

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE ESTIMULANTE DE
MICORRIZAÇÃO EM SOJA E MILHO EM DIFERENTES
DOSES DE FOSFATO NO SOLO**

Dorotéia Alves Ferreira

Engenheira Agrônoma

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Junho de 2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE ESTIMULANTE DE
MICORRIZAÇÃO EM SOJA E MILHO EM DIFERENTES
DOSES DE FOSFATO NO SOLO**

Dorotéia Alves Ferreira

**Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro
Co-orientadores: Prof. Dra. Fatima M. Souza Moreira,
Prof. Dr. Edicarlos Damacena de Souza.**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Goiás
– UFG, Campus Jataí, como
parte das exigências para a
obtenção do título de Mestre
em Agronomia (Produção
Vegetal).

JATAÍ – GOIÁS – BRASIL

Junho de 2012

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

DOROTÉIA ALVES FERREIRA, natural de Jataí, estado de Goiás, nascida aos 11 dias do mês de maio de 1988. Formada em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás, onde ingressou no curso em 2006 e realizou sua conclusão em junho de 2010 e colado grau especial em agosto do mesmo ano. Coursou o Mestrado pela Universidade Federal de Goiás, durante os anos de 2010 a 2012, concluindo o curso em junho de 2012.

“Cada dia que amanhece assemelha-se a uma página em branco, na qual gravamos os nossos pensamentos, ações e atitudes. Na essência, cada dia é a preparação de nosso próprio amanhã.”

Chico Xavier

DEDICATÓRIA

Ao Senhor Jesus, meu guia e Pai fiel. Por ter me proporcionado as oportunidades e sempre me abrir o caminho mostrando o melhor que devo seguir e fazer.

Aos meus pais, Marly Alves de Souza e Maxwell Ferreira Lima (*in memoriam*).

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder vida e saúde.

Aos meus pais, Marly Alves de Souza e Maxwell Ferreira Lima (*in memoriam*), por tudo que eles fizeram e fazem por mim. Conselhos, amor, paciência e muitos aprendizados, esta é a herança mais preciosa. As minhas irmãs, Ana Paula, Mariana, Michele e Micaela e aos meus irmãos, Gustavo e Ubaldo, muito obrigado por estarem na minha vida e por cada momento juntos. E assim, dedico a todos da minha família que me apoiaram na dificuldade e que estão sempre presentes na minha vida.

Ao meu orientador, Professor Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro, por me orientar nestes seis anos e meio de estudos, dificuldades e experiências vividas. Agradeço pela paciência, amizade e pelas portas que o senhor me abriu, e posso dizer com certeza que Deus tira algumas pessoas da nossa vida, mas com certeza coloca outras de proporcional valor.

Aos meus professores Helder Paulino e Edicarlos Damacena de Souza, pelos ensinamentos e boas conversas ao longo deste período.

Aos colegas de pós-graduação, Luciene, Cleidson, Laíze, Jêniifer, Paula, Emiliane, Flávia, Renata, Larissa (*in memoriam*), Diego, Leonardo, Franciane, Caio, Flávio, Thiago, João, Geanderson, Josilene, Náira e Uadson, agradeço aos que auxiliaram na implantação dos experimentos no campo, aos bons momentos de estudos, conversas e descontração proporcionados ao longo destes dois anos.

Aos estagiários, Elias, Nayane, Juliete, Alex, Ronaldo, Wagner, Tatiane e Ana Paula obrigada pela ajuda no campo e no laboratório. Vocês foram essenciais para o desenvolvimento desse trabalho.

Às minhas amigas Dra. Meire Silvestrini e Dra. Adriana Verginassi, pela amizade e conselhos em todos os momentos.

À Universidade Federal de Goiás, pela oportunidade que me proporcionou de cursar a graduação em Agronomia e o mestrado em Agronomia. Aos meus professores da graduação e pós-graduação que contribuíram para minha formação. À todos os técnicos da universidade, em especial aos técnicos do Laboratório de Solos, Marcos Humberto e Cleumar, à técnica e trabalhadores da fazenda experimental, Vânia Klein, Maurício, Altair, Mário e Antônio.

À Capes e ao CNPq, pelas bolsas e auxílios concedidas ao longo destes anos de trabalho e estudos na universidade.

À professora Dra. Fatima Moreira, pela oportunidade de desenvolver este projeto que contribuiu muito para meu crescimento científico. Ao doutorando Jessé, pelo treinamento concedido na Universidade Federal de Lavras.

À empresa Plantar, na pessoa do Ranielli, pelo fornecimento das sementes de milho e do inoculante de soja para implantação dos experimentos.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO.....	11
2 – REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1-FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs).....	13
2.2-SIMBIOSE MICORRIZA ARBUSCULAR (MAs).....	14
2.3-ISOFLAVONÓIDES: SIMBIOSE E ESPORULAÇÃO DE FMAs	18
3 – MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 – SOJA.....	28
4.2 – MILHO.....	39
5 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	46
6 – CONCLUSÕES.....	49
7 – BIBLIOGRAFIA.....	50
ANEXOS.....	57
Anexo I: Resumos das anavas dos dados (Soja 2010/2011).....	57
Anexo II Resumos das anavas dos dados (Soja 2011/2012).....	58
Anexo III: Resumos das anavas dos dados (Milho 2010/2011).....	58
Anexo IV: Resumos das anavas dos dados (Milho 2011/2012).....	59
Anexo V: Produção de grãos da soja e milho nas safras de 2010/2011 e 2011/2012 em função da aplicação de formononetina (Myconate®) e P (P ₂ O ₅).....	59

AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE ESTIMULANTE DE MICORRIZAÇÃO EM SOJA E MILHO EM DIFERENTES DOSES DE FOSFATO NO SOLO

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia de um produto estimulante da micorrização (isoflavonóide formononetina) para as culturas de soja e milho na região Sudoeste de Goiás (município de Jataí) em diferentes doses de fosfato no solo. O experimento foi conduzido durante duas safras consecutivas (safras 2010/2011 e 2011/2012), na mesma área experimental. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 5 repetições para as duas culturas estudadas em um Latossolo Vermelho distroférico. O arranjo experimental utilizado foi um fatorial com quatro doses de fósforo (P), sendo que para a cultura da soja as doses foram: ausência de aplicação, 27, 40 e 80 kg de P_2O_5 ha^{-1} e as doses de formononetina (Myconate[®]) foram: ausência de aplicação, 0,5; 0,9 e 1,8 g kg de semente⁻¹. Para a cultura do milho as doses de P foram: ausência de aplicação, 33, 50 e 100 kg de P_2O_5 ha^{-1} e as doses de formononetina (Myconate[®]) foram: ausência de aplicação, 1,4; 2,8 e 5,6 g kg de semente⁻¹. Os resultados mostraram que a colonização micorrízica natural das culturas já estava elevada na fase inicial de cultivo, fazendo com que não houvesse influência do estimulante de micorrização. As plantas de soja e milho no presente estudo, não apresentaram deficiência nutricional ou ambiental nas condições de cultivo estudadas. Assim, não houve efeito positivo na utilização do produto formulado com o isoflavonóide formononetina. Portanto a aplicação de formononetina não foi capaz de promover aumento na produção de grãos para as culturas da soja e do milho, devido as boas condições de cultivo da região que favorece altas produtividades e não impuseram estresses as culturas.

Palavras-chave: soja, milho, formononetina, fósforo, colonização micorrízica.

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF STIMULANT MYCORRHIZATION IN SOYBEAN AND CORN AT DIFFERENT DOSES OF PHOSPHATE ON THE GROUND

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effectiveness of a product stimulating the mycorrhization (isoflavonoid formononetin) for soybean and corn in the Southeast of Goiás (city of Jataí) at different doses of phosphate in the soil. The experiment was conducted during two consecutive years (harvest 2010/2011 and 2011/2012), in the same experimental area. The experimental design was randomized blocks with five replicates for the two cultures studied in an Oxisol. The experimental setup used was a factorial with four doses of phosphorus (P), and for soybean doses were: lack of application, 27, 40 and 80 kg P₂O₅ ha⁻¹ and the doses of formononetin (Myconate®) were absence of application, 0,5; 0,9 and 1,8 g⁻¹ kg of seed. For the corn crop P rates were: lack of application, 33, 50 and 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ and the doses of formononetin (Myconate®) were: lack of application, 1,4, 2,8 and 5,6 g kg of seed⁻¹. The results showed that the natural colonization of cultures was elevated already at an early stage of culture, so there was no influence of stimulating mycorrhiza. The soybean and corn in this study, no nutritional deficiency or environmental conditions of cultivation studied. Thus, no positive effect on the use of the product formulated with the isoflavonoid formononetin. Therefore the application of formononetin was not able to promote an increase in grain yield for soybean and corn, due to good growing conditions in the region that favors high yields and did not impose stresses cultures.

Keywords: soybean, corn, formononetin, phosphorus, mycorrhizal colonization.

INTRODUÇÃO

A produção de grãos, fibra, carne e energia (etanol e biodiesel) são atividades de destaque no estado de Goiás, onde se localiza parte do cerrado brasileiro. O Estado é considerado o quarto maior produtor de grãos no Brasil, com 13,5 milhões de toneladas produzidas (Seagro e IBGE, 2009). Municípios como Jataí e Rio Verde se destacam como maiores produtores de grãos do Estado, o primeiro correspondendo a 10,8 % do total estadual (Brasil, 2007).

