhermina e Tiago, pela acolhida, pelo carinho, ajuda e amizade.

Aos amigos Krisle, Amanda, Gláucia e Cândido pela amizade, companheirismo, força, por tantos momentos divididos, por ser a minha família de Lavras e meus eternos amigos.

A toda minha família e amigos, que mesmo distantes sempre me apoiaram.

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO 1.....	01
1 INTRODUÇÃO.....	02
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	05
2.1 A cultura da soja: adubação fosfatada e utilização de fungicidas para tratamento de sementes.....	05
2.2 Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs).....	09
2.3 Peliculização.....	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
CAPÍTULO 2.....	25
RESUMO.....	26
ABSTRACT.....	28
1 INTRODUÇÃO.....	30
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.1 Experimento de campo.....	33
2.2 Experimento de casa de vegetação.....	40
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
3.1 Experimento de campo.....	42
3.2 Experimento de casa de vegetação.....	50
3.3 Discussão geral.....	53
4 CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS.....	60



## RESUMO GERAL

CORDEIRO, Meire Aparecida Silvestrini. **Avaliação da eficácia do Mycoform® (isoflavonóide formononetina) via peliculização de sementes na colonização micorrízica e produtividade da soja no Centro-oeste**. 2007. 70p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG<sup>1</sup>.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia da aplicação do isoflavonóide formononetina (7-hidroxi, 4'-metoxi-isoflavona) formulado como Mycoform® via peliculização na semente, juntamente com a aplicação de fungicida sob diferentes condições de fósforo, sobre a colonização micorrízica e produtividade da soja no município de Jataí, no Estado de Goiás. Foram realizados dois experimentos, sendo um em condições de campo e outro em casa de vegetação, no período de outubro de 2006 a fevereiro de 2007. O experimento de campo foi conduzido em parcela subdividida em delineamento blocos casualizados com 5 repetições, sendo dois níveis de fósforo (P) na parcela e, na sub-parcela, seis tratamentos na semente: a) controle (sem Myc e sem fungicida), b) fungicida (sem Myc, com fungicida), c) Myc0,5 (0,5 mg Myc semente<sup>-1</sup> e sem fungicida), d) Myc0,5+fung (0,5 mg Mycoform semente<sup>-1</sup> com fungicida), e) Myc1 (1,0 mg Mycoform semente<sup>-1</sup> sem fungicida) e f) Myc1+fung (1,0 mg Mycoform semente<sup>-1</sup> com fungicida). O experimento em casa de vegetação foi constituído dos mesmos tratamentos na semente em delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições. Neste ensaio, as plantas de soja foram submetidas a condições de estresse hídrico no estágio de floração/reprodução. Os resultados mostraram que, para condições de campo, a colonização micorrízica foi estimulada pela aplicação do Mycoform. O número e o peso seco de nódulos foram maiores com a aplicação do Mycoform na condição de baixo P. Para produção de grãos, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos, resultado que pode ter ocorrido pelas condições ótimas de nutrição da planta, mesmo no baixo nível de P aplicado, bem como pelas condições climáticas favoráveis no período de condução do estudo. A aplicação da mistura comercial de fungicidas Carbendazim+Thiram na semente não afetou a colonização micorrízica. Assim como observado no experimento à campo, verificou-se que a aplicação do Mycoform estimulou a colonização micorrízica da soja no experimento em casa de vegetação, e que a aplicação da mistura comercial de fungicidas Carbendazim+Thiram na semente não afetou a mesma. Para a produção de grãos, foram verificadas que o tratamento com 1 mg Myc semente<sup>-1</sup> foi superior aos tratamentos sem aplicação de Mycoform e ao tratamento 0,5 mg Myc semente<sup>-1</sup> + fungicida. Os resultados deste estudo mostraram que mesmo a planta estando bem nutrida, o produto estimulou a

colonização micorrízica, mas isto não se refletiu na produção de grãos. Já em situação de estresse hídrico em casa de vegetação, o Mycoform estimulou a produção de grãos.

---

Orientador: José Oswaldo Siqueira- UFLA, Co-orientador: Marco Aurélio Carbone Carneiro- UFG.

## GENERAL ABSTRACT

CORDEIRO, Meire Aparecida Silvestrini. **Evaluation of Mycoform® (isoflavonoid formononetin) effectiveness by film coating seeds in the mycorrhizal colonization and soybean productivity in the Middle-west.** 2007. 70p. Dissertation (Master Program in Soils and Plant Nutrition) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil<sup>1</sup>.

The present work aimed to evaluate the effectiveness of the isoflavonoid formononetin (7-hydroxi, 4'-metoxi-isoflavona), formulated as Mycoform® and applied by film coating in the seed, together with fungicide application under different phosphorus conditions, on mycorrhizal colonization and soybean productivity in Jatai Municipality, Goiás, Brazil. Two experiments were carried out, being one in field conditions and another at greenhouse, from October, 2006 to February, 2007. The field experiment was carried out in split plot and randomized block design with 5 replications, being two phosphorus levels (P) in the sub-plot and six treatments in the seed: a) control (without Myc and without fungicide), b) fungicide (without Myc, with fungicide), c) Myc0,5 (0,5 mg Myc seed<sup>-1</sup> and without fungicide), d) Myc0,5+fung (0,5 mg Mycoform seed<sup>-1</sup> with fungicide), e) Myc1 (1,0 mg Mycoform seed<sup>-1</sup> without fungicide) and f) Myc1+fung (1,0 mg Mycoform seed<sup>-1</sup> with fungicide). The greenhouse experiment comprised the same treatments in the seed distributed in complete randomized design with 5 replications. In this experiment, soybean plants were submitted to hydric stress conditions at flowering and reproduction phases. The results showed that, for field conditions, the mycorrhizal colonization was stimulated by Mycoform application. Nodule number and dry weight were highest with Mycoform application in low P condition. For grain yields, no differences were observed among treatments. This was probably due to the highest soil fertility enhancing plant nutrition even in the low level of applied P, as well as to the favorable climatic conditions. The application of the commercial mixture of fungicidal Carbendazim+Thiram in the seed didn't affect the mycorrhizal colonization. As it was observed in the field experiment, the application of Mycoform stimulated soybean mycorrhizal colonization in greenhouse experiment. The application of the commercial mixture of fungicidal Carbendazim+Thiram in the seed didn't affect mycorrhizal colonization in both experiments. It was verified that the treatment with 1 mg Myc seed<sup>-1</sup> enhanced grain yields more than the treatments without application of Mycoform and the treatment with 0,5 mg Myc seed<sup>-1</sup> + fungicide. The results of this study showed that under conditions of good plant nutrition, the product stimulated the

mycorrhizal colonization, but this was not reflected in grain yields. However, under hidric stress conditions at greenhouse, Mycoform stimulated grain yields.

---

<sup>1</sup>Adviser: José Oswaldo Siqueira – UFLA, Co-adviser: Marco Aurélio Carbone Carneiro.

# **CAPÍTULO 1**

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura representa uma das principais atividades desenvolvidas no cerrado da região Centro Oeste do Brasil, sendo que os estados do Mato Grosso e de Goiás, onde a cultura da soja se destaca, representam mais de 40% da produção nacional deste grão (Brasil, 2007). A produção extensiva de soja nesta região passa por grande dificuldade devido ao elevado custo de produção e aos baixos preços do produto. Outro aspecto de grande importância para o custo de produção nos solos do cerrado é a necessidade de aplicações pesadas de nutrientes, principalmente de fósforo, visto que estes solos são muito deficientes nesse nutriente e apresentam elevada capacidade de fixação dos fosfatos adicionados. Os fertilizantes representam mais de 23% do custo de produção.

Na busca por aumentos na produtividade e pela redução de custos de produção, tem-se recorrido a novas estratégias de manejo e ao máximo de aproveitamento dos recursos de produção. Neste cenário destacam-se as práticas conservacionistas de manejo do solo e a exploração de processos biológicos como a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (FBN). Outros processos biológicos estão sendo aprimorados, como o controle biológico de pragas e o emprego dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). Estes últimos aumentam a eficiência de utilização do P do solo, além de promover maior tolerância das plantas a estresses variados, exercendo grandes benefícios para a cultura. Portanto, a exploração dos benefícios dos FMAs tem grande potencial para as culturas anuais. Melhorar a micorrização da soja pode ter grande impacto na produtividade desta cultura em solos sujeitos a estresses ambientais, principalmente veranicos, e de baixa fertilidade, situações estas comumente observadas na região Centro-Oeste do Brasil.

Os FMAs são biotróficos obrigatórios, o que dificulta a sua multiplicação e inoculação em larga escala, inviabilizando sua exploração nos

cultivos anuais (Siqueira et al., 2002). Entretanto, a descoberta de substâncias capazes de estimular a micorrização, como o isoflavonóide formononetina, surge como uma alternativa para estimular a colonização e maximizar os benefícios dos FMAs indígenas. Produtos comerciais à base de formononetina têm sido desenvolvidos (Nair et al., 1999), mas ainda não são comercializados no Brasil. Vários estudos têm demonstrado a eficácia destes produtos na produção de soja e de milho no Brasil (Romero, 1999; Siqueira et al., 1992) e em várias outras regiões do mundo (Nair et al.; 1999), mas para se obter registros visando comercialização destes produtos no país, torna-se necessário avaliar a eficácia destes a diferentes regiões e sob condições variadas de cultivo das culturas. Para se obter sucesso com produtos à base de isoflavonóide, é importante considerar alguns aspectos como: a cultura deve ser micotrófica e compatível com os fungos indígenas; deve haver propágulos viáveis no solo, porém em densidade abaixo da necessária para atingir máxima colonização; as condições nutricionais ou ambientais devem impor algum grau de estresse para garantir os benefícios da melhor micorrização; e a viabilidade tecnológica depende de benefícios consistentes na produtividade e/ou redução no uso de insumos, como os fertilizantes fosfatados (Siqueira et al., 2002). Há um grande interesse na avaliação da eficácia deste produto na produção da soja na região Centro-Oeste, que é uma das maiores produtoras desse grão do país; sendo são necessários estudos visando à compatibilização deste com as práticas normais desta cultura.

Considerando os tratamentos na semente que são realizados no momento que antecede a semeadura da soja, verifica-se que são comuns os tratamentos com micronutrientes, a inoculação com rizóbio e o tratamento com fungicidas. Este último tornou-se uma prática imprescindível para garantir o bom estabelecimento da lavoura, visto que com a expansão da área plantada agravaram-se os problemas para a produção de sementes de alta qualidade e a elevada incidência de patógenos nos solos (Henning, 1996). Dentre os

fungicidas mais eficientes contra os patógenos, e mais utilizados no tratamento das sementes da soja, destaca-se a mistura comercial Carbendazim+Thiram (Embrapa, 2006). Dessa mistura, o carbendazim, que é do grupo dos benzimidazóis, é um fungicida tóxico para os FMAs (Pimentia-Barrios et al., 2003; Frank et al., 2002, O'Connor et al., 2001), podendo comprometer o estabelecimento da simbiose e seus benefícios para a soja. O Thiram é um fungicida de contato do grupo químico dimetilditiocarbamato. Os fungicidas de contato tem efeito variável sobre a colonização micorrízica (Siqueira & Franco, 1988).

Desse modo, incorporar produtos à base de formononetina sintética a este processo de tratamento de sementes, via peliculização (Taylor et al., 1998), pode ser muito promissor. A aceleração e a obtenção de maior micorrização das raízes resultam em maior absorção de nutrientes e água e promovem atenuação dos estresses abióticos e bióticos que normalmente contribuem para redução da produção das culturas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia da aplicação do isoflavonóide formononetina 7-hidroxi, 4'-metoxi-isoflavona, formulado como Mycoform<sup>®</sup> em peliculização na semente, juntamente com a aplicação de fungicida sob diferentes condições de fósforo, sobre a colonização micorrízica e produtividade da soja no município de Jataí, no Estado de Goiás.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### **2.1 A cultura da soja: adubação fosfatada e utilização de fungicidas para tratamento de sementes**

Passados quase 125 anos de sua introdução no Brasil, a cultura da soja, que é originária da China, transformou-se no maior destaque do agronegócio brasileiro. O país é o segundo maior produtor mundial da oleaginosa, ficando atrás somente dos Estados Unidos, que teve, em 2006/ 2007, uma safra acima dos 84 milhões de toneladas, contra os 56,7 milhões de toneladas de produção numa área plantada de 20,6 milhões de hectares no Brasil (Brasil, 2007).

A expansão do plantio de soja dos estados do Sul (Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina) para o Centro-Oeste (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal), além de parte do Nordeste (Bahia, Maranhão e Piauí) a partir da década de 80, ocorreu graças ao desenvolvimento de cultivares adaptados ao solo e ao clima das diferentes regiões brasileiras (Brasil, 2007). Apesar dessa expansão do cultivo da soja e das mudanças que ocorreram no decorrer desse tempo, que foram de fundamental importância, a agricultura brasileira ainda não evoluiu o suficiente e necessita de muitos estudos.

Há um grande interesse, por parte dos pesquisadores, em buscar alternativas que minimizem o alto custo da produção da soja. Na região do Cerrado, que tem se destacado cada vez mais no cultivo da soja, o fósforo é o nutriente que mais limita a produtividade em função dos baixos teores naturalmente presentes nos solos. Estes solos possuem elevado teor de minerais de carga variável, e que possuem um alto poder de fixação do fosfato (Bernardi et al., 2003). Como consequência, a maior parte do P no solo está adsorvido nos colóides, não estando disponíveis para as plantas, o que faz com que aplicação de maiores quantidades de fosfatos seja necessária para viabilizar o uso agrícola

destes solos, tornando a adubação fosfatada um dos insumos mais consumidos na agricultura (Raij, 1991).

Para recomendação da adubação fosfatada são disponíveis tabelas contendo os valores a serem aplicados conforme a interpretação da análise dos teores de P extraíveis do solo. Essas tabelas de recomendação para as diversas culturas foram obtidas por meio de estudos de correlação e calibração dos níveis críticos para produção da cultura, partindo de ensaios em diferentes classes texturais de solo e diferentes níveis de fertilidade de P (Raij, 1991). Tais estudos permitiram estimar, para cada solo, a produção correspondente a 90% de seu valor máximo e o nível crítico de P correspondente a essa produção (Novais & Smith, 1999).

Sendo assim, os teores de P extraível do solo, obtidos pelo método Mehlich-1, são classificados como Muito Baixo, Baixo, Médio ou Bom em função dos teores de argila (Embrapa, 2006) (Tabela 1A). Quando o nível de P no solo estiver classificado como Médio ou Bom, recomenda-se a adubação de manutenção; ou seja, para uma expectativa de produção de 3000 kg ha<sup>-1</sup> de soja, faz-se a aplicação no sulco de semeadura de 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (Embrapa, 2006). Essa adubação tem a intenção de suprir a exportação de P da cultura e manter os níveis de fertilidade alcançados pelas adubações corretivas.

A maioria das recomendações de adubação e calagem utilizadas no sistema de plantio direto (SPD) foi concebida a partir de dados experimentais obtidos no sistema de cultivo convencional (SCC), o que pode não ser adequado para o SPD, pois o aumento da deposição de resíduos vegetais na superfície do solo e a ausência de revolvimento como ocorre no SPD resultam em complexas modificações na fertilidade do solo. Neste sistema de cultivo há um aumento considerável nos teores dos nutrientes durante a decomposição de material vegetal (Bernardi et al., 2003). As aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, a liberação de P durante a decomposição dos resíduos vegetais e a redução da

adsorção específica do P resultam na acumulação superficial desse nutriente em SPD (Muzilli, 1996). Além disso, a decomposição dos resíduos vegetais libera compostos orgânicos que competem pelos mesmos sítios de adsorção do P, aumentando a disponibilidade para as plantas (Rodrigues, 2006).

Entretanto, Oliveira et al. (2002) afirma que os resultados disponíveis indicam não se justificar o preparo de novas tabelas para recomendação de adubação e calagem no SPD e, enquanto não se desenvolvem sistemas de recomendação mais eficientes que as tabelas atuais, é recomendável que se adaptem, ao SPD, as recomendações concebidas e utilizadas para o SCC. Como a redução dos custos de produção é uma busca constante da pesquisa, manejar corretamente a adubação fosfatada e economizar este nutriente, que é um recurso natural não-renovável tornam-se necessários.

Outro insumo amplamente utilizado na cultura da soja são os fungicidas para o tratamento de sementes. Esses fungicidas são considerados essenciais para o sucesso do cultivo da soja, além de serem considerados baratos e pouco tóxicos ao ambiente (Goulart, 1998). As doenças fúngicas são muito mais numerosas que as doenças bacterianas e viroses, e tornam-se muito importantes não só por serem numerosas, mas por causarem muitos prejuízos, tanto no rendimento quanto na qualidade das sementes (Henning, 1996). Assim sendo, o tratamento de sementes, junto a vários outros cuidados (preparo do solo, época adequada de semeadura, regulagem de implementos, etc), torna-se imprescindível para garantir o estabelecimento da cultura, assegurando um estande adequado de plantas, quando as condições edafoclimáticas durante a semeadura são desfavoráveis à germinação e à rápida emergência da soja, deixando a semente exposta por mais tempo a fungos do solo que podem causar a sua deterioração no solo ou a morte de plântulas (Henning et al., 1991).

Muitos fungicidas são recomendados para o tratamento de sementes, como Captan, Thiram, Tolyfluanid (fungicidas de contato) e Carbendazin,

Difenoconazole, Thiabendazole, Tiofanato metílico (fungicidas sistêmicos), e as misturas comerciais Carbendazin + Thiram, Carboxin + Thiram, Fludioxonil + Metalaxyl, Thiabendazole + Thiram (Embrapa, 2006). As misturas comerciais de fungicidas promovem maior eficiência, pois garantem maior espectro de ação sobre os patógenos e vêm sendo amplamente recomendadas, devido à facilidade do manuseio e à proibição, por lei, da mistura de princípios ativos em tanque. Entre as misturas mais comercializadas, Carbendazim + Thiram mostra-se muito eficiente no controle fúngico, e vários são os estudos que recomendam o uso desses produtos para soja (Goulart, 1998; Krohn & Malavasi, 2004; Vechiato et al., 2001; Goulart, 2002; Goulart 1991).

Henning et al. (1991), estudando fungicidas para tratamento de sementes, observou excelente controle da mistura de fungicidas Carbendazim + Thiram para *Cercospora sojina*, *Fusarium spp*, *Phomopsis spp.* e *Colletotricum dematium*. Também Goulart (1998), em estudo semelhante, observou que esta mistura mostrou-se muito eficiente para os mesmos patógenos, além de proporcionar maior número de plântulas emergidas.

Quanto ao tratamento de sementes com fungicidas juntamente com a inoculação com *Bradyrhizobium*, tem sido observado que a maioria das misturas de fungicidas provoca redução da sobrevivência das células bacterianas nas sementes, reduzindo a nodulação e, muitas vezes, o rendimento das culturas (Hungria et al., 2001). Como esse tratamento se tornou um manejo quase obrigatório devido à proliferação de patógenos promovida pela rápida expansão da soja e a falta de cuidados fitossanitários, o uso de misturas menos tóxicas vem sendo recomendado e a mistura Carbendazim + Thiram se enquadra nessa característica (Hungria et al., 2001). Bueno et al. (2003), avaliando o efeito de fungicidas na sobrevivência de estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* (Semia 5019 e Semia 5079) e na nodulação da soja, verificaram que, em meio de cultura, a mistura Carbendazim + Thiram promoveu redução superior a 10% na

multiplicação das bactérias em relação à testemunha; porém, quanto à nodulação da soja, com uma concentração de 60 + 140 g 100 kg<sup>-1</sup> semente (Carbendazim + Thiram, respectivamente) não houve redução significativa com esse tratamento, indicando que sua aplicação não compromete a fixação biológica de nitrogênio nas plantas.

## **2.2 Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs)**

Os FMAs são simbiotróficos obrigatórios pertencentes ao filo Glomeromycota (Schübler et al., 2001) e à ordem Glomerales e colonizam a maioria das plantas terrestres, formando uma associação simbiótica mutualística. Por meio dessa associação, o fungo recebe da planta fotoassimilados e transfere nutrientes e água à planta hospedeira, promovendo modificações fisiológicas, metabólicas e nutricionais (Siqueira, 1994). As micorrizas, através de suas hifas e micélios, permitem a absorção de água e nutrientes fora da zona de esgotamento que surge devido à maior absorção de nutrientes ao redor das raízes (Moreira & Siqueira, 2006). Além disso, os FMAs aumentam a atividade biológica em torno das raízes das plantas, com o favorecimento da nodulação e da fixação biológica de nitrogênio nas leguminosas (Cardoso, 1986; Jesus et al., 2005) e a maior tolerância das plantas a estresses ambientais como o estresse hídrico (Paula & Siqueira, 1987a) e na toxicidade de metais pesados no solo (Klauber-Filho et al., 2005).

A maioria das plantas apresenta simbiose com os FMAs, e contribuições substanciais dessa simbiose vêm sendo observadas, inclusive nas plantas cultivadas de interesse econômico, como soja, milho, feijão, sorgo, trigo, arroz, café, citros, mandioca e espécies arbóreas, entre outras (Siqueira et al., 2002)

Para os solos do cerrado brasileiro, que são de baixa fertilidade, a micorrização tem contribuído na produtividade, pois permite à planta explorar maior volume de solo e, com isso, maximizar o uso dos nutrientes (Moreira &

Siqueira, 2006), com grande destaque no processo de absorção de P. Esta simbiose promove um melhor aproveitamento do fertilizante fosfatado, especialmente nos solos muito deficientes desse nutriente. A associação micorrízica não substitui a adubação fosfatada, mas aumenta a eficiência da utilização, pelas plantas, do fósforo natural ou do adicionado ao solo pela adubação (Miranda & Miranda, 1997), o que se muito importante para a cultura da soja nestes solos. Miranda (1982), em estudo da inoculação de FMAs na cultura da soja em campo com 100 e 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> no solo, verificou que a produção foi significativamente maior quando na presença dos fungos e que a efetividade da associação estaria vinculada a um teor mínimo de P no solo. De maneira geral, plantas com sistema radicular pouco desenvolvido, como as leguminosas, são mais micotróficas e dependem mais da simbiose para absorção de P (Fernandes et al., 1987). Além disso, tem sido verificado, também, aumento na nodulação e na atividade da nitrogenase, o que pode contribuir para essa maior dependência em solo de cerrado (Paula & Siqueira, 1987b).

Em níveis ótimos de P no solo há uma diminuição na porcentagem de colonização dos FMAs por um mecanismo de auto-regulação da simbiose, o que leva ao entendimento de que as micorrizas são pouco importantes em solos férteis; entretanto, seus benefícios para as plantas não dependem somente de P no solo, mas também do nível de dependência micorrízica da cultura (Colozzi-Filho et al., 1999). Miranda & Miranda (2002) relatam que em solos corrigidos e adubados da região do cerrado, a micorrização tem contribuído no crescimento da soja e na sua produção final, principalmente se ocorrer alguma condição adversa, como um estresse hídrico devido a veranicos no período da safra, muito comuns na região Centro-Oeste. Plantas micorrizadas aumentam sua resistência a estresse hídrico pelo favorecimento da relação água-planta promovido pelo fungo micorrízico, incluindo aumentos na elasticidade das folhas, na taxa de

transpiração e na de abertura de estômatos; melhoria do estado nutricional e aumento das raízes em comprimento e profundidade (Moreira & Siqueira, 2006).

Em solos de cerrado, a população nativa é baixa como verificado em estudo de Cordeiro et al. (2005) mas tem aumentado de forma gradativa com o cultivo das plantas e a rotação de culturas no sistema de plantio direto (Miranda et al., 2005). Quando as plantas utilizadas na rotação de culturas são micotróficas, têm sido verificados aumentos do potencial de inóculo natural do solo e da eficiência da simbiose. Ou seja, essa rotação de culturas tem causado tanto aumento na quantidade como na composição qualitativa desses fungos no solo e, com isso, seus efeitos nas plantas como observado em estudo na região sul por Colozzi-Filho et al. (1999). Em estudo de campo em um Latossolo Vermelho, no Planalto Central, sob cinco anos de plantio direto com a rotação de culturas soja/milho/soja, Miranda et al. (2005) verificaram uma alta diversidade de espécies de FMAs, sendo encontradas *Acaulospora scrobiculata*, *A. mellea*, *A. tuberculata*, *Scutellospora pellucida*, *S. biornata*, *S. cerradensis*, *S. reticulata*, *Glomus occultum*, *G. clarum*, *Gigaspora margarita*, *G. gigantea* e *Entrophospora colombiana*, entre outras. Nesse mesmo estudo verificaram-se aumentos de 29% para 60% do primeiro para o quarto ano após a rotação com milho, nas taxas de colonização da soja. Em estudo de campo em Latossolo Vermelho sob plantio direto na região Centro-oeste e com condições de P adequadas no solo (16 mg dm<sup>-3</sup> de P, extraídos por Melich-1), Cordeiro et al. (2005) verificaram 33 % de colonização na soja por FMAS indígenas, enquanto, para um Neossolo Quartzarênico (24 mg dm<sup>-3</sup> de P no solo), a taxa de colonização atingiu 37 %. Siqueira et al. (1989), estudando a ocorrência de micorrizas arbusculares em agrossistemas no Estado de Minas Gerais, identificaram, para a cultura da soja em plantio convencional, as espécies *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora spinosa*, *Acaulospora appendiculata*, *Acaulospora morrowae*, *Glomus sp.*, *Glomus intraradices*, *Glomus etunicatum*,

*Gigaspora margarita*, *Gigaspora gigantea*, *Gigaspora sp.* e *Scutellospora pellucida*. Os autores verificaram, ainda, que a porcentagem média de colonização para essas condições foi de 18,3%.

No cultivo extensivo da cultura da soja, outro fator que atua sobre os FMAs é o uso dos fungicidas para o tratamento de sementes, que pode apresentar diferentes comportamentos. Alguns fungicidas podem afetar severamente a micorrização, agindo como fungistáticos, outros podem estimular o desenvolvimento dos FMAs, pois atuam sobre seus competidores e beneficiam as plantas que, diretamente, beneficiam as micorrizas (Siqueira & Franco, 1988).

Como comentado anteriormente, dentre os fungicidas mais utilizados no tratamento de sementes estão os benzimidazóis (Picinini, 1994), entre os quais benomil, tiofanato-metílico e carbendazim são os mais comuns (Coutinho et al., 2006). O grupo químico benzimidazol se mostra muito tóxico, promovendo elevada redução no desenvolvimento dos FMAs, efeito relatado por vários autores (Pimienta-Barrios et al., 2003; Frank et al., 2003, Bayman et al., 2002; Smith et al., 2000; Schreiner & Bethlenfalvay, 1997). O'Connor et al. (2002), em estudo verificando a influência do fungicida benomil nos FMAs e sobre espécies arbustivas do semi-árido australiano, verificaram redução de até 70% da colonização de raízes por micorrizas. Smith et al. (2000), estudando a aplicação a longo prazo desse fungicida em solos das pradarias norte-americanas, também observaram redução de até 80% na colonização micorrízica.

A absorção de P é diretamente afetada quando concentrações elevadas de fungicidas afetam as hifas dos fungos micorrízicos. Em estudo com os fungicidas carbendazim, propiconazole e fenilpropimorfe e suas doses-resposta em relação à absorção de P por hifas de micorrizas arbusculares em plantas de ervilha, Schweiger & Jakobsen (1998) observaram que o fungicida carbendazim



obteve o maior efeito negativo sobre essa absorção em todas as concentrações de aplicação estudadas.

Schreiner & Bethlenfalvay (1997), em estudo sobre respostas da inoculação de isolados de FMAs inoculados individualmente ou em mistura, verificaram que, em tratamento com os fungicidas benomil, pentacloronitrobenzeno (PCNB) e Captan, houve reduções na formação de micorrizas quando no tratamento com as espécies de FMAs separadas e as melhores respostas das plantas foram nos tratamentos com a mistura das espécies dos fungos, concluindo que há uma atenuação dos estresses promovidos pelos fungicidas aos FMAs quando há uma diversidade de espécies, o que resulta em boa performance das plantas.

Em geral, os fungicidas sistêmicos diminuem a colonização micorrízica, enquanto os de contato têm efeito variável (Siqueira & Franco, 1988). Sendo assim, tornam-se necessários estudos de compatibilidade destes aos FMAs, principalmente no que diz respeito à utilização das misturas comerciais atualmente mais utilizadas nos tratamentos de sementes da soja, como a mistura Carbendazim + Thiram, que é uma mistura de um fungicida sistêmico com um fungicida de contato.

O manejo dos FMAs em sistemas agrícolas anuais e extensivos como a soja é algo promissor e faz parte das novas perspectivas para a agricultura. Quando se trata de inoculação de propágulos de FMAs nestes sistemas, logo se verifica a inviabilidade desse manejo devido ao simbiotrofismo obrigatório destes fungos e sua ocorrência generalizada. Neste caso, resta apenas manejar a população dos fungos micorrízicos indígenas, e a descoberta de substâncias que estimulam a colonização micorrízica, os isoflavonóides, poderá maximizar ainda mais os benefícios dessa simbiose.