A busca por produtividades cada vez mais elevadas tem aumentado o custo de produção e o que se observa é uma necessidade de maximizar estratégias de manejo que reduzam estes custos. O plantio direto e a rotação de culturas são exemplos de estratégias que melhoram a condição do solo e automaticamente beneficiam as plantas.

No entanto, faz-se necessário a exploração de recursos biológicos do solo para que seja possível reduzir custos, principalmente com fertilizantes, maximizando os efeitos benéficos de alguns microrganismos do solo. A fixação biológica de nitrogênio é um exemplo de recurso altamente benéfico do ponto de vista biológico e econômico e além deste, outros microrganismos tem a possibilidade de estar sendo introduzidos nesse cenário, como os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs).

Os FMAs aumentam a eficiência de utilização do fósforo (P) do solo, além de promover maior tolerância das plantas a estresses variados, como hídricos e nutricionais, exercendo grandes benefícios para as culturas. Esses microrganismos são biotróficos obrigatórios, o que dificulta sua inoculação e utilização em campo. Entretanto, com a descoberta de substâncias capazes de estimular a micorrização, como o isoflavonóide formononetina, surge uma alternativa para promover a colonização e maximizar os benefícios dos FMAs nativos do solo.

Produtos comerciais à base de formononetina têm sido desenvolvidos em países como os EUA (Nair et al., 1999), mas ainda não são comercializados no Brasil em virtude da escassez de estudos que demonstrem sua eficiência e compatibilidade ambiental nos diferentes regiões do país.

Para se obter sucesso com produtos a base de formononetina é importante considerar alguns aspectos como: a cultura deve ser micotrófica e compatível com os FMAs; 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 dos benefícios consistentes na produtividade e/ou redução no uso de insumos, como os fertilizantes fosfatados (Siqueira et. al., 2002).

Alguns 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 a comercialização dos mesmos no país, torna-se necessário avaliar sua eficácia em diferentes regiões e sob condições variadas de cultivo das culturas.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia de um produto estimulante da micorrização (isoflavonóide formononetina) em diferentes doses de fósforo no solo para as culturas de soja e milho na região do Sudoeste de Goiás.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs)

Os FMAs são simbiotróficos obrigatórios pertencentes ao filo Glomeromycota (Schübler et. al., 2001) classe Glomeromycetes e ordem Glomerales. Estes colonizam a maioria das plantas terrestres formando uma associação simbiótica mutualística, denominada micorriza arbuscular. Através desta associação, o fungo recebe da planta fotoassimilados e transferem nutrientes e água para a planta, promovendo modificações fisiológicas, metabólicas e nutricionais (Siqueira et al., 1994).

Esses fungos são membros importantes do sistema solo-planta, uma vez que sua própria diversidade está intimamente ligada a diversidade e à produtividade de comunidades vegetais (Moreira & Siqueira, 2006).

As micorrizas com suas hifas e micélios permitem a absorção de nutrientes fora da zona de esgotamento do sistema radicular que surge devido a maior absorção de nutrientes pelas raízes, também aumentam a atividade biológica em torno das raízes das plantas (Moreira & Siqueira, 2002) devido a exsudação de substâncias e a compatibilidade com outros microrganismos benéficos as plantas. Outros benefícios são atribuídos às micorrizas como o favorecimento da nodulação e fixação biológica de nitrogênio nas leguminosas (Siqueira et al., 2002) e a maior tolerância às plantas a estresses ambientais como hídricos e por metais pesados (Siqueira et al., 1994).

A maioria das plantas apresenta simbiose com FMAs, em especial as plantas de interesse econômico como soja, milho, feijão, sorgo, trigo, arroz, café, citros, mandioca, espécies arbóreas entre outras (Siqueira et al., 2002). E contribuições substanciais dessa simbiose vêm sendo observadas, tanto para as culturas quanto para o ambiente edáfico.

Para os solos do cerrado brasileiro, que são de baixa fertilidade, a associação micorrízica tem contribuído na produtividade, pois permite à planta

explorar maior volume de solo e com isso maximizar o uso dos nutrientes (Silva et al., 2003) com grande destaque no processo de absorção de P. Esta simbiose promove um melhor aproveitamento do P, especialmente nos solos muito deficientes e que possuem característica de adsorção desse nutriente. A associação micorrízica não substitui a adubação fosfatada, mas aumenta a eficiência de sua utilização pelas plantas, tanto do P natural quanto do adicionado ao solo pela adubação (Miranda & Miranda, 1997), tornando-se muito importante para as culturas de soja e milho.

2.2 - SIMBIOSE MICORRIZA ARBUSCULAR (MAs)

O estabelecimento da Simbiose Micorriza Arbuscular (MAs) resulta de uma sequência de eventos coordenados pelo fungo, pela planta e suas interações, culminando com uma relação simbiótica caracterizada pela perfeita integração morfológica, bioquímica e funcional da associação (Moreira & Siqueira, 2006).

Vários processos estão envolvidos na comunicação química durante o estágio pré-simbiótico da associação. Fatores referentes a penetração intracelular e a colonização intrarradicular tem sido elucidados nos últimos anos, no entanto os mecanismos moleculares que regulam o desenvolvimento e funcionalidade da MAs são em grande parte desconhecidos (Lambais, 2006).

A formação da simbiose requer um coordenado desenvolvimento de ambos (planta e fungo) e exige a troca de sinais moleculares, onde o micotrofismo determina a resposta da planta hospedeira e o biotrofismo controla a colonização e produção de propágulos a fim de garantir a sobrevivência do fungo (Moreira & Siqueira, 2006) (Figura 1).

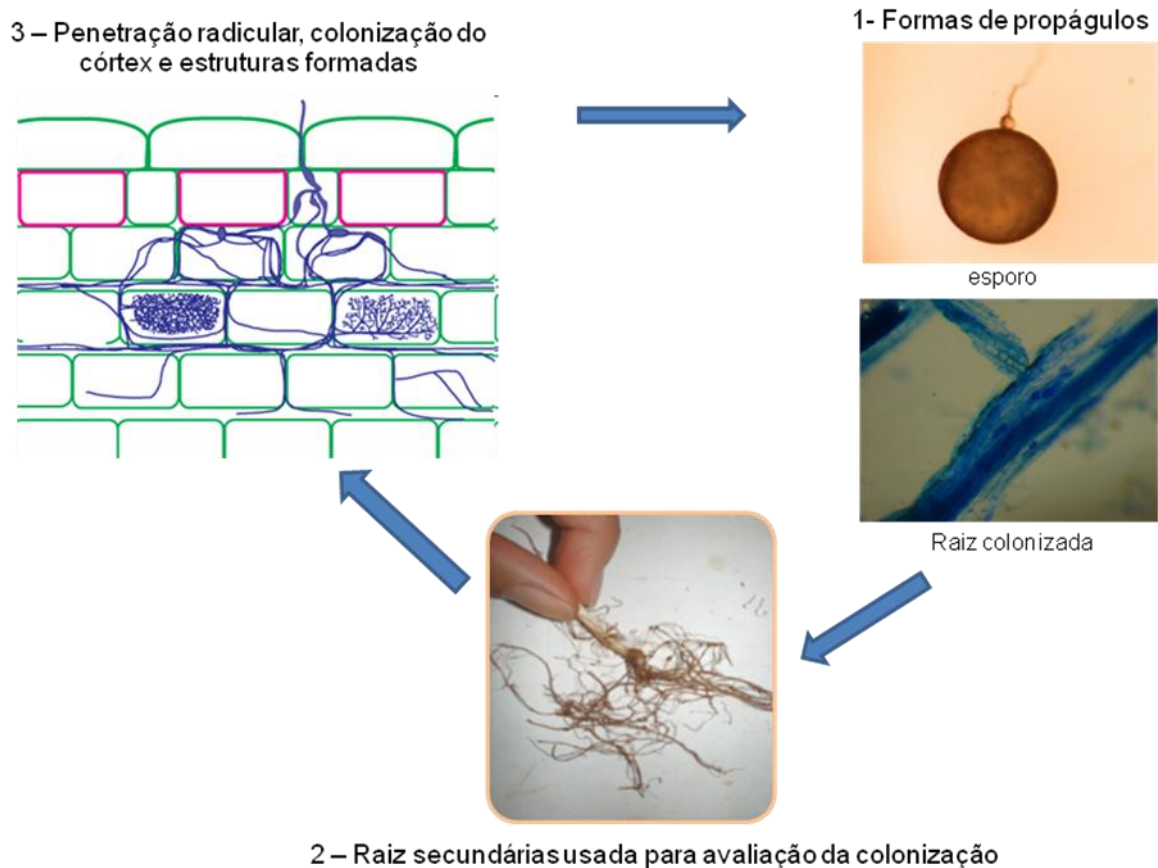


Figura 1: Propágulos dos fungos micorrízicos, a penetração nas células da raiz e as estruturas formadas. A: vesículas, com função de armazenamento de fotossintatos e, B: arbúsculos, com função de troca de metabólitos entre a planta hospedeira e o fungo. Fotos: Arquivo pessoal.