Há uma diversidade de compostos fenólicos, entre eles os flavonóides, dos quais se destacam os isoflavonóides, que fazem parte do metabolismo

secundário das plantas e possuem diversas funções, como a pigmentação de flores, a proteção contra patógenos, a alelopatia, a nutrição e a fisiologia da planta e os sinais moleculares, entre outras. Esses compostos são exsudados pelas raízes em altas concentrações e são de uma elevada ocorrência, principalmente dos isoflavonóides formononetina, biocanina A, genisteína e daidzeína, no solo rizosférico (Siqueira et al., 1991a).

No início da década de 90, Nair et al. (1991) isolaram e identificaram, de raízes de trevo (*Trifolium repens*), isoflavonóides que eram produzidos em maiores quantidades em plantas estressadas pela deficiência de P, e observaram que estes eram ativos sobre os FMAs, principalmente a formononetina e a biocanina A. Ambos estimularam o crescimento de hifas e aumentaram nove vezes mais a colonização das raízes que nos tratamentos controle, indicando que estes isoflavonóides funcionam como sinais moleculares na simbiose micorrízica.

Em outro estudo com vários flavonóides, Siqueira et al. (1991b) confirmaram este estímulo na colonização micorrízica, promovido pela formononetina e a biocanina A em trevo branco, não sendo verificado o mesmo efeito para os demais flavonóides. Nesse mesmo estudo verificou-se que o efeito estimulante dos isoflavonóides depende da densidade de esporos no solo, a qual é máxima em solos com baixa a moderada densidade, ou seja, de 2 a 4 esporos viáveis g<sup>-1</sup> de solo.

A formononetina (7- hidróxi, 4'-metóxi-isoflavona) foi o que mais se destacou entre todos os isoflavonóides isolados, sendo mais ativa sobre as micorrizas (Siqueira et al., 1991b). A partir dessa descoberta, formulações sintéticas da formononetina foram produzidas para comercialização, sendo primeiramente formulada como Rhizotropina, depois Myconate e, em seguida, Mycoform. Atualmente, duas formulações vêm sendo comercializadas, Mycoform e Myconate, esta última solúvel em água. Esses produtos são seguros

e não possuem risco para o ambiente, e ambas as formulações estão sendo avaliadas em diferentes condições, em muitos países, sobre o rendimento do milho, da soja e da batata bem como para frutíferas e olerícolas, no campo e em casa de vegetação (Nair et al., 1999).

Observou-se que os flavonóides exsudados pelas raízes desempenham importante função na comunicação por meio de sinais moleculares que ocorrem nos estágios de pré-colonização dos FMAs. Em estudos *in vitro* foi verificado que a formononetina atua como fator químico ativo capaz de estimular o crescimento assimbiótico de esporos de FMAs (Baptista & Siqueira, 1994; Romero & Siqueira, 1996).

Estudando a formação de micorriza em soja e milho com aplicação de formononetina sintética, formulado Rizotropina, da empresa RhizoTech, Inc.(Hipewell, New Jersey, USA), Silva-Júnior & Siqueira (1997) verificaram que ambas as espécies tiveram a formação micorrízica acelerada, sendo as porcentagens de colonização, em média, de 53% para soja e 51% para o milho. Também se observaram aumentos nos valores máximos de diversos parâmetros da colonização (pontos de entrada, porcentagem de colonização e arbúsculos).

Em estudo em campo com aplicação da formononetina sintética, foram verificados aumentos de produção de 25% para o milho e 50 % para soja (Siqueira et al., 1992). Também Romero (1999), avaliando produtividade da cultura do milho com os formulados Mycoform e Myconate, observou aumentos de 14 a 28% na produção desta cultura, e mostrou, após avaliação de custo/benefício, que o uso da formononetina sintética tem mercado potencial no Brasil.

Siqueira et al. (1991c) verificaram que a aplicação de formononetina em solos com níveis residuais de herbicidas tóxicos para as culturas de sorgo e de milho promoveu uma redução na injúria provocada pelo herbicida nessas culturas, mediada pela maior colonização micorrízica das raízes por fungos

indígenas. Em solo contendo excesso de metais pesados, Siqueira et al. (1999) observaram, para a cultura do milho, uma redução significativa dos efeitos adversos desses elementos tóxicos quando no tratamento com formononetina, ação indireta do aumento da micorrização promovida por esse isoflavonóide, o que se mostrou uma tecnologia facilitadora do processo de revegetação de áreas contaminadas com metais pesados.

Em frutíferas como o maracujá, Soares & Martins (2000), estudando o crescimento de mudas e a sua colonização, verificaram que a aplicação de formononetina em substratos com populações de FMAs nativas beneficiou a colonização micorrizica e, por consequência, favoreceu o desenvolvimento do maracujazeiro nessa fase inicial. Em olerícolas como a batata, estudo da aplicação de formononetina, formulado como Myconate, em seis cultivares diferentes em solos do planalto peruano, promoveu aumentos no número de esporos de fungos micorrízicos indígenas de  $6,3 \pm 1,2$  para  $19,4 \pm 1,1$  esporos  $g^{-1}$  solo; a porcentagem de colonização foi superior em quatro das seis cultivares utilizadas e foram verificados aumentos significativos no desenvolvimento dos tubérculos de três das seis cultivares estudadas (Davies et al., 2005a). Em outro estudo, esses mesmo autores verificaram que a aplicação de Myconate promoveu aumentos no rendimento final das batatas (Davies et al., 2005b).

Estudando a cultura do feijão, Lambais et al. (2003) verificaram que a formononetina estimulou a colonização das raízes. Fries et al. (1998) também verificaram esses estímulos na colonização de raízes de milho. Nesses estudos verificou-se que, em baixa condição de P, há uma diminuição da atividade da enzima peroxidase (enzima antioxidante), o que permite uma rápida penetração e expansão do fungo no córtex da raiz, processo mediado pela formononetina, que atua como um fator químico ativo.

Para obter sucesso com produtos à base de isoflavonóide, é importante considerar que a cultura deve ser micotrófica e apresentar alta compatibilidade

com os fungos indígenas; deve haver propágulos viáveis no solo, porém em densidade abaixo da necessária para atingir máxima colonização (população reduzida ou de baixa infectividade); as condições nutricionais ou ambientais devem impor algum grau de estresse para garantir os benefícios da melhor micorrização; e a viabilidade tecnológica depende de benefícios consistentes na produtividade e/ou redução no uso de insumos, como os fertilizantes fosfatados (Siqueira et al., 2002).

### **2.3 Peliculização**

A tecnologia de tratamento de sementes envolve vários procedimentos, destacando-se a peletização e a peliculização (Taylor et al., 1998). A peletização promove aumento no tamanho da semente (Kanashiro et al., 1979), enquanto, na peliculização, a forma da semente é mantida e, em geral, o tamanho não é muito alterado (Taylor et al., 1998). Portanto, esse processo consiste na aplicação de uma solução de polímeros inertes sobre uma massa de sementes, com distribuição uniforme dos materiais aplicados, mostrando-se o método ideal para os tratamentos químicos ou biológicos das sementes (Taylor et al., 1998).

A peliculização, além de ser utilizada para manter os produtos fixados às sementes de maneira uniforme, também contribui para uma melhoria no desempenho germinativo, principalmente quando as sementes são expostas a condições desfavoráveis que prejudicam o processo de germinação. Dessa forma, a peliculização tem sido investigada para amenizar o impacto do estresse ambiental sobre a germinação e o estabelecimento de plântulas (Trentini et al., 2005).

## RERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA, M. J.; SIQUEIRA, J. O. Efeito de flavonóides na germinação de esporos e no crescimento assimbiótico do fungo micorrízico arbuscular *Gigaspora gigantea*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.6, n.2, p. 127-134, 1994.

BAYMAN, P.; GONZÁLEZ, E. J.; FUMERO, J. J.; TREMBLAY, R. L. Are fungi necessary? How fungicides affect growth and survival of the orchis *Lepanthes rupestris* in the field. **Journal of Ecology**, v.90, p. 1002-1008, 2002.

BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. A.; FREITAS, P. L.; COELHO, M. R.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; OLIVEIRA, R. P.; SANTOS, H. G.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. C. S. **Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto dos cerrados**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 22p. (Embrapa Solos. Documentos, 46).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil: soja- produção, área colhida e rendimento médio- 1990 a 2007**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso: 29 jun. 2007.

BUENO, C. J.; MEYER, M. C.; SOUZA, N. L. Efeito de fungicidas na sobrevivência de *Bradyrhizobium japonicum* (Semia 5019 e Semia 5079) e na nodulação da soja. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 231-235, 2003.

CARDOSO, E. J. B. N. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em soja, com *Rhizobium japonicum* e fosfato de rocha, em função do tipo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 17-23, 1986.

COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E. L.; ANDRADE, D.S. Microrganismos e processos biológicos no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS/Lavras: UFLA: DCS, 1999. p. 487-508.

CORDEIRO, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 147-153, 2005.

COUTINHO, C. F. B.; GALLI, A.; MAZO, L. H.; MACHADO, S. A. S. Carbendazim e o meio ambiente: degradação e toxidez. **Pesticidas: Revista Ecotoxicológica e Meio Ambiente**. Curitiba, v. 16, 2006

DAVIES, F. T.; CALDERÓN, C. M.; HUAMAN, Z.; GÓMEZ, R. Influence of a flavonoid (formononetin) on mycorrhizal activity and potato crop productivity in the highlands of Peru. **Scientia Horticulturae**, v. 103, n.3, p. 318-329, 2005a.

DAVIES, F. T.; CALDERÓN, C. M.; HUAMAN, Z.; GÓMEZ, R. Influence of a flavonoid indigenous to Peru and flavonoid on growth, yield and leaf elemental concentration of “Yungay” potatoes (*Solanum tuberosum* L.). **HortScience**, v. 40, n. 2, p. 381-385, 2005b.

EMBRAPA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Soja. **Tecnologia de produção de soja**: Região Central do Brasil 2005. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 220p. (Sistemas de Produção, 9).

FERNANDES, A. B.; SIQUEIRA, J. O.; MENEZES, M. A. L.; GUEDES, G. A. A. Efeito diferenciado do fósforo sobre o estabelecimento e efetividade da simbiose endomicorrízica em milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, p. 101-108, 1987.

FRANK, D. A.; GEHRING, C. A.; MACHUT, L.; PHILLIPS, M. Soil community composition and the regulation of grazed temperate grassland. **Oecologia**, v. 137, p. 603-609, 2003.

FRIES, L. L. M.; PACOVSKY, R. S.; SAFIR, G. R. Influence of phosphorus and formononetin on isozyme expression in the *Zea mays*- *Glomus intraradices* symbiosis. **Physiologia Plantarum**, v. 103, p. 172-180, 1998.

GOULART, A. C. P. Tratamento de sementes de soja com fungicidas para o controle de patógenos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 127-131, 1998.

GOULART, A. C. P. Efeito do tratamento de sementes de algodão com fungicidas no controle do tombamento de plântulas causados por *Rhizoctonia solani*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 27, n. 4, p. 399-402, 2002.

HENNING, A. A. **Patologia de sementes**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1996. 43p.

HENNING, A. A.; KRYZANOWSKY, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; YORINORI, J. T. **Tratamento de sementes de soja com fungicidas**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1991. 4p. (Comunicado Técnico, 49).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35, Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 49).

JESUS, E. C.; SCHIAVO, J. A.; FARIA, S. M. Dependência de micorrizas para a nodulação de espécies arbóreas tropicais. **Revista Árvore**, v. 29, n. 4, p. 545-552, 2005.

KANASHIRO, M.; KAGEYAMA, P. Y.; JACOB, W. S. **Peletização de sementes de eucalipto**. Piracicaba: Instituto de Estudos e Pesquisas Florestais, 1979. 6p. (IPEF. Circular Técnica, 44).

KLAUBERG-FILHO, O.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; SOARES, C. R. F. S.; SILVA, S. Ecologia, função e potencial de aplicações de fungos micorrízicos arbusculares em condições de excesso de metais pesados. In: TORRADO, P. V.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; DA SILVA, A. P.; CARDOSO, E. J. B. N. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. v.4, p. 85-144.

KROHN, N. G.; MALAVASI, M. M. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com fungicidas durante e após o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n.2, p. 91-97, 2004.

LAMBAIS, M. R.; RÍOS-RUIZ, W. F.; ANDRADE, R. M. Antioxidant responses in bean (*Phaseolus vulgaris*) roots colonized by arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 160, p. 421-428, 2003.

MIRANDA, J. C. C. Influência de fungos endomicorrízicos inoculados a campo, na cultura de sorgo e soja em solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, p. 19-23, 1982.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Palanaltina: Embrapa- CPAC, 1997. 524p.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Importância da micorriza arbuscular para o cultivo da soja na região do Cerrado**. Planaltina: Embrapa- CPAC, 2002. (Comunicado Técnico, 75).



MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n.10, p. 1005-1014, 2005.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, v. 20, n. 3, p. 407-414, 1996.

NAIR, M. G.; BALASUBRAMANIAN, S.; KELLY, J. F.; SCHUTZKI, R.E.; WENZL, P.; CHÁVEZ, A. L. Natural products as potencial soil amendments for crop improvement. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS/Lavras: UFLA: DCS, 1999. p. 405-419.

NAIR, M. G.; SAFIR, G. N.; SIQUEIRA, J. O. Isolation and identification of vesicular-arbuscular mycorrhiza stimulatory compounds from clover (*Trifolium repens*) roots. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 57, n. 2, p. 434-439, 1991.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399p.

O'CONNOR, P. J.; SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Arbuscular mycorrhizas influence plant diversity and community structure in a semiarid herbland. **New Phytologist**, v. 154, p. 209-218, 2002.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 2, p. 393-486, 2002.

PAULA, M. A.; SIQUEIRA, J. O. Efeito da umidade do solo sobre a simbiose endomicorrízica em soja. II. Crescimento, nutrição e relação água-planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 11, n. 3, p. 289-293, 1987a.

PAULA, M. A.; SIQUEIRA, J. O. Influência de micorrizas vesicular-arbusculares no crescimento, nodulação e acúmulo de nitrogênio pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, 1987b.

PICININI, E. C. Fungicidas benzimidazóis. **Revisão Anual de Patologia Vegetal**, v. 2, p. 357- 409, 1994.

PIMIENTA-BARRIOS, E.; CASTILLO-ARANDA, M. E. G.; MUÑOZ-URIAS, A.; NOBEL, P. S. Effects of benomyl and drought on the mycorrhizal development and daily net CO<sub>2</sub> uptake of a wild platyopuntia in a rocky semi-arid environment. **Annals of Botany**, v. 92, p. 239-245, 2003.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343p.

RODRIGUES, C. R. **Frações de fósforo e produção da soja e do feijoeiro em sucessão a gramíneas adubadas com diferentes fertilizantes fosfatados**. Lavras: UFLA, 2006. 112 p. (Tese – Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

ROMERO, A. G. F. **Avaliação agrônômica de formulações de isoflavonóide estimulante da micorrização no milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 40p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ROMERO, A. G. F.; SIQUEIRA, J. O. Atividade de flavonóides sobre esporos do fungo micorrízico *Gigaspora gigantea* *in vitro*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 7, p. 517-522, 1996.

SCHREINER, R. P.; BETHLENFALVAY, G. J. Plant and soil response to single and mixed species of arbuscular mycorrhizal fungi under fungicide stress. **Applied Soil Ecology**, v. 7, p. 93-102, 1997.

SCHÜBLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. **Mycol. Res.**, v. 105, n. 12, p. 1413-1421, 2001.

SCHWEIGER, P. F.; JAKOBSEN, I. Dose-response relationships between four pesticides and phosphorus uptake by hyphae of arbuscular mycorrhiza. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, n.10/11, p. 1415-1422, 1998.

SILVA-JÚNIOR, J. P.; SIQUEIRA, J.O. Aplicação de formononetina sintética ao solo como estimulante da formação de micorriza no milho e na soja. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 9, n. 1, p.35-41, 1997.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 236p.

SIQUEIRA, J. O.; BROWN, D. G.; SAFIR, G. R.; NAIR, M. G. Field application of the VA-mycorrhiza stimulating isoflavonoid formononetin (Rhizotropin™) on corn and soybean in Brazil. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF MYCORRHIZAS IN AGRICULTURE, HORTICULTURE AND FORESTRY, 1992, Perth. **Proceedings...** Perth: University of Western Australia, 1992. 132p.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbuscular em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 12, p. 1499-1509, 1989.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras: FAEPE, 1988. 235p.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 25, 2002.

SIQUEIRA, J. O.; PEREIRA, M. A. M.; SIMÃO, J. B. P.; MOREIRA, F. M. S. Efeito da formononetina (7 Hidroxi, 4' metoxi Isoflavona) na colonização micorrízica e crescimento do milho em solo contendo excesso de metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 561-567, 1999.

SIQUEIRA, J. O.; SAFIR, G. R.; NAIR, M. G. Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems. **Critical Review Plant Science**, v. 10, p.63-121, 1991a.

SIQUEIRA, J. O.; SAFIR, G. R.; NAIR, M. G. Stimulation of vesicular-arbuscular mycorrhiza formation and growth of white clover by flavonoid compounds. **The new Phytologist**, v. 118, n. 1, p. 87-93, 1991b.

SIQUEIRA, J. O.; SAFIR, G. R.; NAIR, M. G. VA-mycorrhizae and mycorrhiza stimulating isoflavonoid compounds reduce plant herbicide injury. **Plant and Soil**, v. 134, n. 2, p. 233-242, 1991c.

SMITH, M. D.; HARTNETT, D. C.; RICE, C. W. Effects of long-term fungicide applications on microbial properties in tallgrass prairie soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p. 935-946, 2000.

SOARES, A. C. F.; MARTINS, M. A. Influência de fungos micorrízicos arbusculares, associada à adição de compostos fenólicos, no crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpus*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 731-740, 2000.

TAYLOR, A. G.; ALLEN, P. S.; BENNETT, M. A.; BRADFORD, K. J.; BURRIS, J. S.; MISRA, M. K. Seed enhancements. **Seed Science Research**, v. 8, n. 2, p. 245-256, 1998.

TRENTINI, P.; VIEIRA, M. G. G. C.; CARVALHO, M. L. M.; OLIVEIRA, J. A.; MACHADO, J. C. Peliculização: desempenho de sementes de soja no estabelecimento da cultura em campo na região de alto garças, MT. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 29, n.1, p. 84-92, 2005

VECHIATO, M. H.; LASCA, C.C.; KOHARA, E. Y.; CHIBA, S. Antracnose do feijoeiro: tratamento de sementes e correlação entre incidência em plantas e infecção de sementes. **Arq. Instituto Biológico**, v. 68, n. 1, p. 83-87, 2001.

**CAPÍTULO 2**  
**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO MYCOFORM®**  
**(ISOFLAVONÓIDE FORMONONETINA) VIA PELICULIZAÇÃO**  
**DE SEMENTES NA COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA E**  
**PRODUTIVIDADE DA SOJA**

## RESUMO

CORDEIRO, Meire Aparecida Silvestrini. **Avaliação da eficácia do Mycoform® (isoflavonóide formononetina) via peliculização de sementes na colonização micorrízica e produtividade da soja no Centro-oeste.** 2007. 70p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG<sup>1</sup>.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia da aplicação do isoflavonóide formononetina (7-hidroxi, 4'-metoxi-isoflavona) formulado como Mycoform® via peliculização na semente, juntamente com a aplicação de fungicida sob diferentes condições de fósforo, sobre a colonização micorrízica e produtividade da soja no município de Jataí, no Estado de Goiás. Foram realizados dois experimentos, sendo um em condições de campo e outro em casa de vegetação, no período de outubro de 2006 a fevereiro de 2007. O experimento de campo foi conduzido em parcela subdividida em delineamento blocos casualizados com 5 repetições, sendo dois níveis de fósforo (P) na parcela e, na sub-parcela, seis tratamentos na semente: a) controle (sem Myc e sem fungicida), b) fungicida (sem Myc, com fungicida), c) Myc0,5 (0,5 mg Myc semente<sup>-1</sup> e sem fungicida), d) Myc0,5+fung (0,5 mg Mycoform semente<sup>-1</sup> com fungicida), e) Myc1 (1,0 mg Mycoform semente<sup>-1</sup> sem fungicida) e f) Myc1+fung (1,0 mg Mycoform semente<sup>-1</sup> com fungicida). O experimento em casa de vegetação foi constituído dos mesmos tratamentos na semente em delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições. Neste ensaio, as plantas de soja foram submetidas a condições de estresse hídrico no estágio de floração/reprodução. Os resultados mostraram que, para condições de campo, a colonização micorrízica foi estimulada pela aplicação do Mycoform. O número e o peso seco de nódulos foram maiores com a aplicação do Mycoform na condição de baixo P. Para produção de grãos, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos, resultado que pode ter ocorrido pelas condições ótimas de nutrição da planta, mesmo no baixo nível de P aplicado, bem como pelas condições climáticas favoráveis no período de condução do estudo. A aplicação da mistura comercial de fungicidas Carbendazim+Thiram na semente não afetou a colonização micorrízica. Assim como observado no experimento à campo, verificou-se que a aplicação do Mycoform estimulou a colonização micorrízica da soja no experimento em casa de vegetação, e que a aplicação da mistura comercial de fungicidas Carbendazim+Thiram na semente não afetou a mesma. Para a produção de grãos, foram verificadas que o tratamento com 1 mg Myc semente<sup>-1</sup> foi superior aos tratamentos sem aplicação de Mycoform e ao tratamento 0,5 mg Myc semente<sup>-1</sup> + fungicida. Os resultados deste estudo

mostraram que mesmo a planta estando bem nutrida, o produto estimulou a colonização micorrízica, mas isto não se refletiu na produção de grãos. Já em situação de estresse hídrico em casa de vegetação, o Mycoform estimulou a produção de grãos.

---

Orientador: José Oswaldo Siqueira- UFLA, Co-orientador: Marco Aurélio Carbone Carneiro- UFG.

## ABSTRACT

CORDEIRO, Meire Aparecida Silvestrini. **Evaluation of Mycoform® (isoflavonoid formononetin) effectiveness by film coating seeds in the mycorrhizal colonization and soybean productivity in the Middle-west.** 2007. 70p. Dissertation (Master Program in Soils and Plant Nutrition) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil<sup>1</sup>.

The present work aimed to evaluate the effectiveness of the isoflavonoid formononetin (7-hydroxi, 4'-metoxi-isoflavona), formulated as Mycoform® and applied by film coating in the seed, together with fungicide application under different phosphor conditions, on mycorrhizal colonization and soybean productivity in Jatai Municipality, Goiás, Brazil. Two experiments were carried out, being one in field conditions and another at greenhouse, from October, 2006 to February, 2007. The field experiment was carried out in split plot and randomized block design with 5 replications, being two phosphors levels (P) in the sub-plot and six treatments in the seed: a) control (without Myc and without fungicide), b) fungicide (without Myc, with fungicide), c) Myc0,5 (0,5 mg Myc seed<sup>-1</sup> and without fungicide), d) Myc0,5+fung (0,5 mg Mycoform seed<sup>-1</sup> with fungicide), e) Myc1 (1,0 mg Mycoform seed<sup>-1</sup> without fungicide) and f) Myc1+fung (1,0 mg Mycoform seed<sup>-1</sup> with fungicide). The greenhouse experiment comprised the same treatments in the seed distributed in complete randomized design with 5 replications. In this experiment, soybean plants were submitted to hidric stress conditions at flowering and reproduction phases. The results showed that, for field conditions, the mycorrhizal colonization was stimulated by Mycoform application. Nodule number and dry weight were highest with Mycoform application in low P condition. For grain yields, no differences were observed among treatments. This was probably due to the highest soil fertility enhancing plant nutrition even in the low level of applied P, as well as to the favorable climatic conditions. The application of the commercial mixture of fungicidal Carbendazim+Thiram in the seed didn't affect the mycorrhizal colonization. As it was observed in the field experiment, the application of Mycoform stimulated soybean mycorrhizal colonization in greenhouse experiment. The application of the commercial mixture of fungicidal Carbendazim+Thiram in the seed didn't affect mycorrhizal colonization in both experiments. It was verified that the treatment with 1 mg Myc seed<sup>-1</sup> enhanced grain yields more than the treatments without application of Mycoform and the treatment with 0,5 mg Myc seed<sup>-1</sup> + fungicide. The results of this study showed that under conditions of good plant nutrition, the product stimulated the



mycorrhizal colonization, but this was not reflected in grain yields. However, under hidric stress conditions at greenhouse, Mycoform stimulated grain yields.

---

<sup>1</sup>Adviser: José Oswaldo Siqueira – UFLA, Co-adviser: Marco Aurélio Carbone Carneiro

## 1. INTRODUÇÃO

Na busca por aumentos na produtividade e pela redução de custos de produção, tem-se recorrido a novas estratégias de manejo e ao máximo de aproveitamento dos recursos de produção. Neste cenário destacam-se as práticas conservacionistas de manejo do solo e a exploração de processos biológicos como a fixação biológica de nitrogênio atmosférico (FBN). Outros processos biológicos estão sendo aprimorados, como o controle biológico de pragas e o emprego dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). Estes últimos aumentam a eficiência de utilização do P do solo, além de promover maior tolerância das plantas a estresses variados, exercendo grandes benefícios para a cultura. Portanto, a exploração dos benefícios dos FMAs tem grande potencial para as culturas anuais. Melhorar a micorrização da soja pode ter grande impacto na produtividade desta cultura em solos sujeitos a estresses ambientais, principalmente veranicos, e de baixa fertilidade, situações estas comumente observadas na região Centro-Oeste do Brasil.

Os FMAs são biotróficos obrigatórios, o que dificulta a sua multiplicação e inoculação em larga escala, inviabilizando sua exploração nos cultivos anuais (Siqueira et al., 2002). Entretanto, a descoberta de substâncias capazes de estimular a micorrização, como o isoflavonóide formononetina, surge como uma alternativa para estimular a colonização e maximizar os benefícios dos FMAs indígenas. Produtos comerciais à base de formononetina têm sido desenvolvidos (Nair et al., 1999), mas ainda não são comercializados no Brasil. Vários estudos têm demonstrado a eficácia destes produtos na produção de soja e de milho no Brasil (Romero, 1999; Siqueira et al., 1992) e em várias outras regiões do mundo (Nair et al.; 1999), mas para se obter registros visando comercialização destes produtos no país, torna-se necessário avaliar a eficácia destes a diferentes regiões e sob condições variadas de cultivo das culturas. Para

se obter sucesso com produtos à base de isoflavonóide, é importante considerar alguns aspectos como: a cultura deve ser micotrófica e compatível com os fungos indígenas; deve haver propágulos viáveis no solo, porém em densidade abaixo da necessária para atingir máxima colonização; as condições nutricionais ou ambientais devem impor algum grau de estresse para garantir os benefícios da melhor micorrização; e a viabilidade tecnológica depende de benefícios consistentes na produtividade e/ou redução no uso de insumos, como os fertilizantes fosfatados (Siqueira et al., 2002). Há um grande interesse na avaliação da eficácia deste produto na produção da soja na região Centro-Oeste, que é uma das maiores produtoras desse grão do país; sendo são necessários estudos visando à compatibilização deste com as práticas normais desta cultura.

Considerando os tratamentos na semente que são realizados no momento que antecede a semeadura da soja, verifica-se que são comuns os tratamentos com micronutrientes, a inoculação com rizóbio e o tratamento com fungicidas. Este último tornou-se uma prática imprescindível para garantir o bom estabelecimento da lavoura, visto que com a expansão da área plantada agravaram-se os problemas para a produção de sementes de alta qualidade e a elevada incidência de patógenos nos solos (Henning, 1996). Dentre os fungicidas mais eficientes contra os patógenos, e mais utilizados no tratamento das sementes da soja, destaca-se a mistura comercial Carbendazim+Thiram (Embrapa, 2006). Dessa mistura, o carbendazim, que é do grupo dos benzimidazóis, é um fungicida tóxico para os FMAs (Pimienta-Barrios et al., 2003; Frank et al., 2002, O'Connor et al., 2001), podendo comprometer o estabelecimento da simbiose e seus benefícios para a soja. O Thiram é um fungicida de contato do grupo químico dimetilditiocarbamato. Os fungicidas de contato tem efeito variável sobre a colonização micorrízica (Siqueira & Franco, 1988).