Os esporos dos FMAs são capazes somente de germinar e de realizar um limitado crescimento de suas hifas na ausência da planta, por esse motivo parece provável que os sinais de plantas, envolvendo substâncias, são essências para as fases iniciais da simbiose (Harrison, 1998). Exsudados de raiz têm sido estudados e mostram a capacidade de estimular o crescimento e ramificação de hifas de FMAs e certos flavonóides/isoflavonóides em baixas concentrações estão se mostrando como componentes principais da planta funcionando como promotores do crescimento de hifas (Nair et al., 1991; Giovannetti et al., 1993).

Apesar da evidência que flavonóides/isoflavonóides promovem o crescimento dos FMAs, parecem improvável que eles são essências para o desenvolvimento da associação, visto que mutantes de milho para a produção de

flavonóides ainda são capazes de formar a simbiose (Bécard et al., 1995). No entanto, há diversas evidências de que o próprio milho tem colonização estimulada pela aplicação exógena de formononetina (Moreira & Siqueira, 2006).

Alguns autores se referem a este sinal molecular, proveniente da emissão de substâncias, como sendo um sinal universal, que apenas um grupo de plantas capazes de formar simbiose tem capacidade de emitir. Outros consideram que em vez disso, esses compostos que são emitidos indicam a presença de raiz para que o fungo possa aumentar o crescimento e ramificação de suas hifas para maximizar a possibilidade de entrar em contato com a raiz (Harrison, 1998).

Em contato com a raiz, o fungo se diferencia e forma o apressório na superfície das células epidérmicas para posterior penetração. O fungo produz enzimas como pectinases, celulases e hemicelulases que são importantes para o desenvolvimento da simbiose. Os apressórios foram observados apenas em raízes de plantas e não aparecem em superfícies sintéticas, mesmo com a presença de exsudados que estimulam seu crescimento (Giovannetti et al., 1993).

Foi demonstrado que a espécie de fungo micorrízico *Gigaspora margarita* forma apressório em fragmentos de células epidérmicas purificadas de cenoura, que é planta hospedeira dos FMAs. Este importante experimento indica que somente a célula é suficiente para estimular a formação do apressório e que a secreção de sinais pela raiz não é necessária. Além disso, as paredes das células de beterraba, não hospedeira de FMAs, não permitiram o desenvolvimento de apressórios, mostrando que a topologia da epiderme não é suficiente para induzir a formação de apressórios sendo que nesta situação, sinais endógenos devem estar presentes na parede celular da planta hospedeira (Nagahashi & Douds, 1997).

A formação do apressório é observada apenas em células da epiderme e não em outras partes do sistema radicular, como as células do córtex e células vasculares (Gadkar et al., 2001). Apressórios formados em fragmentos de parede celular desenvolvem hifas que não penetram completamente na célula e não se diferenciam em arbúsculos, sugerindo que o desenvolvimento dos arbúsculos requer células intactas (Harrison, 1998) e que estas estruturas formadas não ocasionam transformações na estrutura morfológica da célula. Portanto, os sinais moleculares para a formação do apressório estão presentes na parede celular da

epiderme, mas os componentes necessários para o desenvolvimento pleno das MAs estão presentes em células íntegras (Harrison, 1998; Gadkar et al., 2001). De maneira geral, a penetração e o crescimento dos FMAs no córtex radicular são pré-requisitos para o desenvolvimento de arbúsculos (Genre & Bonfante, 2002).

Além do crescimento intrarradicular, os FMAs formam um micélio externo que cresce no solo formando a extensa rede micelial que explora microambientes não alcançados pelas raízes não colonizadas por FMAs (Cruz et al., 2008).

Em raízes de plantas não hospedeiras do gênero *Brassica* e *Lupinus*, FMAs não são capazes de formar apressórios funcionais, embora se observe dilatações de hifas semelhantes à apressórios. Essas plantas não hospedeiras são desprovidas de algum fator essencial para a completa diferenciação das hifas em apressórios funcionais ou, se existe esse fator, pode estar bloqueado por alguma substância antifúngica (Moreira & Siqueira, 2006). Em superfícies sintéticas não há o estímulo para formação de apressórios, sugerindo que os FMAs reconhecem as superfícies de plantas não micotróficas e sintéticas, fazendo com que não ocorra a liberação de sinais moleculares para a diferenciação do apressório para posterior penetração nas células epidérmicas (Giovannetti & Citernes, 1993; Giovannetti et al., 1993) Os sinais que provocam a diferenciação dos apressórios não são conhecidos (Lambais, 2006).

As análises de mutantes de *Lupinus japonicus* têm mostrado que a colonização das raízes por FMAs é controlada em três pontos: (1) abertura das células superficiais da epiderme, (2) passagem intracelular através da exoderme da raiz, e (3) formação dos arbúsculos nas células corticais mais internas (Demchenko et al., 2004). O gene SYM15 é necessário para a abertura das células superficiais e para a formação do arbúsculo como demonstrado por Demchenko et al. (2004). As raízes de mutantes *sym15-2* de *L. japonicus* não apresentam abertura das células da epiderme na presença de hifas de *G. intraradices* e a penetração do fungo é bloqueada (Demchenko et al., 2004; Kistner et al., 2005). Já os mutantes *sym2*, *sym3* e *sym4* de *L. japonicus* não são capazes de formar MAs e têm o processo de infecção bloqueado na passagem intracelular pela exoderme, impossibilitando a colonização das células corticais (Wegel et al., 1998; Demchenko et al., 2004). É provável que nesta etapa ocorra o acionamento do sistema de defesa nas células

do hospedeiro com a consequente morte delas e bloqueio do crescimento dos FMAs (Bonfante et al., 2000).

A natureza dos sinais moleculares que envolvem a comunicação entre a planta e o FMAs nas fases posteriores da associação é desconhecida. No entanto, é concebível que os metabólitos secundários mais comuns estejam envolvidos.

Concentrações de flavonóides apresentam aumento em raízes de leguminosas e derivados de sesquiterpeno também podem se acumular durante o desenvolvimento micorrízico em muitos membros da família Poaceae (Harrison & Dixon, 1993; Peipp et al., 1997; Maier et al., 1997).

Outra possibilidade para sinais posteriores incluem hormônios. A indução de níveis elevados de citocininas pela micorriza tem sido relatada e se confirmou em estudo realizado em alfafa, onde a indução de citocininas ZR foi observada em raízes colonizadas pelo FMAs (Beyrle, 1995; van Rhijn, 1997). De fato, tem sido demonstrado que os níveis de auxinas, citocininas, ácido abscísico e etileno são alterados em raízes micorrizadas, podendo esses modular a expressão de genes de defesa da planta, facilitando a colonização (Moreira & Siqueira, 2006).

2.3 – ISOFLAVONÓIDES: SIMBIOSE E ESPORULAÇÃO DE FMAs

Os FMAs formam simbiose denominada micorriza arbuscular com mais de 80% das espécies vegetais, o que os torna componentes essenciais para a funcionalidade e manutenção dos ecossistemas naturais e manejados (Fitter, 2005; Moreira & Siqueira, 2006).

Os exsudados radiculares (Elias & Safir, 1987), a presença de raízes (Becard & Piché, 1989) e de células vegetais ou seus extratos (Paula & Siqueira, 1990) estimulam o crescimento assimbiótico destes fungos *in vitro*, indicando a existência de fatores químicos ativos.

No início da década de 90, Nair et al., (1991) isolaram e identificaram em raízes de trevo (*Trifolium repens*) substâncias produzidas em maiores quantidades em plantas estressadas pela deficiência de P e observaram que estas foram ativas sobre os FMAs. Estas substâncias foram identificadas como isoflavonóides formononetina e biocanina A.

Os isoflavonóides são um tipo de flavonóides que são compostos fenólicos e importantes metabólitos secundários das plantas e interferem em diversos processos do sistema solo-planta-microrganismos (Siqueira et al., 1991), pois atuam no mecanismo de defesa contra invasores (fitoalexinas) ou como sinais moleculares (Lynn & Chang, 1990), estando envolvidos no estabelecimento e funcionamento de relações patogênicas e mutualísticas (Siqueira et al., 1991).

Os flavonóides constituem uma classe ampla de metabólitos secundários produzidos por várias espécies vegetais podendo ser encontrados nas raízes, sementes e diversos órgãos das plantas (Graham, 1991; Rao, 1990). E consistem de vários grupos de metabólitos, que incluem chalconas, auronas, flavononas, isoflavonóides, flavonas, flavonóis, leucoantocianidinas, catequinas e antocianinas (Croteau et al., 2000). São metabólitos especiais amplamente encontrados na natureza e tem sua biossíntese diretamente influenciada por fatores abióticos (Gobbo – Neto & Lopes, 2007).

Nas relações fungo-planta, os flavonóides atuam como fitoalexinas em sistemas patogênicos, na quimiotaxia e germinação de esporos (Morris & Ward, 1992) e como substâncias antifúngicas. Em geral, flavonóides podem estimular a germinação de esporos (Baptista & Siqueira, 1994), a colonização (Nair et al., 1991; Siqueira et al., 1991) e o crescimento e produção vegetal (Silva-Junior & Siqueira, 1997, 1998; Davies Junior et al., 2005, 2005). Cândido & Siqueira (2009) observaram efeito positivo na esporulação de sete isolados de FMAs quando foi feita a aplicação do isoflavonóide formononetina em estudo conduzido em casa de vegetação. Mas pouco se conhece sobre o efeito dessas substâncias na esporulação dos FMAs em condições de campo.