Desse modo, incorporar produtos à base de formononetina sintética a este processo de tratamento de sementes, via peliculização (Taylor et al., 1998), pode ser muito promissor. A aceleração e a obtenção de maior micorrização das raízes resultam em maior absorção de nutrientes e água e promovem atenuação dos estresses abióticos e bióticos que normalmente contribuem para redução da produção das culturas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia da aplicação do isoflavonóide formononetina 7-hidroxi, 4'-metoxi-isoflavona, formulado como Mycoform<sup>®</sup> em peliculização na semente, juntamente com a aplicação de fungicida sob diferentes condições de fósforo, sobre a colonização micorrízica e produtividade da soja no município de Jataí, no Estado de Goiás.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Experimento de campo

#### Caracterização da área

O estudo foi desenvolvido na safra 2006/2007 (outubro de 2006 a fevereiro de 2007), no campo experimental do Centro de Ciências Agrárias e Biológicas da Universidade Federal de Goiás, no Campus de Jataí-GO, localizado a 17° 53' S e 51° 43' W, com altitude de 700 m. O clima da região, segundo a classificação de Koopen, é do tipo Cw, mesotérmico, com estação bem definidas de seca (abril-setembro) e chuva (outubro-março). A média da temperatura da região é de 24 °C, e da precipitação anual, em torno de 1800 mm. Em 2006, a precipitação foi de 58,3 mm em setembro, de 218,3 mm em outubro, de 181,6 mm em novembro, de 250,4 mm em dezembro, de 194,7 em janeiro mm e de 120,5 mm em fevereiro.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico com relevo levemente ondulado, cujas características químicas e físicas são apresentadas na Tabela 1, sendo K e P extraídos por Mehlich-1 e determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente; Ca, Mg e Al extraídos por KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinados por titulometria; matéria orgânica (MO) quantificada pelo método volumétrico pelo dicromato de potássio (Embrapa, 1997) e textura do solo conforme Embrapa (1997).

TABELA 1. Características químicas e físicas do solo da área experimental.

-----Química-----									-----Física-----		
pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	MO	Areia	Silte	Argila
água	mg dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			g kg <sup>-1</sup>	-----%-----		
6,4	12,9	135,3	3,7	1,3	0,03	4,57	5,35	33,1	37	33	30

SB- soma de bases e H+Al- acidez potencial.

O campo experimental possui cerca de 50 ha e há dez anos o sistema utilizado é o de plantio direto, ou seja, sem ocorrer revolvimento do solo. Na safra 2005/2006 foi implantada a cultura da soja, utilizando 360 kg ha<sup>-1</sup> de NPK na formulação 2:20:18 no plantio. A produtividade média foi de 43 sacas ha<sup>-1</sup> de 60 kg da variedade transgênica M-SOY 8008 RR e a colheita foi realizada em fevereiro de 2006. Em seguida foi realizado o plantio do sorgo, aplicando-se 100 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 2:20:18, efetuando-se a colheita no mês de julho de 2006, cuja produtividade média foi de 36 sacas ha<sup>-1</sup>. No mês de setembro de 2006 foi realizada roçagem da palhada do sorgo com intuito de uniformização da área, sendo estimado nesse período 7,7 Mg ha<sup>-1</sup> de palha. Após um mês da roçagem foi realizada a dessecação das plantas invasoras utilizando 4 L ha<sup>-1</sup> do herbicida Glifosato (Trop/ Milênia). Antes da implantação do experimento coletaram-se amostras para avaliar a densidade de esporos e das espécies de FMAs presentes na área. Após extração e contagem de esporos (Gerdeman e Nicholson, 1963), foi verificada uma densidade média de 193 esporos 50 cm<sup>-3</sup> de solo, sendo as espécies de maior predominância *Acaulospora denticulata*, *Acaulospora scrobiculata*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora pellucida* e *Glomus sp.* em menores proporções.

### **Delineamento e implantação do experimento**

O experimento foi constituído de parcelas subdivididas, sendo dois tratamentos nas parcelas: condições de alto e baixo P, e nas sub-parcelas, seis tratamentos de aplicação de Mycoform (Myc) e do fungicida Carbendazim + Thiram (fung) aplicados na semente: a) controle (sem Myc e sem fungicida), b) fungicida (sem Myc, com fungicida), c) Myc0,5 (0,5 mg Myc semente<sup>-1</sup> e sem fungicida), d) Myc0,5+fung (0,5 mg Mycoform semente<sup>-1</sup> com fungicida), e) Myc1,0 (1,0 mg Mycoform semente<sup>-1</sup> sem fungicida) e f) Myc1+fung (1,0 mg Mycoform semente<sup>-1</sup> com fungicida). O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com cinco repetições, totalizando sessenta parcelas. Cada parcela continha 8 linhas de 10 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,45 m (área de 36 m<sup>2</sup>), sendo a parcela útil para avaliações constituídas de 4 linhas de 8 m de comprimento (área de 14,4 m<sup>2</sup>), totalizando em torno de 3500 m<sup>2</sup> de área experimental.

Pela análise do solo da área experimental, o teor de P extraível obtido pelo método Mehlich-1 e o teor de argila foram, 12,9 mg kg<sup>-1</sup> e 30% respectivamente (Tabela 1), sendo esse valor de P considerado como Médio na tabela de indicação de adubação fosfatada no Cerrado (Embrapa, 2006) (Tabela 1A). Sendo assim, a adubação recomendada para essa área foi a adubação de manutenção, que correspondeu a 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, sendo este valor considerado, para esse estudo, como a condição de alto P; para a condição de baixo P foi definida a dose de 20 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (1/3 da dose recomendada). A aplicação das doses de P ocorreu no sulco de semeadura da soja com auxílio de uma plantadeira, no ato do plantio, utilizando como fonte desse nutriente o superfosfato simples (18 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

O fungicida utilizado no tratamento de sementes foi a mistura comercial Carbendazim + Thiram, (Protreat/ BASF) na dosagem recomendada de 200 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes. Este fungicida é uma suspensão concentrada, na qual 1 L

de mistura contém 150 g do ingrediente ativo Carbendazim, que é do grupo dos benzimidazóis, 2-(metoxi-carbomoi)-benzimidazol-(Carbendazin), com ação sistêmica sobre os patógenos, e 350g do ingrediente ativo Thiram, que é do grupo químico dimetilditiocarbamato, com composição química dissulfeto de tetrametiltiuram-(Thiram), um fungicida de contato; portanto, a concentração utilizada foi equivalente a 30 + 70 g 100 kg<sup>-1</sup> semente de Carbendazim + Thiram, respectivamente.

O produto estimulante da micorrização foi aplicado às sementes nas concentrações de 0,5 e 1,0 mg semente<sup>-1</sup> por meio da adição de 3,9 g e 7,8 g Mycoform kg<sup>-1</sup> semente, equivalendo, respectivamente, a 175 e 350 g ha<sup>-1</sup> (com base no número de sementes utilizadas por hectare- 350 mil sementes) sendo essa dosagem recomendada pela empresa Plant Health Care plc (PHC), INC-Pittsburgh, EUA, fornecedora do produto. O produto Mycoform é um líquido espesso esverdeado, insolúvel em água, composto por 7-hidroxi, 4'-metoxi-isoflavona (formononetina), acompanhado por um talco inerte cuja função é de auxiliar na aderência do Mycoform (peliculização). Do talco foram aplicados 1,7 g e 3,4 g kg<sup>-1</sup>semente, respectivamente para os tratamentos com 0,5 e 1,0 mg semente<sup>-1</sup> Mycoform, equivalendo a 65 e 130 g ha<sup>-1</sup>, conforme recomendado pela empresa.

Todas as sementes de soja foram tratadas de forma semelhante com micronutrientes, inseticida e bactérias fixadoras de nitrogênio. As aplicações dos micronutrientes cobalto (Co), molibdênio (Mo) e zinco (Zn) na concentração de 0,5, 15 e 0,5 %, respectivamente, foram realizadas com 120 mL 100 kg<sup>-1</sup> sementes do produto Action Seed (Nutrins). O inseticida utilizado para o tratamento da semente foi o Fipronil (Standak/ BASF), na dosagem recomendada de 200 mL 100 kg<sup>-1</sup> de sementes. A inoculação foi realizada utilizando 150 mL 50 kg<sup>-1</sup> de sementes de inoculante comercial (Cell Tech/



BASF) contendo *Bradyrhizobium elkanii*, estirpes SEMIA 587 e 5019 em meio líquido aquoso com um mínimo  $1,5 \cdot 10^9$  bactérias mL<sup>-1</sup>.

Com auxílio de sacos plásticos para homogeneização dos produtos na semente, foram aplicados os micronutrientes, o inseticida, o fungicida, bactérias fixadoras de nitrogênio e o Mycorform.

A implantação foi realizada no dia 21 de outubro de 2006, utilizando a variedade de soja convencional A7001, da empresa Nidera Sementes. Sua escolha foi atribuída às boas características agronômicas dessa cultivar: alta produtividade, adaptação às condições climáticas da região do cerrado, excelente vigor inicial e, principalmente, precocidade (ciclo de aproximadamente 100 dias), visando o cultivo de safrinha, que geralmente ocorre com milho, sorgo ou milheto e é muito utilizada na região. A semeadura seguiu recomendações técnicas para cultura da soja, visando um estande de 300 a 350 mil plantas ha<sup>-1</sup>, utilizando 20 sementes por metro linear, que foram semeadas manualmente. No ato da semeadura, foi realizada a adubação com potássio utilizando 69 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, equivalendo a 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para todas as parcelas, conforme recomendações da Embrapa Soja (2006). Os fertilizantes de P e K foram misturados uniformemente e aplicados no sulco de semeadura com auxílio de uma plantadeira.

### **Condução experimental e avaliações**

Durante a condução do experimento foram realizadas aplicações de defensivos agrícolas para controle/prevenção de pragas e doenças: inseticida sistêmico Metamidafós, (Metafós/ Milênia- dose 300 g ha<sup>-1</sup>) para controle de besourinho *Cerotoma sp.*; inseticida Cipermetrina (Galgotrin/ Milênia- dose 80 ml ha<sup>-1</sup>) para controle da lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatalis* e do percevejo verde (*Nezara viridula*); fungicida Estrubilurina (Priori/ Syngenta- dose 200 mL ha<sup>-1</sup>) para prevenção de ferrugem asiática (*Phakopsora pachirizi*); herbicida

Sethoxidim (Poast/ BASF) para controle de plantas daninhas de folha estreita e Clorimuron etil (Conquest/ Milênia) + Lactofen (Naja/ Milênia), nas doses de  $30\text{g ha}^{-1} + 300\text{ mL ha}^{-1}$ , respectivamente, para o controle de plantas daninhas de folha larga. Estes defensivos agrícolas são amplamente utilizados em lavouras comerciais na região do Sudoeste de Goiás.

Os estádios de desenvolvimento da soja estão descritos na Tabela 2A. A avaliação da colonização micorrízica foi realizada por meio de amostragem de 10 plantas por parcela, retiradas com auxílio de uma pá para remoção das raízes, sendo determinada a taxa de colonização aos 15 dias após germinação (DAG)-estádio V3, aos 45 DAG- estádio R2 e aos 60 DAG- estádio R5.4. Aproximadamente 1 g de raízes finas foram retiradas, lavadas, clarificadas e, em seguida, realizou-se a coloração com azul de tripano segundo Phillips e Haymann (1970). Para determinar a porcentagem de colonização micorrízica das raízes foi utilizado o método da placa quadriculada, de acordo com Giovannetti e Mosse (1980), e observação em microscópio estereoscópio (40x).

A nodulação foi avaliada aos 45 DAG, coincidindo com o estádio R2 soja, sendo 10 plantas por parcela, coletadas aleatoriamente com auxílio de uma pá para retirada das raízes contendo solo rizosférico sobre uma peneira, visando à retirada dos nódulos. Os nódulos coletados foram lavados em água corrente, secos em estufa de circulação forçada de ar a  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  e, em seguida, pesados para determinação do peso seco de nódulos.

Das plantas retiradas para avaliação da nodulação e colonização micorrízica no estádio R2 (45 DAG) foram retirados os terceiros e quartos trifólios com hastes para avaliação do estado nutricional das plantas por meio de análise foliar. As amostras foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar a  $70^{\circ}\text{C}$ . Ao atingirem peso constante, as amostras foram retiradas da estufa, moídas em moinho tipo Willey e, em seguida, realizou-se a digestão nitroperclórica para a determinação de P (colorimetria), K

(fotometria de chama), Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn (espectrofotometria de absorção atômica), segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). Os teores de N foram determinados pelo método de Kjeldahl. Os resultados foram interpretados conforme Oliveira (2004).

Para avaliar os efeitos dos tratamentos sobre o desenvolvimento e produtividade da soja, realizou-se uma série de determinações, tais como:

- a) Estande inicial: após germinação completa das sementes, com auxílio de uma fita métrica, foi calculada uma média do número de plantas em 5 m aleatorizados dentro de cada parcela experimental, a qual foi, em seguida, multiplicada pelos 32 metros lineares de cada parcela útil, estimando-se o estande inicial por parcela (plantas parcela<sup>-1</sup>);
- b) Altura da planta: arranquio manual de 10 plantas da parcela útil no momento da colheita, considerando a distância entre o colo da planta e a extremidade apical da haste principal, sendo os dados expressos em centímetro (cm);
- c) Número de vagens por planta: das plantas retiradas, foram contadas suas vagens, sendo os dados expressos em vagens planta<sup>-1</sup>;
- d) Massa de 100 grãos: após o debulhamento das vagens para avaliação do número de grãos por vagem, foram retirados 100 grãos aleatoriamente e pesados, sendo os dados expressos em gramas (g);
- e) Índice de colheita (IC): foi obtido pela razão da massa seca de grãos pela massa seca total da parte aérea na colheita, sendo os dados transformados para porcentagem (%);
- f) Produção de grãos: determinada pela colheita da área útil da parcela, no estágio de maturação completa (95% das vagens com coloração de vagem madura, hastes e ramificações desfolhadas e vagens secas), sendo os dados expressos em kg m<sup>-2</sup>.

## 2.2 Experimento de casa de vegetação

O estudo foi conduzido, na casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias e Biológicas da Universidade Federal de Goiás, Campus de Jataí, um experimento no mesmo período e com o mesmo solo do ensaio em campo, apresentando características físicas e químicas listadas na Tabela 1. A densidade de esporos e as espécies dos FMAs já foram mencionadas.

O experimento foi constituído de 6 tratamentos na semente, sendo a aplicação, via peliculização, de Mycoform e do fungicida Carbendazim+Thiram: a) controle (sem Myc e sem fung), b) fungicida (sem Myc, com fungicida), c) Myc0,5 (0,5 mg Myc semente<sup>-1</sup> e sem fungicida), d) Myc0,5+fung (0,5 mg Mycoform semente<sup>-1</sup> com fungicida), e) Myc1,0 (1,0 mg Mycoform semente<sup>-1</sup> sem fungicida) e f) Myc1+fung (1,0 mg Mycoform semente<sup>-1</sup> com fungicida). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições, totalizando trinta parcelas. A parcela experimental consistiu de um vaso com capacidade de 6,5 dm<sup>3</sup> de solo sendo semeadas de 6-8 sementes vaso<sup>-1</sup>.

Os tratamentos das sementes com fungicida e Mycoform, bem como os tratamentos com micronutrientes, inseticida e bactérias fixadoras de nitrogênio, foram os mesmos realizados nas sementes do experimento de campo, cujas dosagens e características foram citadas anteriormente.

O solo de cada vaso foi adubado no ato da semeadura com 195 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 130 mg de K<sub>2</sub>O, correspondendo a 12,23 mg dm<sup>-3</sup> de P, sendo este um valor considerado baixo para experimento em vaso. Após a germinação realizou-se o desbaste, deixando quatro plantas de soja por vaso. A irrigação foi realizada de modo a manter 60 % do volume total de poros ocupados por água por meio de pesagens dos vasos a cada dois dias.

Na condução do experimento foi realizada apenas a aplicação do fungicida Estrubilurina (Priori/ Syngenta- dose 8 mL 10L<sup>-1</sup>) para prevenção de ferrugem asiática (*Phakopsora pachirizi*).

No estágio R2 (45 DAG), uma planta de cada vaso foi retirada para avaliação da colonização micorrízica e do número e peso de nódulos, conforme citado anteriormente. Dos 50 aos 60 DAG, estágio R2 ao estágio 5.2. (do pleno florescimento a formação de vagens), as plantas foram submetidas a um estresse hídrico por meio da interrupção do fornecimento de água. Conforme as plantas apresentavam murchamento nas folhas apicais, o que caracterizava o estresse hídrico, uma quantidade de água era fornecida às plantas para assegurar sua sobrevivência, o que ocorreu durante dez dias. Após esse período, o fornecimento adequado de água foi restabelecido até a colheita do ensaio, que se realizou 100 DAG - estágio R9. As plantas foram colhidas dos vasos e determinou-se a produção de grãos vaso<sup>-1</sup>, da altura (cm), do número de vagens planta<sup>-1</sup> e da massa de 50 grãos (g).

Todos os dados foram submetidos a análise de variância e teste de média pelo programa estatístico SISVAR versão 4.3 (Ferreira, 2000), sendo os resultados de porcentagem de colonização micorrízica e índice de colheita transformados pelo arco seno  $(x/100)^{0.5}$  e os dados de contagem de esporos, número de nódulos e número de vagens transformados pela  $(x + 0,5)^{0.5}$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Experimento de campo

Os tratamentos com Mycoform e fungicida na semente, bem como o tratamento com P, não influenciaram o estande inicial da soja (Tabela 3A). O estande inicial teve uma média de 512 plantas parcela<sup>-1</sup>, o que equivale aproximadamente a 320 mil plantas ha<sup>-1</sup>, valor dentro da faixa recomendada para a cultivar plantada, que é de 300 a 350 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

Os efeitos dos tratamentos de aplicação do Mycoform, do fungicida das sementes e do P sobre a colonização micorrízica da soja em diferentes épocas encontram-se na Tabela 4A. Verifica-se que não houve efeito significativo do P e da interação TxP sobre a colonização micorrízica. Enquanto isso, a aplicação do Mycoform aumentou significativamente a colonização micorrízica em relação ao controle, indicando que a presença deste estimulante da micorrização foi efetiva em aumentar a colonização radicular pelos FMAs, independentemente da dose de P aplicada (Tabela 2).

TABELA 2. Colonização micorrízica em três fases da cultura da soja em função da aplicação de Mycoform e do fungicida aplicados via peliculização.

Tratamentos na semente	Estádio V3.*	Estádio R2.	Estádio R5.4.
	-----%-----		
Controle	40 b	41 b	51 b
Fungicida	42 b	39 b	41 c
Myc 0,5	55 a	54 a	58 a
Myc 0,5+fungicida	51 a	50 a	54 b
Myc 1	59 a	56 a	64 a
Myc 1+fungicida	56 a	52 a	63 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5%. \*V3- terceiro nó, segundo trifólio (15 dias após germinação- DAG); R2.-floração plena (45 DAG) e R5.4.- 50-75% das vagens em granadas (60 DAG).

Nos tratamentos com Mycoform foi verificada uma taxa de colonização micorrízica média de 55, 53 e 60% para os estágios V3., R2. e R5.4., respectivamente (Tabela 2), enquanto nos tratamentos sem Mycoform a colonização foi de 41, 40 e 46%, representando aumentos de 34, 32 e 30% para cada estágio, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com vários estudos realizados com o isoflavonóide formononetina, como o de Silva-Júnior & Siqueira (1997) em casa de vegetação, que verificaram formação micorrízica acelerada em soja, com aumentos de 32% na taxa de colonização das raízes pelos FMAs. Esse estímulo também foi verificado em outras culturas, como feijão (Lambais et al., 2003) e milho (Fries et al., 1998; Siqueira et al., 1999), sob condições de estresse, para as quais foi verificado aumento na colonização micorrízica promovido por este isoflavonóide.

Em estudo de campo em Latossolo Vermelho Distrófico sob plantio direto no Centro-Oeste e com condições de P adequadas no solo, Cordeiro et al. (2005) verificaram 33 % de colonização na soja, enquanto, para um Neossolo Quartzarênico, a colonização de FMAs indígenas atingiu 37 %, resultados um

pouco abaixo dos encontrados neste estudo para os tratamentos sem Mycoform. Em outro estudo a campo na região do cerrado, Miranda et al. (2005) encontraram valores de até 62 % de colonização, atribuindo tal efeito à alta diversidade de espécies de FMAs e à rotação milho/soja.

As espécies que predominaram na área experimental foram *Acaulospora denticulata*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora pellucida*, e *Acaulospora scrobiculata* e *Glomus sp.* sendo estas também observadas por Miranda et al. (2005) e Siqueira et al. (1989) em cultivos de soja. A densidade média foi de 193 esporos  $50 \text{ cm}^{-3}$  de solo, ou seja, aproximadamente 4 esporos por  $\text{cm}^{-3}$ . O efeito estimulante dos isoflavonóides depende da densidade de esporos no solo, sendo máxima em solos com baixa a moderada densidade (2 a 4 esporos viáveis  $\text{g}^{-1}$  de solo) (Siqueira et al., 1991), situação esta constatada no presente estudo.

No presente estudo, apesar de se observar uma tendência de maior porcentagem de colonização micorrízica nos tratamentos com 1 mg Mycorform semente<sup>-1</sup>, ficou evidenciado que a aplicação de 0,5 mg semente<sup>-1</sup> de Mycorform é suficiente para proporcionar colonização micorrízica superior a 50%, mesmo no estágio V3. (15 DAG).

A aplicação da mistura comercial de fungicidas Carbendazim + Thiram na semente não inibiu a colonização micorrízica da soja (Tabela 2). Apesar de o carbendazim ser do grupo químico dos benzimidazóis, considerado muito severo na inibição dos FMAs (Pimentá-Barrios et al., 2003; Frank et al., 2002, Bayman et al., 2002; O'Connor et al., 2002; Smith et al., 2000; Schreiner & Bethlenfalvay, 1997), esse efeito não foi verificado neste estudo, o que pode ser explicado pela diversidade de espécies de FMAs, sendo encontradas quatro espécies predominantes. Numa comunidade de fungos indígenas, a diversidade aumenta a possibilidade de uma associação micorrízica mais eficiente para a soja (Miranda & Miranda, 2002); uma ou mais espécie podem se destacar e serem menos sensíveis ao fungicida (Schreiner & Bethlenfalvay, 1997).



O número e peso seco de nódulos por planta foram influenciados pelos tratamentos na semente, pela adição de P e pela interação TxP (Tabela 4A). Na condição de baixo P, os tratamentos com Mycoform aumentaram, em média, 47 e 83% o número e o peso de nódulos, respectivamente, em relação ao tratamento fungicida isoladamente. Na condição de alto P, os tratamentos contendo 1 mg semente<sup>-1</sup> Mycoform aumentaram em 34% o número de nódulos em relação ao controle, comportamento não observado para o peso de nódulos (Tabela 3). O fornecimento de P também afetou significativamente estas variáveis, proporcionando incrementos médios de 25 e 64% no número e peso de nódulos, respectivamente. Os resultados evidenciam que a aplicação do Mycoform, principalmente na condição de baixo P, favorece o número e o peso de nódulos. A formononetina não é considerada um indutor ativo de genes *nod* do rizóbio que nodula a soja (Hungria 1994) e, desta forma, a aplicação do Mycoform pode atuar de forma indireta na nodulação da soja por meio da maior absorção de P e água por meio da maior colonização micorrízica (Tabela 2).

TABELA 3. Efeitos dos tratamentos Mycoform e fungicida Carbendazim+Thiram aplicados na semente de soja via peliculização e da adição de P sobre o número e peso de nódulos por planta.

Tratamentos na semente	Nº de nódulos planta <sup>-1</sup>		Peso de nódulos seco planta <sup>-1</sup> (g)	
	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P
Controle	22 b	26 c	0,12 a	0,18 a*
Fungicida	17 c	30 b*	0,06 b	0,16 a*
Myc 0,5	29 a	31 b	0,11 a	0,14 a*
Myc 0,5+fungicida	32 a	31 b	0,11 a	0,14 a*
Myc 1	27 a	35 a*	0,11 a	0,16 a*
Myc 1+fungicida	27 a	35 a*	0,11 a	0,17 a*

\*Significativo entre baixo e alto P. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5%.

Os teores foliares de nutrientes foram pouco influenciados pelos tratamentos das sementes (Mycoform e fungicida) e fósforo (Tabelas 4 e 5). Os teores médios dos macronutrientes foram em  $\text{g kg}^{-1}$ : 49; 4,5; 100; 11,53; 3,73; 3,61 para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Para os micronutrientes os teores médios foram, em  $\text{mg kg}^{-1}$ : 16,5; 394; 53 e 32,6, respectivamente para Cu, Fe, Mn e Zn. Estes teores dos nutrientes encontram-se dentro da faixa adequada, conforme citado por Oliveira (2004).

Interessante notar que, mesmo com o aumento de fornecimento de P, não houve influência sobre os teores foliares deste nutriente na planta, confirmando que o baixo P, ou seja, 1/3 da dose recomendada foi suficiente para garantir adequada nutrição da soja. Os teores foliares de K observados encontram-se acima da faixa adequada para o crescimento da soja, indicando também que a dose aplicada foi acima do necessário.

O macronutriente Mg foi superior para o tratamento fungicida em relação ao demais tratamentos; para o K, o tratamento os tratamentos Myc0,5+fung. e Myc1,0+fung. foram menores que os demais tratamentos, independentemente do tratamento com P. Os demais macronutrientes não foram influenciados pelos tratamentos na semente (Mycoform e fungicida) e de P (Tabela 4).

TABELA 4. Efeitos dos tratamentos Mycoform e fungicida Carbendazim+Thiram aplicados na semente de soja via peliculização e da adição de P sobre os teores de macronutrientes foliar no estádio R2. (45 DAG).

Tratamentos na semente	N g kg <sup>-1</sup>	P g kg <sup>-1</sup>	K g kg <sup>-1</sup>	Ca g kg <sup>-1</sup>	Mg g kg <sup>-1</sup>	S g kg <sup>-1</sup>
Controle	48 a	4,48 a	101 a	11,68 a	3,72 b	2,94 a
Fungicida	48 a	4,20 a	108 a	11,78 a	4,21 a	2,96 a
Myc 0,5	49 a	4,56 a	104 a	11,52 a	3,76 b	3,10 a
Myc 0,5+fung.	49 a	4,72 a	86 b	11,44 a	3,88 b	2,89 a
Myc 1	50 a	4,61 a	100 a	11,65 a	3,40 b	3,38 a
Myc 1+fung.	50 a	4,35 a	95 b	11,35 a	3,64 b	3,18 a
Teor suficiente*	45-55	2,5-5	17-25	4-20	3,0-10	2,0-4

\*Fonte: Oliveira, 2004. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%.

Para os micronutrientes, em condições de alto P, o Zn no tratamento Myc0,5 foi maior que os tratamentos fungicida e Myc1+ fung (Tabela 5). Os micronutrientes Cu, Fe e Mn não foram influenciados por nenhum tratamento.

TABELA 5. Efeitos dos tratamentos Mycoform e fungicida Carbendazim+Thiram aplicados na semente de soja via peliculização e da adição de P sobre os teores de micronutrientes foliar no estádio R2. (45 DAG).

Tratamentos na semente	Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	
				Baixo P	Alto P
Controle	16,74 a	382 a	54,83 a	35,1 a	37,20 a
Fungicida	15,66 a	407 a	52,84 a	33,9 a	29,31 b
Myc 0,5	17,18 a	380 a	55,07 a	28,3 a	37,8 a*
Myc 0,5+fung.	18,46 a	389 a	52,29 a	34,1 a	32,1 b
Myc 1	16,20 a	418 a	51,49 a	30,9 a	33,2 b
Myc 1+fung.	16,44 a	408 a	51,95 a	33,0 a	29,8 b
Teor suficiente**	10-30	50-350	20-100	20-50	20-50

\*\*Fonte: Oliveira, 2004. \*Significativo entre baixo e alto P pelo Teste F. Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%.

Os efeitos dos tratamentos na semente e do P sobre os parâmetros de desenvolvimento e produção da soja encontram-se na Tabela 6. Verifica-se que os tratamentos Mycoform e a aplicação de fungicida não influenciaram a produção de grãos, a altura da planta, o número de vagens por planta, a massa de 100 grãos e o índice de colheita (IC). Enquanto isso, a aplicação de P, independente dos tratamentos com Mycoform, aumentou a massa de 100 grãos de 16,4 para 17,0 g, correspondendo a um aumento de 3,6% (Tabela 3A).

TABELA 6. Efeito da aplicação de Mycoform e do fungicida aplicados via peliculização sobre a produção de grãos, altura, número de vagens planta<sup>-1</sup> e massa de 100 grãos.

Tratamentos Na semente	Produção de grãos (kg m <sup>-2</sup> )	Altura (cm)	Nº de vagens planta <sup>-1</sup>	Massa de 100 grãos (g)	IC (%)
Controle	0,33 a	79,66 a	43 a	17,03 a	52,8 a
Fungicida	0,30 a	77,30 a	37 a	16,58 a	51,8 a
Myc 0,5	0,32 a	78,80 a	40 a	16,73 a	51,6 a
Myc 0,5+fung.	0,31 a	76,49 a	41 a	16,44 a	52,2 a
Myc 1,0	0,31 a	79,41 a	41 a	16,5 a	52,0 a
Myc 1,0+fung.	0,30 a	77,30 a	39 a	16,65 a	52,1 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5%.

A produção da soja não foi influenciada pelos tratamentos da semente e aplicação de P (Tabela 6), verificando-se uma produção média de 0,315 kg m<sup>2</sup>, correspondente a uma média estimada de 53 sacas ha<sup>-1</sup>. Estes resultados são contrários aos encontrados por Siqueira et al. (1992) em estudo semelhante em campo com aplicação de Mycoform, em que se verificou um aumento de 52 % na produtividade da soja. Estudos com a cultura do milho também mostraram

aumentos na produção com o uso deste produto, 24% por Siqueira et al.; (1992) e 28% por Romero (1999).