Embora os mecanismos que regulam a esporulação dos FMAs não sejam conhecidos, existem evidências da ocorrência de resposta positiva ou negativa da espécie de planta hospedeira com diferentes FMAs, o que faz com que alguns produzam maior número de esporos e outros mal se multipliquem (Bever, 2002). Além disso, é necessário que ocorra uma reduzida colonização para que o fungo possa completar seu ciclo de vida e ter condições para esporular e garantir sua perpetuação.

Assim, espera-se que substâncias capazes de estimular a colonização micorrízica, como o isoflavonoide formononetina (Nair et al., 1991; Siqueira et al., 1991), possam também estimular a produção de esporos e, desse modo, facilitar a aplicação dos FMAs na agricultura e em larga escala.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O estudo foi desenvolvido na área experimental da Universidade Federal de Goiás Unidade Jatobá/Campus Jataí nas safras 2010/2011 e 2011/2012, 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 estações bem definidas de seca (abril-setembro) e chuva (outubro-março).

Os dados climáticos de temperatura média (°C) e precipitação (mm) durante a condução dos experimentos estão apresentados na Figura 2.

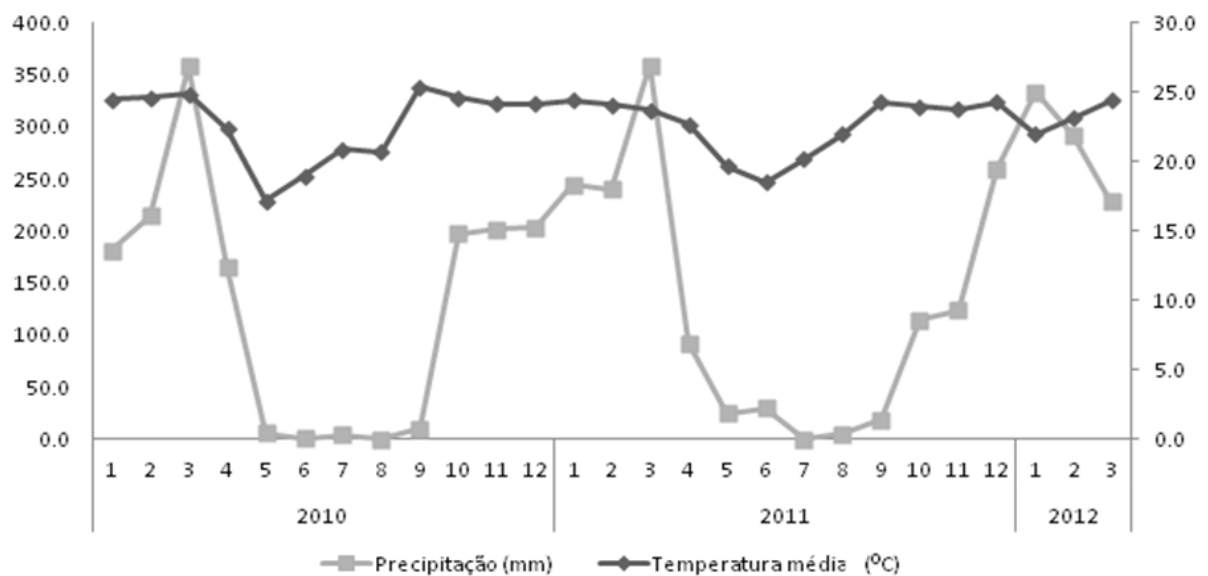


Figura 2. Índices de precipitação e temperatura mensal durante a condução dos experimentos.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico com relevo plano. Sendo que até o ano de 2008 a área foi utilizada como pastagem, em 2009 foi realizado o plantio de milho na safra e em 2010 foi feito o plantio de milho na safrinha na área estudada. A adubação seguiu recomendação de Souza & Lobato (2004) comumente adotados na região.

Antes da implantação dos experimentos nos dois anos de estudo (safra 2010/2011 e 2011/2012) foi realizada a análise dos atributos químicos do solo, sendo K e P extraídos por Mehlich-1 e determinados por calorimetria e fotometria de chama, respectivamente; Ca, Mg e Al extraídos por KCL 1 mol L⁻¹ e determinados por titulometria (Embrapa, 1997) e densidade inicial de esporos de FMAs (Gerdemann & Nicholson, 1963) (Tabela 1). A coleta de solo no primeiro ano de estudo (2010/2011) foi feita na profundidade de 0-20 cm ao longo da área experimental (sistema zig-zag) de forma a representar toda a área. E no segundo ano de estudo, foi feita a coleta de solo na profundidade de 0-20 cm (no período da entressafra, aproximadamente três meses após a colheita das culturas) nos mesmos tratamentos nas cinco repetições. Essas amostras foram colocadas em um balde e homogeneizadas, perfazendo uma amostra composta de cada tratamento estudado. Em seguida retirou-se aproximadamente 200g para proceder as análises descritas acima. Os resultados de densidade de esporos da soja e do milho consistem em uma média dos tratamentos estudados (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos químicos e densidade de esporos de um Latossolo Vermelho distroférico do município de Jataí/GO.

Cultura	pH	H+Al	Al	Ca	Mg	SB	CTC	K	P	V	DE
	H ₂ O	----- cmol _c dm ⁻³ -----							mg dm ⁻³	%	N ^o 50ml ⁻¹
2010											
	5,8	6,5	0,1	1,8	0,5	2,4	8,8	0,1	5,7	27	102
2011											
Soja	5,9	6,8	0,0	3,6	1,5	5,1	5,6	0,5	23,6	45	287
Milho	5,6	6,8	0,0	2,1	0,1	2,8	3,0	0,2	10,7	31	144

H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; DE: densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em 50 ml de solo.

Delimitação e implantação do estudo

O experimento foi constituído de um fatorial 4x4, sendo quatro tratamentos referentes a doses de aplicação de fósforo (P) na forma de P_2O_5 em $kg\ ha^{-1}$, para a cultura da soja as doses estudadas foram: ausência de aplicação de P_2O_5 (P1), 27 $kg\ de\ P_2O_5\ ha^{-1}$ (P2), 40 $kg\ de\ P_2O_5\ ha^{-1}$ (P3) e 80 $kg\ de\ P_2O_5\ ha^{-1}$ (dose recomendada de P_2O_5 para a cultura-P4) e para a cultura do milho foram: ausência de aplicação de P_2O_5 (P1), 33 $kg\ de\ P_2O_5\ ha^{-1}$ (P2), 50 $kg\ de\ P_2O_5\ ha^{-1}$ (P3) e 100 $kg\ de\ P_2O_5\ ha^{-1}$ (dose recomendada de P_2O_5 para a cultura-P4). E quatro tratamentos de estimulante para micorrização (isoflavonóide formononetina formulado como Myconate[®]), sendo que para a cultura da soja as doses foram: ausência de aplicação de formononetina (M1), 0,5 $g\ kg\ semente^{-1}$ (M2), 0,9 $g\ kg\ semente^{-1}$ (M3) e 1,8 $g\ kg\ semente^{-1}$ (dose recomendada do produto para a cultura-M4) e para a cultura do milho as doses foram: ausência de aplicação de formononetina (M1), 1,4 $g\ kg\ semente^{-1}$ (M2), 2,8 $g\ kg\ semente^{-1}$ (M3) e 5,6 $g\ kg\ semente^{-1}$ (dose recomendada do produto para a cultura-M4). Para as doses aplicadas de P_2O_5 seguiu-se a recomendação de Souza e Lobato (2004) para a cultura da soja que foi de 80 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 e para a cultura do milho de 100 $kg\ ha^{-1}$, a fonte de P utilizada foi o Super Triplo (ST) considerando 35% de P_2O_5 . Para as doses de formononetina seguiu-se a recomendação das empresas Plant Health Care (PHC) e INC-Pittsburg, EUA, fornecedora do produto.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições. As parcelas foram constituídas por 7 linhas de 5 metros de comprimento, com espaçamento entrelinhas de 0,90 m com área total de 2520 m^2 para a cultura do milho, para a cultura da soja cada parcela foi composta de 7 linhas com espaçamento de 0,45 m e cada linha com 3 metros de comprimento perfazendo uma área total de 756 m^2 .

As porcentagens das doses e quantidades de P e de formononetina (Myconate[®]) utilizado em cada parcela nas duas safras estudadas encontram-se na Tabela 2. A adubação com potássio para as culturas de soja e milho foram de 80 e 60 $kg\ ha^{-1}$ (fonte KCl), respectivamente. No plantio do milho nos dois anos de estudo foi utilizado 30 $kg\ de\ N\ ha^{-1}$ (fonte ureia) e para a adubação de cobertura nos dois anos de experimento, utilizou-se 70 $kg\ de\ N\ ha^{-1}$ (fonte Sulfato de Amônio). No

segundo ano de estudo (2010/2011) não foi realizada a adubação de manutenção para o P nos dois experimentos, visto que o teor de P extraído pelo método Mehlich-1 foi considerado de médio a alto na tabela de indicação de adubação fosfatada no Cerrado (Embrapa, 2006) (Tabela 1).

Tabela 2. Adubação com P₂O₅ e Myconate (Myc) aplicados no plantio, nas porcentagens e nas duas culturas estudadas durante os dois anos de estudo.