Como apresentado anteriormente, houve um efeito estimulante do Mycoform sobre a colonização das raízes da soja por FMAs (Tabela 2), mas isto não resultou em aumento de produção dessa cultura. Também se verifica que o aumento no fornecimento de P não contribuiu para aumentar a produção da soja, indicando que a quantidade de P disponível no solo e a adição de 20 kg de  $P_2O_5$  já eram suficientes para garantir o potencial produtivo da cultura, verificado nos teores foliares (Tabela 4). Como o principal benefício da micorrização é o aumento na aquisição de P pelas plantas, não houve contribuição do Mycoform para a produção da soja via aumento da taxa de colonização micorrízica.

A adubação fosfatada realizada no cerrado segue os valores das tabelas de recomendação estabelecidos, na maioria das vezes, por meio de estudos de correlação e calibração em condições do sistema de cultivo convencional. Em sistema de plantio direto, o aumento da deposição de resíduos vegetais e a ausência de revolvimento do solo resultam em complexas modificações na fertilidade do solo (Raij, 1991). Há um aumento considerável nos teores dos nutrientes, principalmente do P, durante a decomposição de material vegetal (Bernardi et al., 2003). Sendo assim, a utilização de tabelas do sistema de cultivo convencional pode não ser adequada para o sistema de plantio direto, o qual vem sendo utilizado na área de estudo do presente trabalho. Assim, a recomendação de 60 kg  $P_2O_5$  ha<sup>-1</sup> comumente utilizada nos solos de cerrado pode estar superestimada para as condições de plantio direto utilizadas nesse estudo.

Durante todo o ciclo da cultura, as precipitações foram bem distribuídas (setembro- 58,1 mm; outubro- 218,3 mm; novembro- 181,3 mm; dezembro- 350,0 mm; janeiro- 276,1 mm e fevereiro- 296,4 mm) e a temperatura média foi de 24,3 °C. Segundo descrito em Tecnologias Para Produção Da Soja Na Região Central Do Brasil (Embrapa, 2006), para o bom desenvolvimento e uma

produção máxima da soja, a precipitação ideal deve variar de 450 a 800 mm/ciclo e a temperatura do ar, de 20 a 30 °C. Portanto, as condições climáticas durante o período do estudo foram favoráveis, não ocorrendo nenhum tipo de estresse nesse período, o que possibilitou o bom desenvolvimento da cultura, não sendo aproveitados os benefícios da micorrização.

### **3.2 Experimento em casa de vegetação**

Os efeitos dos tratamentos de aplicação do Mycoform e do fungicida nas sementes de soja via peliculização sobre a taxa de colonização micorrízica da soja encontram-se no Tabela 6A. A aplicação do Mycoform estimulou a colonização pelos FMAS nas raízes da soja, sendo que a menor dose aplicada (0,5 mg de Mycoform semente<sup>-1</sup>) foi suficiente para promover esse estímulo (Tabela 7). Esse efeito estimulante do isoflavonóide formononetina foi descrito no experimento de campo e está de acordo com vários trabalhos que mostram que tal substância atua no aumento da germinação de esporos de FMAs (Baptista & Siqueira, 1994) e no aumento na colonização das raízes (Silva-Júnior & Siqueira, 1997; Romero, 1999) da soja.

TABELA 7. Efeito da aplicação de Mycoform e do fungicida aplicados via peliculização sobre a porcentagem de colonização, a produção e os parâmetros de desenvolvimento da soja: altura, número de vagens e massa de 50 grãos para o experimento em casa de vegetação.

Tratamentos Na semente	Colonização (%)	Produção Vaso <sup>-1</sup> (g)	Altura (cm)	Nº vagens planta <sup>-1</sup>	Massa de 50 grãos (g)
Controle	29 b	11,47 b	77,0 a	11 c	7,74 b
Fungicida	28 b	11,05 b	77,1 a	10 c	7,51 b
Myc 0,5	52 a	13,88 a	79,5 a	16 b	9,12 a
Myc 0,5+fung.	47 a	12,57 b	76,7 a	15 b	7,81 b
Myc 1,0	52 a	14,55 a	79,5 a	17 a	8,94 a
Myc 1,0+fung.	54 a	16,04 a	78,4 a	18 a	9,37 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5%.

A presença do fungicida não afetou a colonização micorrízica. Como discutido no experimento de campo, a diversidade de espécies pode ter sido a causa da atenuação desse efeito negativo do fungicida (Schreiner & Bethlenfalvay, 1997). Quando há uma diversidade de espécies no solo, aumenta a possibilidade de uma associação micorrízica mais eficiente para a soja (Miranda & Miranda, 2002), em que uma ou mais espécies podem se destacar e serem menos sensíveis ao fungicida (Schreiner & Bethlenfalvay, 1997).

Diferentemente do ensaio a campo, o número e o peso de nódulos não foram influenciados pelos tratamentos de semente no ensaio de casa de vegetação, apresentando valores médios de 23 nódulos planta<sup>-1</sup> e 0,11 g planta<sup>-1</sup> (Tabela 7A). Apesar da conhecida relação sinérgica entre a micorrização e nodulação, e de ter havido efeito da formononetina na micorrização da soja, o fornecimento do Mycoform não contribuiu para a nodulação da soja nessas condições.

A aplicação dos tratamentos Mycoform e fungicida influenciou os parâmetros de produção da soja (Tabela 8A). Em condições de estresse, como simulado nesse estudo, verificou-se que o tratamento Myc1+fung aumentou a produção em 16, 45 e 40% em relação aos tratamentos Myc0,5+fung, o fungicida e o controle, respectivamente. Para o número de vagens por planta, os tratamentos sem Mycoform foram, em média, 55% menores que os demais; para massa de 50 grãos, os tratamentos Myc0,5, Myc1 e Myc1+fung. Foram, em média, 20% maiores que os tratamentos Myc0,5+fung, o fungicida e o controle (Tabela 7). Portanto, fica evidenciado que a aplicação do Mycoform aumenta a colonização micorrízica e beneficia a produção da soja quando esta se encontra submetida a situações de estresse, como adotado neste ensaio de casa de vegetação.

Plantas micorrizadas aumentam sua resistência a estresse hídrico pelo favorecimento da relação água-planta promovido pelo fungo micorrízico, incluindo aumentos na elasticidade das folhas, na taxa de transpiração e na de abertura de estômatos; melhoria do estado nutricional e aumento das raízes, em comprimento e profundidade (Moreira & Siqueira, 2006). A disponibilidade de água é importante, principalmente em dois períodos de desenvolvimento da soja: germinação-emergência e floração-enchimento de grãos. Deficiência hídrica durante essas fases acarreta perdas na produtividade porque envolve de forma direta a formação de componentes do rendimento, como o número de vagens planta<sup>-1</sup> e o peso médio de grãos (Confale & Dujmovich, 1999).

Os teores foliares de nutrientes foram pouco influenciados pelos tratamentos das sementes (Mycoform e fungicida) (Tabelas 8 e 9). Os teores médios para os macronutrientes em g kg<sup>-1</sup> foram: 39,3; 3,02; 45,73; 11,25; 3,4; e 3,10 para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Para os micronutrientes em mg kg<sup>-1</sup> foram 24,27; 211; 61,50 e 53,30 para Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente.



TABELA 8. Efeito da aplicação de Mycoform aplicados via peliculização e do fungicida sobre os teores de macronutrientes foliar presentes na soja no estágio R2.(45 DAG) no experimento de casa de vegetação.

Tratamentos na semente	N g kg <sup>-1</sup>	P g kg <sup>-1</sup>	K g kg <sup>-1</sup>	Ca g kg <sup>-1</sup>	Mg g kg <sup>-1</sup>	S g kg <sup>-1</sup>
Controle	41 a	3,04 a	46,57 a	11,1 a	3,41 a	3,45 a
Fungicida	39 a	2,66 a	44,06 a	10,1 a	2,92 a	3,02 a
Myc 0,5	41 a	2,98 a	51,61 a	11,8 a	3,53 a	3,03 a
Myc 0,5+fung.	37 a	2,78 a	47,83 a	13,4 a	3,86 a	2,80 a
Myc 1	39 a	3,58 a	40,28 a	10,7 a	3,23 a	3,54 a
Myc 1+fung.	39 a	3,14 a	45,31 a	10,4 a	3,18 a	2,78 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5%.

TABELA 9. Efeito da aplicação de Mycoform aplicados via peliculização e do fungicida sobre os teores de micronutrientes foliar presentes na soja no estágio R2.(45 DAG) no experimento de casa de vegetação.

Tratamentos na semente	Cu mg kg <sup>-1</sup>	Fe mg kg <sup>-1</sup>	Mn mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>
Controle	27,03 a	223,9 a	64,97 a	46,41 a
Fungicida	25,7 a	221,3 a	68,40 a	59,97 a
Myc 0,5	24,9 a	199,1 a	54,86 a	51,93 a
Myc 0,5+fung.	20,8 a	217,6 a	53,90 a	52,35 a
Myc 1	27,7 a	218,7 a	66,40 a	58,17 a
Myc 1+fung.	19,5 a	192,1 a	63,98 a	51,40 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5%.

### 3.3 Discussão geral

Os resultados obtidos no estudo a campo revelaram que não houve eficiência do Mycoform na produção de grãos da soja, uma vez que todas as condições ambientais e de fertilidade do solo foram favoráveis às plantas durante o período de condução do experimento. Porém, ficou bem evidenciada a

eficiência do produto sob a micorrização, mesmo em um solo com moderada densidade de esporos (4 esporos mL<sup>-1</sup>). Entretanto, sob condições de estresse hídrico, submetida em casa de vegetação, verificou-se que a aplicação do Mycoform aumentou a colonização micorrízica e esta contribuiu para aumentar a produção de grãos da soja.

A aplicação do fungicida Carbendazim+Thiram na semente não afetou a colonização radicular pelos FMAs, podendo ser utilizado no plantio da soja para o controle de patógenos sem comprometer a simbiose micorrízica.

Sendo a soja uma cultura de grande importância econômica cultivada sob condições ambientais muito variáveis, predominantemente sem irrigação, e na maioria das vezes sujeita a diferentes formas de estresse, principalmente o estresse hídrico (veranicos), muito comum na região Centro-Oeste, a utilização dos benefícios da micorrização pelos FMAs indígenas através do estímulo pela aplicação do Mycoform pode ser uma estratégia de manejo desse cultivo extensivo.

#### 4 CONCLUSÕES

-A aplicação de 0,5 mg de Mycoform semente<sup>-1</sup> via peliculização das sementes aumentou a colonização micorrízica da soja pelos fungos indígenas do solo independentemente da aplicação de P, mas não promoveu ganhos significativos na produção da soja em campo, porém aumentou a produção desta em casa de vegetação sob condições de estresse hídrico;

-A aplicação da mistura comercial de fungicidas Carbendazim+Thiram na semente não afetou a colonização micorrízica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAPTISTA, M. J.; SIQUEIRA, J. O. Efeito de flavonóides na germinação de esporos e no crescimento assimbiótico do fungo micorrízico arbuscular *Gigaspora gigantea*. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 6, n. 2, p. 127-134, 1994.
- BAYMAN, P.; GONZÁLEZ, E. J.; FUMERO, J. J.; TREMBLAY, R. L. Are fungi necessary? How fungicides affect growth and survival of the orchid *Lepanthes rupestris* in the field. **Journal of Ecology**, v. 90, p. 1002-1008, 2002.
- BERNARDI, A. C. C.; MACHADO, P. L. O. A.; FREITAS, P. L.; COELHO, M. R.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; OLIVEIRA, R. P.; SANTOS, H. G.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. C. S. **Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto dos cerrados**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 22p. (Embrapa Solos. Documentos, 46).
- CONFALONE, A.; DUJMOVICH, M. N. Influência do déficit hídrico sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 2, p. 183-187, 1999.
- CORDEIRO, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 147-153, 2005.
- EMBRAPA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Soja. **Tecnologia de produção de soja: Região Central do Brasil 2005**. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 220p. (Sistemas de Produção, 9).
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para análise de variância) para Windows versão 4. 0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45, 2000, São Carlos. **Anais. . .** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258
- FRANK, D. A.; GEHRING, C. A.; MACHUT, L.; PHILLIPS, M. Soil community composition and the regulation of grazed temperate grassland. **Oecologia**, v. 137, p. 603-609, 2003.

FRIES, L. L. M.; PACOVSKY, R. S.; SAFIR, G. R. Influence of phosphorus and formononetin on isozyme expression in the *Zea mays*- *Glomus intraradices* symbiosis. **Physiologia Plantarum**, p. 103, p. 172-180, 1998.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, v. 46, p. 235-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Oxford, v. 84, n. 3, p. 489-500, 1980.

HENNING, A. A. **Patologia de sementes**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1996. 43p.

HUNGRIA, M. Sinais moleculares envolvidos na nodulação ds leguminosas por rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, n. 3, p. 339-364, 1994.

LAMBAIS, M. R.; RÍOS-RUIZ; ANDRADE, R. M. Antioxidant responses in bean (*Phaseolus vulgaris*) roots colonized by arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 160, p. 421-428, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Importância da micorriza arbuscular para o cultivo da soja na região do Cerrado. **Comunicado Técnico 75**. Planaltina: Embrapa- CPAC, 2002.

MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 1005-1014, 2005.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

NAIR, M. G.; BALASUBRAMANIAN, S.; KELLY, J. F.; SCHUTZKI, R.E.; WENZL, P.; CHÁVEZ A. L. Natural products as potencial soil amendments for crop improvement. p. 405-419. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.;

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Ed.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa, MG: SBCS/Lavras: UFLA/DCS, 1999. 818 p.

O'CONNOR, P. J.; SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Arbuscular mycorrhiza influence plant diversity and community structure in a semiarid herbland. **New Phytologist**, v. 154, p. 209-218, 2002.

OLIVEIRA, S. A. Análise foliar. In: SOUSA, D. M.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. p. 245-256.

PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 55, n. 1, p. 158-161, 1970.

PIMIENTA-BARRIOS, E.; CASTILLO-ARANDA, M. E. G.; MUÑOZ-URIAS, A.; NOBEL, P. S. Effects of benomyl and drought on the mycorrhizal development and daily netCO<sub>2</sub> uptake of a wild platyopuntia in a rocky semi-arid environment. **Annals of Botany**, v. 92, p. 239-245, 2003.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343p.

ROMERO, A. G. F. **Avaliação agronômica de formulações de isoflavonóide estimulante da micorrização no milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 40p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SCHREINER, R. P.; BETHLENFALVAY, G. J. Plant and soil response to single and mixed species of arbuscular mycorrhizal fungi under fungicide stress. **Applied Soil Ecology**, v. 7, p. 93-102, 1997.