	Soja			Milho		
	33% ⁽¹⁾	50%	100%	33%	50%	100%
<i>2010/2011</i>						
P ₂ O ₅ , kg ha ⁻¹	27	40	80	33	50	100
Myc, g kg ⁻¹ semente	0,5	0,9	1,8	1,4	2,8	5,6
<i>2011/2012</i>						
P ₂ O ₅ , kg ha ⁻¹	-	-	-	-	-	-
Myc, g kg ⁻¹ semente	0,5	0,9	1,8	1,4	2,8	5,6

P₂O₅, fonte Super Triplo; K₂O, Myc (Myconate[®]), formulação a base de formononetina.

O Myconate[®] é um produto a base do isoflavonóide formononetina, formulado como pó de coloração creme, na forma de sal de potássio cuja nomenclatura química é 4'- metoxi, 7-hidroxi isoflavona, peso molecular 306, o qual foi aplicado às sementes via peliculização.

No primeiro ano de estudo foi utilizado a variedade de soja MONSOY[®] 7908 e o híbrido de milho DOW[®] 2B587 (Herculex[®]) e no segundo ano foi utilizado a variedade de soja MONSOY[®] 7639 e o híbrido de milho DOW[®] 2B587 (Herculex[®]), ambas recomendadas para região e melhoradas geneticamente (transgênicas).

O plantio dos experimentos no primeiro ano foi realizado nos dias 04/12/2010 e 09/12/2010, para a soja e milho, respectivamente. E no segundo ano nos dias 28/10/2011 e 11/11/2011, para a soja e milho, respectivamente. O primeiro ano de estudo, o plantio foi realizado tardio em relação às lavouras comerciais do município de Jataí-GO, em virtude da dificuldade de importação do produto a base de formononetina dos Estados Unidos para o Brasil.

As sementes de soja foram tratadas com fungicida carbendazim (Derosal[®]) e inseticida imidaclopride + tiodicarbe (Cropstar[®]) e para o milho foi utilizado inseticida imidaclopride+ tiodicarbe (Cropstar[®]). Após esses tratamentos, no caso da soja, foi realizada a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* (estirpes SEMIA 5079 e 5080

em meio líquido aquoso com um mínimo de 1.400.000 bactérias semente⁻¹, utilizando-se 100 mL de inoculante para cada 50 kg de semente) um dia antes do plantio. No dia do plantio as sementes de soja e milho foram peliculizadas com os tratamentos referentes às doses de formononetina e realizado o plantio imediatamente. A quantidade de superfosfato triplo referente a cada tratamento de P foi colocada na linha de plantio de cada parcela no mesmo dia de cada plantio.

Condução dos experimentos e avaliações realizadas

Durante a condução dos experimentos foram realizadas práticas culturais comumente adotados na região. Na cultura da soja utilizaram-se os inseticidas fipronil 20 ml ha⁻¹ (Klap[®]), lufenuron 150 ml ha⁻¹ (Match[®]), imidacloprido + beta-ciflutrina 0,5 l ha⁻¹ (Connect[®]) e endosulfan 1 l ha⁻¹ (Endosulfan[®]); o herbicida glifosato 2 l ha⁻¹ (Glifosato[®]) e os fungicidas tebuconazol 500 ml ha⁻¹ (Orius[®]), Lambda cyhalothrina 0,2 l/ha (Engeo[®]), pyraclostrobina 0,6 l ha⁻¹ (Ópera[®]), trifloxistrobina + ciproconazol 0,15 l ha⁻¹ (Sphere Max[®]). Na cultura do milho foi realizada a aplicação dos herbicidas atrazina 4 l ha⁻¹ (Atrazina[®]) e nicosulfuron 0,5 ha⁻¹ (Sanson[®]). Estes produtos fitossanitários são amplamente utilizados nas culturas da região do Sudoeste Goiano.

Após a emergência das plantas de soja e milho foi realizado contagem do número de plantas verificando um estande uniforme entre as parcelas (330 mil plantas de soja ha⁻¹ e 60 mil plantas de milho ha⁻¹) para ambos os períodos de estudo.

Para as culturas estudadas os dados foram coletados nas três linhas centrais para avaliação de produtividade e as quatro linhas restantes foram utilizadas para retirada de amostras de plantas e raízes de forma aleatória para a realização das demais avaliações. O segundo ano de experimento (safra 2011/2012) foi instalado no mesmo local onde foi estabelecido o primeiro ano (safra 2010/2011), sendo, portanto mantidas as parcelas de estudo.

Para as avaliações, no primeiro ano de estudo, foram coletadas quinzenalmente duas plantas por parcela (15, 30, 45 e 60 dias de cultivo) em cada experimento até o florescimento das plantas de soja e emissão do pendão no milho. No segundo ano de experimento, optou-se por realizar as coletas na cultura da soja

somente no estágio R2 (floração plena) e na cultura do milho no estágio fenológico 4 (emissão do pendão), devido a não obtenção de resultados que justificasse as coletas quinzenais, como foi feito no primeiro ano.

Com a parte aérea das plantas foi feito a avaliação da matéria seca (MS) obtida após secamento até peso constante em estufa a 70 °C. E com o sistema radicular das culturas procedeu-se a retirada de aproximadamente um grama de raízes finas para posterior avaliação da colonização micorrízica.

Para isso, as raízes foram lavadas e colocadas em cápsulas plásticas devidamente identificadas e armazenadas em solução de álcool 70%. Posteriormente estas foram clarificadas com solução de KOH 10%, em seguida lavadas em água corrente e agitadas por 3 a 5 minutos em HCl 1%. Em seguida as raízes foram coradas com azul de tripan em glicerol acidificado 0,05% (água: glicerol: ácido láctico na proporção de 1:1:1 base volume) (Koske & Gemma, 1989). Para estimar a porcentagem de raiz colonizada foi utilizado o método de intercessão das linhas cruzadas (“grid line method”) proposto por Giovanetti & Mosse (1980).

Para avaliação do estado nutricional das plantas foram realizadas coletas durante o estágio fenológico das culturas nos dois anos de estudo. No milho foi feita a amostragem da folha oposta e abaixo da espiga quando a cultura atingiu o estágio fenológico 4 (emissão do pendão), enquanto para a soja a coleta foi realizada mediante a retirada dos terceiros e quartos trifólios com hastes das plantas no estágio R2 (floração plena com a maioria dos racemos com flores abertas).

As amostras de folhas do milho e da soja foram colocadas em sacos de papel identificados e secas em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C até peso constante e moídas em moinho tipo Willey. Para a avaliação, as amostras foram digeridas em ácido nitroperclórica para a determinação de P (colorimetria), K (fotometria de chama), Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn (espectrofotometria de absorção atômica) (Malavolta et al. (1997).

Na soja avaliou-se nodulação das plantas no estágio R2 (pleno florescimento) mediante retirada dos nódulos do sistema radicular das plantas coletadas (2 plantas por parcela), sobre uma peneira, os quais foram contados, separados e secos em estufa à 60 C° para obtenção do peso de nódulos seco.

Ao final do ciclo das culturas foram avaliados o número de espigas por parcela (milho), número de vagens por planta (soja), massa de 100 grãos e produção de grãos por parcela em ambas as culturas. Após a colheita das culturas, foram coletadas amostras de solo para extração de esporos de FMAs (Gerdemann & Nicholson, 1963).

As variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância, testes de média e regressão pelo teste Tukey ao nível de 5% e 10% de probabilidade utilizando-se o programa estatístico SAEG (2007). Com a finalidade de se obter homocedasticidade, os dados referentes a contagens (contagem de esporos, número de nódulos e número de vagens) foram transformados pela equação $(x + 0,5)^{0,5}$.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – SOJA

Para a cultura da soja nas duas safras os tratamentos com P e formononetina não influenciaram no estande inicial (Anexos I e II), estes apresentaram em média 357 plantas parcela⁻¹, o que corresponde a aproximadamente 330 mil plantas ha⁻¹, considerada ideal para as variedades de soja utilizadas.

Na safra 2010/2011 a matéria seca da parte aérea aos 15, 30 e 45 dias de cultivo não apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos e nem de sua interação (Anexo I), indicando que as plantas de soja estavam com crescimento proporcional aos dias de cultivo. Já para a matéria seca da parte aérea aos 60 dias de cultivo, época do florescimento da soja, observou-se diferenças significativas ($p \leq 0,05$) quando aplicado o isoflavonóide formononetina (Myconate[®]) (Tabela 3).

Os nutrientes foliares analisados no florescimento na soja não apresentaram diferença estatística ($p \leq 0,05$) em função dos tratamentos estudados (Anexo I), exceto para o zinco foliar (Zn) que apresentou diferença para doses de formononetina (Myconate[®]) estudadas (Tabela 3).

Tabela 3. Matéria seca da parte aérea (MSPA) e teores de zinco foliar (Zn) no florescimento da soja em função das doses de Myconate[®] (Myc) estudadas.

Doses de Myc g kg semente ⁻¹	MSPA *g planta ⁻¹	Zn mg Kg ⁻¹
Ausência de aplicação	34,3A	27,4A
0,5	33,2AB	24,2AB
0,9	32,4B	22,9B
1,8	26,8AB	22,5B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. *amostra representativa feita na parcela.