SILVA-JÚNIOR, J. P.; SIQUEIRA, J. O. Aplicação de formononetina sintética ao solo como estimulante da formação de micorriza no milho e na soja. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 9, n. 1, p. 35-41, 1997.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbuscular em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 12, p. 1499-1509, 1989.

SIQUEIRA, J. O.; SAFIR, G. R.; NAIR, M. G. Stimulation of vesicular-arbuscular mycorrhiza formation and growth of white clover by flavonoid compounds. **The New Phytologist**, v. 118, n. 1, p. 87-93, 1991.

SIQUEIRA, J. O.; BROWN, D. G.; SAFIR, G. R.; NAIR, M. G. Field application of the VA-mycorrhiza stimulating isoflavonoid formononetin (Rhizotropin<sup>TM</sup>) on corn and soybean in Brazil. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MANAGEMENT OF MYCORRHIZAS IN AGRICULTURE, HORTICULTURE AND FORESTRY, 1992, Perth. **Proceedings...** Perth: University of Western Australia, 1992. 132p.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 25, 2002.

SIQUEIRA, J. O.; PEREIRA, M. A. M.; SIMÃO, J. B. P.; MOREIRA, F. M. S. Efeito da formononetina (7 Hidroxi, 4' metoxi Isoflavona) na colonização micorrízica e crescimento do milho em solo contendo excesso de metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 561-567, 1999.

SMITH, M. D.; HARTNETT, D. C.; RICE C. W. Effects of long-term fungicide applications on microbial proprieties in tallgrass prairie soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p. 935-946, 2000.

TAYLOR, A. G.; ALLEN, P. S.; BENNETT, M. A.; BRADFORD, K. J.; BURRIS, J. S.; MISRA, M. K. Seed enhancements. **Seed Science Research**, v. 8, n. 2, p. 245-256, 1998.

## ANEXOS

ANEXOS A	Página
TABELA 1A. Interpretação da análise de solo para os solos do Cerrado.....	62
TABELA 2A. Estádios de desenvolvimento da soja.....	63
TABELA 3A. Resumo da ANAVA, valor de F e $P \leq$ , para os dados de estande inicial (plantas ha <sup>-1</sup> ), produção (kg m <sup>-2</sup> ), altura (cm), número de vagens planta <sup>-1</sup> , massa de 100 grãos (g) e índice de colheita (%)......	64
TABELA 4A. Resumo da ANAVA, valor de F e $P \leq$ , para os dados de colonização aos 15 dias (%), colonização aos 45 dias (%), colonização aos 60 dias(%), número de nódulos planta <sup>-1</sup> e peso seco de nódulos (g).....	65
TABELA 5A. Resumo da ANAVA, valor de F e $P \leq$ , para os dados da análise foliar dos macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), K (potássio), Ca (cálcio), magnésio (Mg) e enxofre (S).....	66
TABELA 6A. Resumo da ANAVA, valor de F e $P \leq$ , para os dados da análise foliar dos micronutrientes, ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn).....	67
TABELA 7A. Resumo da ANAVA, valor de F e $P \leq$ , para os dados de colonização aos 45 dias, número de nódulos planta <sup>-1</sup> e peso seco de nódulos (g) para o experimento de casa de vegetação.....	68



TABELA 8A. Resumo da ANAVA, valor de F e $P \leq$ , para os dados de produção vaso <sup>-1</sup> , altura (cm), número de vagens planta <sup>-1</sup> e massa de 50 grãos (g), para o experimento de casa de vegetação.....	68
TABELA 9A. Resumo da ANAVA, valor de F e $P \leq$ , para os dados da análise foliar dos macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), K (potássio), Ca (cálcio), magnésio (Mg) e enxofre (S) para o experimento de casa de vegetação.....	69
TABELA 10A. Resumo da ANAVA, valor de F e $P \leq$ , para os dados da análise foliar dos micronutrientes, ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) para o experimento de casa de vegetação.....	70

TABELA 1A. Interpretação da análise de solo para os solos do Cerrado.

Teor de argila (%)	Teor de P- Mehlich -1(mg dm <sup>-3</sup> )			
	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto
> 60	≤ 1	1 a 2	2 a 3	> 3
40 a 60	≤ 3	3 a 6	6 a 8	> 8
20 a 40	≤ 5	5 a 10	10 a 14	> 14
≤ 20	≤ 6	6 a 12	12 a 18	> 18

\*Fonte: Citado em Tecnologia de Produção da Soja/ Embrapa Soja 2006.

TABELA 2A. Estádios de desenvolvimento da soja\*.

Estádio	Descrição
.....I. Fase Vegetativa.....	
VC	Da emergência a cotilédones abertos.
V1.	Primeiro nó, folhas unifolioladas abertas.
V2.	Segundo nó, primeiro trifólio aberto.
V3.	Terceiro nó, segundo trifólio aberto.
Vn.	Enésimo (último) nó com trifólio aberto, antes da floração.
.....II.Fase Reprodutiva.....	
R1.	Início da floração: até 50% das plantas com flor.
R2.	Floração plena: maioria dos racemos com flores abertas.
R3.	Final da floração: flores e vagens com até 1,5 cm.
R4.	Maioria das vagens no terço superior com 2-4cm.
R5.1.	Grãos perceptíveis ao tato a 10% de granação.
R5.2.	Maioria das vagens com 10-25% de granação.
R5.3.	Maioria das vagens com 25 e 50% de granação.
R5.4.	Maioria das vagens com 50 e 75% de granação.
R5.5.	Maioria das vagens com 75 e 100% de granação.
R6.	Vagens com 100% de granação e folhas verdes.
R7.1.	Início a 50% do amarelecimento de folhas e vagens.
R7.2.	Entre 51 e 75% de folhas e vagens amarelas.
R7.3.	Mais de 76% de folhas e vagens amarelas.
R8.1.	Início a 50% de desfolha.
R8.2.	Mais de 50% de desfolha à pré-colheita.
R9.	Ponto de maturação de colheita.

\*Fonte: Tecnologia de Produção da Soja/ Embrapa Soja 2006.

TABELA 3A. Resumo da ANAVA, valor de F e  $P \leq$ , para os dados de estande inicial (plantas  $ha^{-1}$ ), produção ( $kg\ m^{-2}$ ), altura (cm), número de vagens planta $^{-1}$ , massa de 100 grãos (g) e índice de colheita (%) para o experimento de campo.

Variáveis	GL	Valor de F	$P \leq$
<b>Estande inicial</b>			
Fósforo (P)	1	0,414	0,555
Tratamento (T)	5	1,431	0,234
TxP	5	1,827	0,130
CV <sub>parcela</sub> = 22,13%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 12,71%			
<b>Produção</b>			
Fósforo (P)	1	0,127	0,739
Tratamento (T)	5	2,31	0,061
TxP	5	0,829	0,536
CV <sub>parcela</sub> = 8,18%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 8,88%			
<b>Altura</b>			
Fósforo (P)	1	1,292	0,319
Tratamento (T)	5	0,689	0,634
TxP	5	1,538	0,200
CV <sub>parcela</sub> = 14,88%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 6,09%			
<b>Nº vagens</b>			
Fósforo (P)	1	0,117	0,749
Tratamento (T)	5	0,589	0,708
TxP	5	0,327	0,893
CV <sub>parcela</sub> = 18,29%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 11,22%			
<b>Massa 100 grãos</b>			
Fósforo (P)	1	22,723	0,008
Tratamento (T)	5	1,521	0,205
TxP	5	1,177	0,337
CV <sub>parcela</sub> = 2,44%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 3,24%			
<b>Ind. Colheita</b>			
Fósforo (P)	1	1,008	0,372
Tratamento (T)	5	0,434	0,822
TxP	5	1,628	0,174
CV <sub>parcela</sub> = 5,58%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 2,65%			

TABELA 4A. Resumo da ANAVA, valor de F e  $P \leq$ , para os dados de colonização no estágio V3. (%), colonização no estágio R2. (%), colonização no estágio R5.4 (%), número de nódulos planta<sup>-1</sup> e peso seco de nódulos (g) para o experimento de campo.

Variáveis	GL	Valor F	P<
<b>Colon.(V3)</b>			
Fósforo (P)	1	0,061	0,817
Tratamento (T)	5	12,050	0,000
TxP	5	0,699	0,627
CV <sub>parcela</sub> = 11,30%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 8,95%			
<b>Colon.(R2)</b>			
Fósforo (P)	1	7,105	0,057
Tratamento (T)	5	11,130	0,000
TxP	5	1,728	0,150
CV <sub>parcela</sub> = 6,69%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 8,81%			
<b>Colon. (R5.4)</b>			
Fósforo (P)	1	0,643	0,467
Tratamento (T)	5	7,092	0,000
TxP	5	0,989	0,436
CV <sub>parcela</sub> = 3,47%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 11,59%			
<b>Nº nódulos</b>			
Fósforo (P)	1	21,963	0,009
Tratamento (T)	5	7,309	0,000
TxP	5	2,893	0,025
CV <sub>parcela</sub> = 7,85%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 8,57%			
<b>P. nódulos</b>			
Fósforo (P)	1	130,584	0,000
Tratamento (T)	5	3,229	0,015
TxP	5	3,121	0,018
CV <sub>parcela</sub> = 13,83%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 16,88%			

TABELA 5A. Resumo da ANAVA, valor de F e  $P \leq$ , para os dados da análise foliar dos macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), K (potássio), Ca (cálcio), magnésio (Mg) e enxofre (S) para o experimento de campo.

Variáveis	GL	Valor F	P<
<b>N</b>			
Fósforo (P)	1	1,925	0,237
Tratamento (T)	5	0,412	0,837
TxP	5	0,972	0,446
CV <sub>parcela</sub> = 12,61%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 11,05%			
<b>P</b>			
Fósforo (P)	1	0,902	0,96
Tratamento (T)	5	1,112	0,369
TxP	5	1,743	0,147
CV <sub>parcela</sub> = 28,56%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 12,82%			
<b>K</b>			
Fósforo (P)	1	0,186	0,688
Tratamento (T)	5	2,835	0,027
TxP	5	0,557	0,732
CV <sub>parcela</sub> = 11,37%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 14,60			
<b>Ca</b>			
Fósforo (P)	1	0,901	0,396
Tratamento (T)	5	0,220	0,941
TxP	5	0,640	0,670
CV <sub>parcela</sub> = 15,85%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 9,27%			
<b>Mg</b>			
Fósforo (P)	1	3,579	0,131
Tratamento (T)	5	3,301	0,026
TxP	5	2,763	0,052
CV <sub>parcela</sub> = 15,79%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 9,73%			
<b>S</b>			
Fósforo (P)	1	0,106	0,761
Tratamento (T)	5	0,921	0,477
TxP	5	1,278	0,292
CV <sub>parcela</sub> = 20,86%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 19,88%			

TABELA 6A. Resumo da ANAVA, valor de F e  $P \leq$ , para os dados da análise foliar dos micronutrientes, ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) para o experimento de campo.

Variáveis	GL	Valor F	$P \leq$
<b>Fe</b>			
Fósforo (P)	1	9,458	0,037
Tratamento (T)	5	0,227	0,948
TxP	5	0,460	0,803
CV <sub>parcela</sub> = 61,60%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 35,46%			
<b>Mn</b>			
Fósforo (P)	1	24,874	0,007
Tratamento (T)	5	0,746	0,594
TxP	5	2,55	0,142
CV <sub>parcela</sub> = 11,53%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 10,48%			
<b>Cu</b>			
Fósforo (P)	1	2,441	0,193
Tratamento (T)	5	2,204	0,072
TxP	5	1,970	0,104
CV <sub>parcela</sub> = 14,47%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 12,31%			
<b>Zn</b>			
Fósforo (P)	1	0,207	0,672
Tratamento (T)	5	1,820	0,130
TxP	5	4,052	0,004
CV <sub>parcela</sub> = 17,60%			
CV <sub>sub-parcela</sub> = 12,34%			

TABELA 7A. Resumo da ANAVA, valor de F e  $P \leq$ , para os dados de colonização aos 45 dias, número de nódulos planta<sup>-1</sup> e peso seco de nódulos (g) para o experimento de casa de vegetação.

Variáveis	GL	Valor F	$P \leq$
<b>Colonização</b>			
Tratamento (T)	5	13,805	0,000
CV= 10,29%			
<b>N° nódulos</b>			
Tratamento (T)	5	2,704	0,058
CV= 11,70%			
<b>Peso de nódulos</b>			
Tratamento (T)	5	0,419	0,830
CV= 38,22%			

TABELA 8A. Resumo da ANAVA, valor de F e  $P \leq$ , para os dados de produção vaso<sup>-1</sup>, altura (cm), número de vagens planta<sup>-1</sup> e massa de 50 grãos (g), para o experimento de casa de vegetação.

Variáveis	GL	Valor de F	$P \leq$
<b>Produção</b>			
Tratamento (T)	5	7,660	0,000
CV= 11,76%			
<b>Altura</b>			
Tratamento (T)	5	0,189	0,964
CV= 8,45%			
<b>N° vagens</b>			
Tratamento (T)	5	35,315	0,000
CV= 8,63%			
<b>Massa 50 grãos</b>			
Tratamento (T)	5	5,902	0,001
CV= 8,93%			



TABELA 9A. Resumo da ANAVA, valor de F e  $P \leq$ , para os dados da análise foliar dos macronutrientes, nitrogênio (N), fósforo (P), K (potássio), Ca (cálcio), magnésio (Mg) e enxofre (S) para o experimento de casa de vegetação.

Variáveis	GL	Valor F	$P \leq$
<b>N</b>			
Tratamento (T)	5	0,525	0,745
CV= 13,76%			
<b>P</b>			
Tratamento (T)	5	1,550	0,211
CV= 19,10%			
<b>K</b>			
Tratamento (T)	5	1,241	0,321
CV= 16,59%			
<b>Ca</b>			
Tratamento (T)	5	4,418	0,058
CV= 11,35%			
<b>Mg</b>			
Tratamento (T)	5	2,587	0,054
CV= 13,43%			
<b>S</b>			
Tratamento (T)	5	1,395	0,261
CV= 20,08%			

TABELA 10A. Resumo da ANAVA, valor de F e  $P \leq$ , para os dados da análise foliar dos micronutrientes, ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) para o experimento de casa de vegetação.

Variáveis	GL	Valor F	$P \leq$
<b>Fe</b>			
Tratamento (T)	5	1,102	0,385
CV= 13,25%			
<b>Mn</b>			
Tratamento (T)	5	2,114	0,098
CV= 15,25%			
<b>Cu</b>			
Tratamento (T)	5	1,132	0,370
CV= 31,99%			
<b>Zn</b>			
Tratamento (T)	5	1,462	0,239
CV= 17,12%			