Para a MSPA observa-se que a ausência de aplicação de formononetina não difere estatisticamente de $0,5 \text{ g kg semente}^{-1}$ e de $1,8 \text{ g kg semente}^{-1}$ e as doses estudadas (M2, M3 e M4) também não apresentam diferença estatística (Tabela 3). No entanto, quando se aplica $1,8 \text{ g kg semente}^{-1}$ de Myconate[®], considerado a dose recomendada (M4) é observado uma redução da matéria seca no primeiro ano de estudo. Este fato juntamente com a não obtenção de diferenças significativas em praticamente todos os nutrientes foliares avaliados, faz com que se observe que as plantas de soja apresentavam condições nutricionais ótimas para desenvolvimento e produção.

O teor de Zn foliar não difere ($p \leq 0,05$) com a ausência de aplicação de formononetina e com a aplicação da dose de $0,5 \text{ g kg semente}^{-1}$. Observa-se uma redução do teor de Zn a medida que se aumenta a dose aplicada de formononetina (Myconate[®]), redução esta que não afeta o teor ótimo de Zn para a cultura (Oliveira, 2004). O comportamento é semelhante ao da MSPA, visto que os valores apresentam redução a medida que se aumenta a dose de formononetina (Myconate[®]) estudada. Os demais nutrientes encontram-se dentro da faixa adequada (Oliveira, 2004).

No segundo ano de estudo (2011/2012) a matéria seca da parte aérea no florescimento da soja não apresentou diferença com relação as doses de formononetina e de P estudadas, e nem de sua interação (Anexo II), indicando adequada condição de desenvolvimento da cultura. Com relação aos nutrientes foliares, o único que apresentou diferença estatística ($p \leq 0,05$) para as doses de P estudadas foi o fósforo foliar (Tabela 4).

Tabela 4. Teor de fósforo foliar da cultura da soja em função das doses de P (P_2O_5) estudadas.

Doses de P_2O_5 kg ha^{-1}	Fósforo g Kg^{-1}
80	24,46A
27	23,59AB
40	23,39AB
Ausência de aplicação	21,81B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Observa-se que o teor de fósforo foliar foi maior na dose recomendada (80 kg) de P_2O_5 para a cultura da soja, que não difere da aplicação de 27 e 40 kg P_2O_5 ha^{-1} , que é considerado como 33% e 50%, respectivamente, da dose recomendada para a cultura da soja. Fato interessante foi que no primeiro ano de estudo nem a maior dose de P aplicado no solo influenciou no fósforo foliar, o que é um indício de que o P do solo estava adequado com relação ao fornecimento de P foliar para a cultura e que as plantas estavam bem nutridas. No segundo ano de estudo (2011/2012) as doses de P influenciaram no teor de P foliar, devido ao fato da não adubação de manutenção nas parcelas com P_2O_5 , no entanto não houve influência nos demais nutrientes avaliados. Sendo que estes se apresentavam adequados para a cultura estudada (Oliveira, 2004).

O peso de nódulos seco (PNS) apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) com relação às doses de P na safra 2010/2011, e não mostrou efeito com a aplicação de formononetina e nem da interação entre estes fatores (Anexo I). Houve um incremento do PNS com o aumento da dose de P aplicada (Figura 3d).

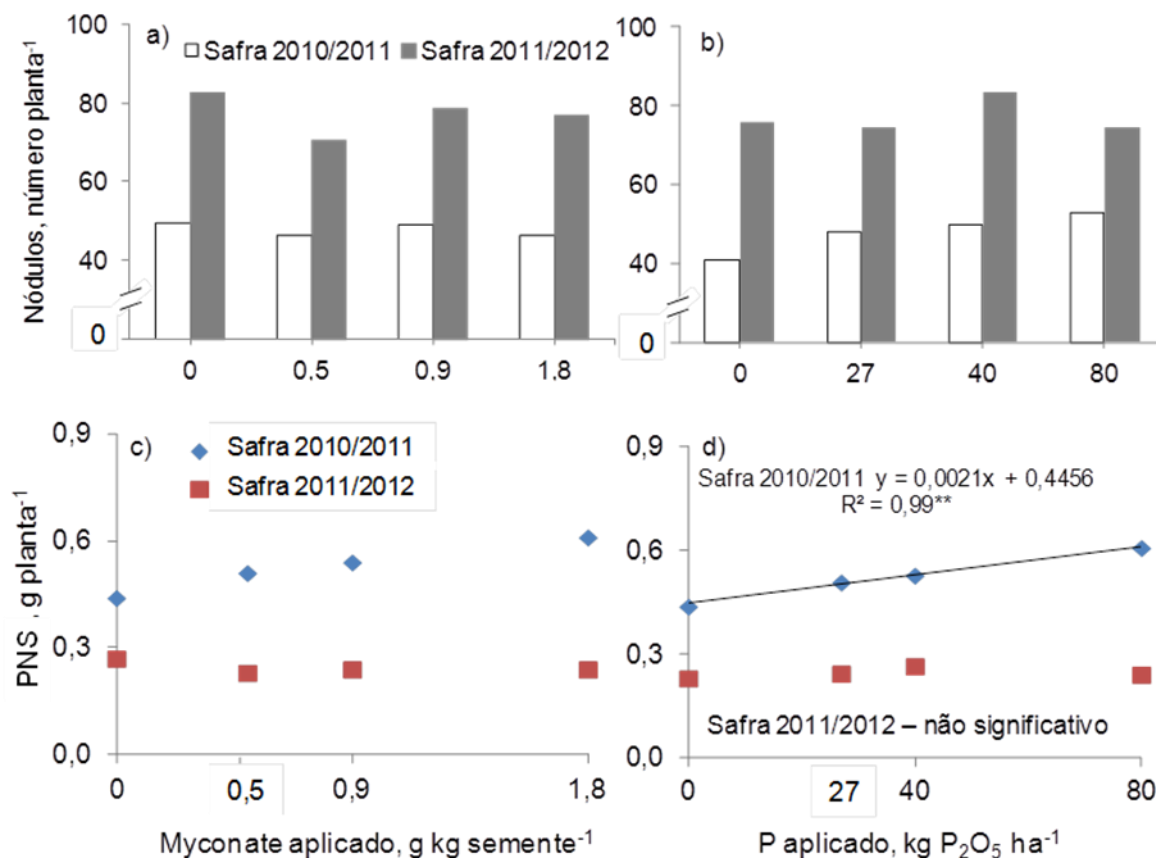


Figura 3. Número de nódulos aos 60 dias de cultivo da cultura da soja em função da aplicação de formononetina (Myconate[®]) (a) e P no solo (P₂O₅) (b). Peso seco dos nódulos (PSN) aos 60 dias de cultivo da cultura da soja em função da aplicação de formononetina (Myconate[®]) (c) e aplicação de P no solo (P₂O₅) (d) nas duas safras estudadas (2010/2011 – 2011/2012). **Significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

O número de nódulos por planta não apresentou diferença estatística com relação aos tratamentos (P e formononetina) estudados nas safras 2010/2011 e 2011/2012 (Anexo I e II). A safra 2011/2012 apresenta resultados superiores de números de nódulos por planta quando comparado com a safra 2010/2011, tanto para a aplicação das doses de formononetina quanto para aplicação das doses de P, no entanto, não apresentou diferenças estatísticas. O número de nódulos por planta não apresenta aumento a medida que se eleva as doses de formononetina e de P (Figuras 3a e 3b). Fato este, que não corrobora com o estudo realizado por Cordeiro (2007) nesta mesma região do

Sudoeste Goiano com aplicação de formononetina e de P, onde na condição de alto P houve incremento de 34% no número de nódulos. Nesse estudo observou-se aumento de nodulação de uma safra para outra, próximo de 50%, em praticamente todas as doses de P e de formononetina (Myconate[®]) estudadas, estas, no entanto permaneceram com comportamento constante não apresentando diferenças estatísticas significativas.

Os tratamentos com formononetina não apresentaram influência no peso de nódulos seco (PNS) nas duas safras estudadas (Anexo I e II). O PNS na safra 2010/2011 foi superior ao ano de estudo seguinte (Figura 3c), o que corrobora com o estudo de Cordeiro (2007) onde se aplicando uma formulação a base de formononetina se obteve um incremento do PNS em situação de reduzida concentração de P no solo, fato observado no solo da área experimental no primeiro ano deste estudo (Tabela 1) quando comparado as concentrações de P no solo após a aplicação de P₂O₅ no solo. Para os tratamentos com P, verificou-se na safra 2010/2011 aumento linear do PNS a medida que aumentou a dose de P aplicado, fato não observado na safra 2011/2012 (Figura 3d).

Apesar da conhecida relação sinérgica entre os fungos micorrízicos arbusculares e bactérias fixadoras de nitrogênio, e do efeito da formononetina na micorrização da soja, a nodulação não foi influenciada pela aplicação do isoflavonóide ao solo, resultados que corroboram com os encontrados por Silva Júnior & Siqueira (1998), pelo menos no que diz respeito a aumento de número de nódulos no sistema radicular da soja e PNS. Como esse composto não é um indutor de genes *nod* no rizóbio da soja (Hungria, 1994), ele só pode estimular a nodulação indiretamente via estímulo na micorrização da soja ou nutrição fosfática. O que foi observado nesse estudo, pois as plantas de soja encontravam-se bem nutridas e com elevada colonização micorrízica natural.

A colonização micorrízica em raízes de soja apresentou pequena variação entre os tratamentos na safra 2010/2011, sendo observadas diferenças significativas ($p \leq 0,10$) somente na primeira coleta (CM1), ou seja, aos 15 dias após o plantio para o fator P e para a interação entre o P e a formononetina (Anexo I).

Observa-se que a colonização micorrízica se apresentava superior, próxima de 70%, e na medida em que se aplica P no solo a colonização é reduzida (Tabela 5). Este fato permite concluir que uma premissa básica para a obtenção de respostas com a aplicação de formononetina não foi atendida, visto que a colonização micorrízica já se encontrava com elevada porcentagem e no período curto de cultivo.

Tabela 5. Colonização micorrízica aos 15 dias de cultivo da soja em função das doses de P_2O_5 aplicadas no solo.

Doses de P_2O_5 kg ha ⁻¹	CM %
Ausência de aplicação	69,5A
80	64,7AB
27	63,8AB
40	63,3B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey à 10% de probabilidade.

A menor dose de P_2O_5 aplicado promove redução da colonização micorrízica, este dado mostra que houve espaço para maximizar a colonização em situação de não aplicação de P no solo (Tabela 5).

Com relação a interação entre as doses de P e de formononetina, nota-se que a aplicação de fósforo e formononetina promoveram redução na colonização micorrízica em raízes de soja, com exceção para a dose de formononetina de 0,5 g por kg de semente⁻¹ (M2) aplicando-se a dose de 46 kg de P_2O_5 ha⁻¹, que promoveram a maior colonização micorrízica (66%). E aplicando-se a maior dose de P no solo (73 kg P_2O_5 ha⁻¹), observa-se uma redução mínima de colonização micorrízica (5%) com relação a maior colonização micorrízica (Tabela 6). Este fato mostra a eficiência dos FMAs em promoverem a micorrização natural da cultura da soja nas condições de cultivo da região.

Tabela 6. Regressões referente a interação entre aplicação de fósforo e formononetina para a colonização micorrízica da cultura da soja aos 15 dias após o plantio.

Regressão	R ²	P ⁽¹⁾	CM%
M1: Y= 0,0024x ² -0,3484x+73,29	0,96**	73	61
M2: Y= -0,0017x ² +0,1564x+62,18	0,85**	46	66
M3: Y= 0,0056x ² -0,5776x+73,27	0,97**	51	62
M4: Y= 0,0039x ² -0,2884x+67,93	0,45**	36	63

Sendo Y= colonização, x= dose de P₂O₅; ⁽¹⁾ dose de P₂O₅ referente a menor/maior colonização. CM%: colonização micorrízica em %.

A menor colonização micorrízica observada na ausência de aplicação de formononetina (M1) e aplicando-se 73 kg de P₂O₅ ha⁻¹ é considerada elevada, neste sentido o presente estudo, mostra uma colonização micorrízica alta (acima de 60%) com doses reduzidas de P associado a aplicação de formononetina na cultura da soja aos 15 dias de plantio (primeira coleta realizada). No entanto este fato não deve ser atribuído ao isoflavonóide formononetina, visto que a colonização já se apresentava elevada (próximo a 70%) na ausência de aplicação de P e não se obteve diferença quando aplicado as doses de formononetina estudadas isoladamente, fato que não corrobora com o estudo de Cordeiro (2007), onde foi observado efetivo aumento da colonização radicular pelos FMAs quando aplicado o estimulante de micorrização a base de formononetina independente da dose de P aplicada.

A alta colonização observada nas plantas de soja se deve a presença de inóculos de FMAs em densidade e viabilidade adequada, conforme já observado em estudo na região do cerrado realizado por Miranda et al. (2005).

Na safra seguinte (2011/2012), não foi observado diferença estatística para a colonização micorrízica com relação aos tratamentos estudados (Anexo II). A aplicação do isoflavonóide formononetina não promoveu aumento da colonização micorrízica, visto que a maior colonização (próximo de 50%) é observada na ausência de aplicação (Figura 4a). Nas doses de 0,5 e 0,9 g kg de semente⁻¹ a colonização se apresentou próxima de 40% e na dose recomendada de formononetina (1,8 g kg de semente⁻¹), a colonização se

aproxima dos 20%. Observa-se, portanto, que a adição de formononetina e consequente aumento da dose até a dose recomendada, promoveram redução da colonização micorrízica da cultura da soja na safra 2011/2012 (Figura 4a). No entanto esta redução não diferiu estatisticamente.

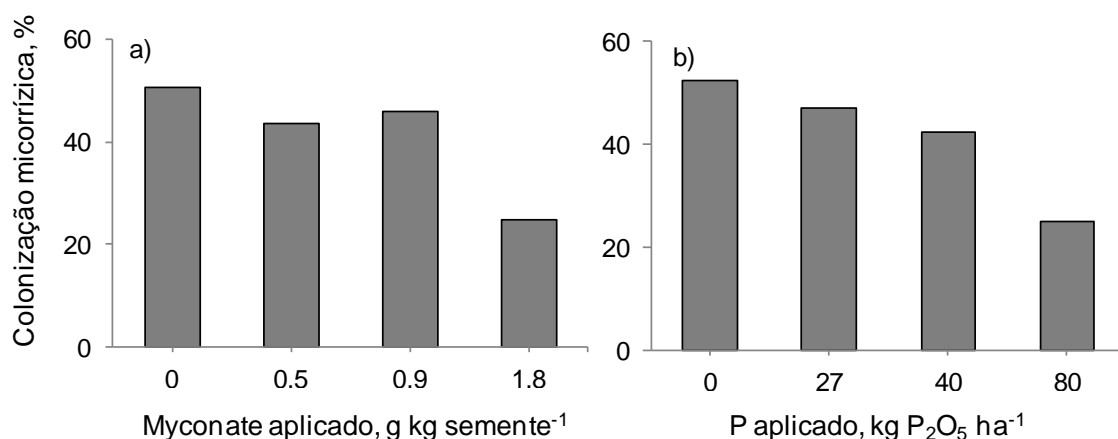


Figura 4. Colonização micorrízica da soja em função da aplicação de formononetina (Myconate[®]) (a) e P (P₂O₅) (b) na safra 2011/2012.

Este fato condiz com o estudo realizado por Cordeiro (2007), onde 1 mg de um produto estimulante a base de formononetina por semente não promoveu aumento da colonização quando comparado a 0,5 mg deste produto estimulante por semente.

Para o P aplicado, observa-se que a colonização micorrízica foi superior, em torno de 50% na ausência de aplicação de P, ocorrendo redução da colonização, próximo de 20%, com aumento do P aplicado.

O crescimento e o desenvolvimento dos fungos micorrízicos são afetados pelo suprimento de P, o qual é negativamente correlacionado com a colonização micorrízica das raízes (Bressan & Vasconcellos, 2002). A infecção micorrízica aumenta com adição de baixos teores de P (Karagiannidis & Nikolaou, 1999), ou é reduzida em altos teores de P (Guillemin et. al., 1995; Al-Karaki & Clark, 1999), fato que corrobora com o presente estudo.

A produção de grãos apresentou efeito significativo somente para as doses de P aplicado na safra 2010/2011, não sendo observado efeito da formononetina e da interação entre os tratamentos nas duas safras (Anexo I e

II). Observa-se resposta crescente na produção de grãos com aumento da aplicação de P no solo ($p \leq 0,05$) conforme apresentado na Tabela 7. Sendo que a aplicação de P_2O_5 no solo promoveu aumento da produção de grãos.

Tabela 7. Produção de grãos (PG) e número de vagens por planta (NVag) de soja na safra 2010/2011 em função das doses de P_2O_5 aplicados.

Doses de P_2O_5 kg ha ⁻¹	NVag *(n ^o plantas ⁻¹)	PG kg ha ⁻¹
80	41,6A	4748,2A
40	36,1AB	4158,4AB
27	35,2B	4047,2AB
Ausência de aplicação	33,8B	3927,8B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. * n^o de plantas presentes na área útil da parcela.

As plantas de soja não apresentaram deficiência nutricional de P foliar, no entanto observa-se que estas responderam positivamente no que diz respeito a produção de grãos quando realizada a aplicação de P no solo. A recomendação para aplicação de P no solo em regiões do cerrado ainda segue as recomendações propostas para cultivo convencional, por esse motivo a aplicação da dose recomendada de P para a cultura da soja não difere da aplicação das doses de 40 ou 27 kg P_2O_5 ha⁻¹, 50% e 33% da dose recomendada respectivamente, indicando que a recomendação é superestimada e ultrapassada com relação ao sistema de plantio direto empregado nessas áreas.

A aplicação de formononetina (Myconate[®]) não influenciou a produção de grãos de soja, o que é contrário ao estudo de Siqueira et al. (1992) onde com aplicação de um produto a base de formononetina obteve-se aumento de 52% na produtividade da soja. A cultura não aproveitou os benefícios da aplicação da formononetina devido às condições que já favoreciam a planta, como a elevada colonização micorrízica, pluviosidade e temperatura dentro do

ideal para um bom desenvolvimento e produção da cultura e condições nutricionais que não impuseram deficiência a cultura da soja.

O número de vagens por planta (NVag) apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) somente para a aplicação de P, não sendo observado efeito da formononetina e de sua interação (Anexo I). Esta variável apresentou resposta crescente com o aumento da dose de P aplicado, o que de certa forma é condizente com o que ocorreu no peso de grãos e mostra que essas variáveis de produção não foram influenciadas pela formononetina e conseqüentemente pela simbiose micorriza arbuscular (MAs).

Na safra 2011/2012 o número de vagens por planta e a produção de grãos de soja, novamente apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para as doses de P aplicado (Tabela 8).

Tabela 8. Produção de grãos (PG) e número de vagens por planta (NVag) de soja na safra 2011/2012 em função das doses de P_2O_5 aplicados.

Doses de P_2O_5 kg ha ⁻¹	NVag *(n ^o plantas ⁻¹)	PG kg ha ⁻¹
27	31,5A	3598,9A
Ausência de aplicação	28,2B	3230,2B
40	27,7B	3197,9B
80	27,1B	3224,6B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. * n^o de plantas presentes na área útil da parcela.

Observa-se que no segundo ano de estudo os valores obtidos do número de vagens por planta e da produção de grãos foram inferiores ao primeiro ano. E pelo fato de o P foliar ter apresentado diferença quanto as doses de P, observa-se que as plantas foram de certa forma prejudicadas com a não adubação com P_2O_5 no segundo ano de estudo. No entanto, pode-se observar que a única dose de P que diferiu estatisticamente foi à dose de 27 kg de P_2O_5 ha⁻¹, apresentando-se superior as demais doses e a ausência de aplicação (Tabela 8) nas variáveis analisadas.

Com relação a densidade de esporos de FMAs encontrada nas parcelas de soja, observa-se que ocorreu aumento da esporulação na coleta realizada após o primeiro ano de estudo. Na coleta de 2010 a densidade média foi de 102 esporos 50 ml^{-1} de solo, ou seja, 2 esporos ml^{-1} , considerada uma boa densidade para condições de campo. O efeito estimulante do isoflavonóide formononetina depende da densidade de esporos de fungos micorrízicos nativos presentes no solo, sendo que esse efeito é máximo quando o solo apresenta baixa ou moderada densidade (2 a 4 esporos viáveis g^{-1} de solo, em estudo conduzido em condições controladas) (Siqueira et al., 1991), fato observado no estudo. No entanto, não refletiu no aumento da colonização devido as condições de cultivo que não impunham estresse nutricional ou ambiental a cultura da soja e pelo fato da colonização micorrízica natural se apresentar com valores elevados.

Em 2011 (período de entressafra) a densidade média foi de 287 esporos 50 ml^{-1} de solo, ou seja, aproximadamente 5 esporos ml^{-1} . Constatou-se um aumento de aproximadamente 3 esporos ml^{-1} de solo após o primeiro ano de estudo (safra 2010/2011). Após a colheita do experimento no segundo ano de estudo (2011/2012) a densidade média foi de 216 esporos 50 ml^{-1} de solo, ou seja, aproximadamente 4 esporos ml^{-1} . A esporulação foi estimulada pela implantação do experimento na área. Sendo que o produto a base de formononetina não prejudicou a esporulação de FMAs em condições de campo, o que corrobora com estudo realizado por Cândido (2009) em casa de vegetação.

Com relação as demais avaliações realizadas na soja nas duas safras, não foram observadas diferenças significativas (Anexos I e II) com base nos tratamentos estudados.

4.2 – MILHO

Para a cultura do milho não houve diferença no estande inicial das plantas com relação aos tratamentos estudados nos dois anos de estudo (Anexo III e IV). Apresentando em média 245 plantas parcela⁻¹, sendo considerada população ideal para os híbridos de milho utilizados nos estudos, com aproximadamente 60 mil plantas ha⁻¹.

A matéria seca da parte aérea (MSPA) aos 15 e 30 dias após o plantio não apresentou efeito de nenhum dos fatores estudados no primeiro ano de estudo (Anexo III). No entanto, no florescimento do milho (em torno dos 45 dias de cultivo) houve efeito das doses de P aplicado nas duas safras estudadas (Anexo III e IV). Observa-se que na primeira safra as maiores doses de P aplicado proporcionaram maior incremento de MSPA na época do florescimento. Na safra seguinte (2011/2012) observou-se que a MSPA teve valores superiores aos encontrados no primeiro ano de estudo e os maiores valores foram encontrados na dose recomendada de P para a cultura do milho e na ausência de aplicação de P, visto que o que foi usado da dose recomendada foi o P residual devido a não adubação de manutenção com P no solo no segundo ano de estudo. No tratamento onde não foi aplicado dose de P, pode-se inferir que a quantidade de P no solo era ideal para o desenvolvimento da cultura e que houve maior liberação desde P do solo após o segundo ano de cultivo (Tabela 9).

Tabela 9. Matéria seca da parte aérea do milho em função da aplicação de doses de P_2O_5 nas safras de 2010/2011 e 2011/2012.

Safrá 2010/2011		Safrá 2011/2012	
P_2O_5 kg ha ⁻¹	MSPA *g planta ⁻¹	P_2O_5 kg ha ⁻¹	MSPA *g planta ⁻¹
100	109,3 A	100	170,3 A
50	101,0AB	Ausência de aplicação	140,0AB
33	93,9B	33	122,4B
Ausência de aplicação	90,2B	50	115,0B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade. *amostra representativa feita na parcela.

O isoflavonóide formononetina não influenciou na MSPA em nenhuma das safras estudadas (Anexo III e IV).

Alguns dos nutrientes foliares avaliados no milho apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) somente no segundo ano de estudo (Anexo IV), não sendo observada deficiência nutricional nas plantas quanto aos teores avaliados na safra 2010/2011 (Anexo III). Visto que para o fósforo foliar (P foliar) as interações entre as doses não foram significativas e para o ferro foliar (Fe) também não se obteve diferença significativa quanto aos teores com relação as doses de P estudadas. Para o magnésio foliar (Mg) observou-se diferença significativa para as doses de formononetina (Myconate[®]) e para sua interação com as doses de P estudadas (Tabela 10). Observa-se que todas as doses de formononetina aplicadas proporcionaram um maior teor foliar de Mg, que no entanto não é uma resposta consistente, visto que a dose recomendada do produto estimulante (Myconate[®]) e 50% desta, não apresenta diferença com relação a ausência de aplicação do estimulante.

Na interação entre os tratamentos estudados não houve diferenças significativas.

Tabela 10. Teor de magnésio foliar (Mg) na cultura do milho na safra 2011/2012 com relação as doses de formononetina (Myconate[®]-Myc) estudadas.

Doses de Myc g kg semente ⁻¹	Mg g Kg ⁻¹
1,4	25,0A
5,6	22,2AB
2,8	20,8AB
Ausência de aplicação	20,5B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

A colonização micorrízica apresentou diferença significativa aos 15 dias de cultivo do milho (CM1) no primeiro ano de estudo (safra 2010/2011), sendo observado efeito significativo ($p \leq 0,05$) somente para o P aplicado (Anexo III). Nota-se que com aumento da aplicação de fósforo há uma redução na colonização micorrízica, o que corrobora com Colozzi-filho et al, (1999) que relataram que em níveis elevados de P no solo há uma diminuição na porcentagem de colonização micorrízica por um mecanismo de auto regulação da simbiose e Smith & Read (1997) relatam também que o P nas plantas tem grande efeito no desenvolvimento da simbiose, corroborando com este estudo onde não foi observada deficiência nutricional de P na planta fazendo com que a colonização micorrízica já se apresentasse elevada, próxima de 60% (Tabela 11).

Tabela 11. Colonização micorrízica aos 15 dias de cultivo do milho na safra 2010/2011 com relação as doses de P_2O_5 aplicados no solo.

Doses de P_2O_5 kg ha ⁻¹	CM %
Ausência de aplicação	56,7A
33	55,0A
50	50,6AB
100	41,9B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Como a colonização micorrízica se apresenta elevada, pode-se inferir que a planta tem acesso ao P no solo e não se apresenta em condição de estresse e, portanto, não necessita de lançar mecanismos (sinais moleculares) para que o fungo possa realizar a colonização de seu sistema radicular (Moreira & Siqueira, 2006). Novamente a premissa básica para se obter sucesso com o uso da formononetina não foi atendida nesse estudo, visto que a colonização micorrízica natural é considerada alta.

Os mecanismos pelos quais o teor de P regula a simbiose são desconhecidos, no entanto tem sido relatado que o P pode afetar o balanço de açúcares nas raízes, o balanço de fitormônios e, ou, a expressão de genes de defesa vegetal, o que pode limitar a emissão destes sinais moleculares pelas plantas (Siqueira, 1983; Lambais & Mehdy, 1995) fazendo com que a colonização se reduza à medida que aumenta o teor de P no solo.

De maneira geral a colonização micorrízica das raízes do milho foi elevada variando de 41 até próximo de 60%, assim como observado na cultura da soja e em virtude disso não houve resposta positiva com a aplicação do produto a base do isoflavonóide formononetina (Myconate[®]).

No ano seguinte (safra 2011/2012) a colonização micorrízica não foi estatisticamente diferente entre os tratamentos e em sua interação (Anexo IV). Pode-se observar que a colonização micorrízica foi superior em relação as doses de formononetina (Myconate[®]) aplicadas, comportando-se de forma

constante em todas as doses estudadas (Figura 5a). Enquanto para as doses de P aplicadas, observa-se um decréscimo, em relação as demais doses, quando se aplica a dose recomendada de P para a cultura de milho (Figura 5b) o que também foi observado no primeiro ano de estudo.

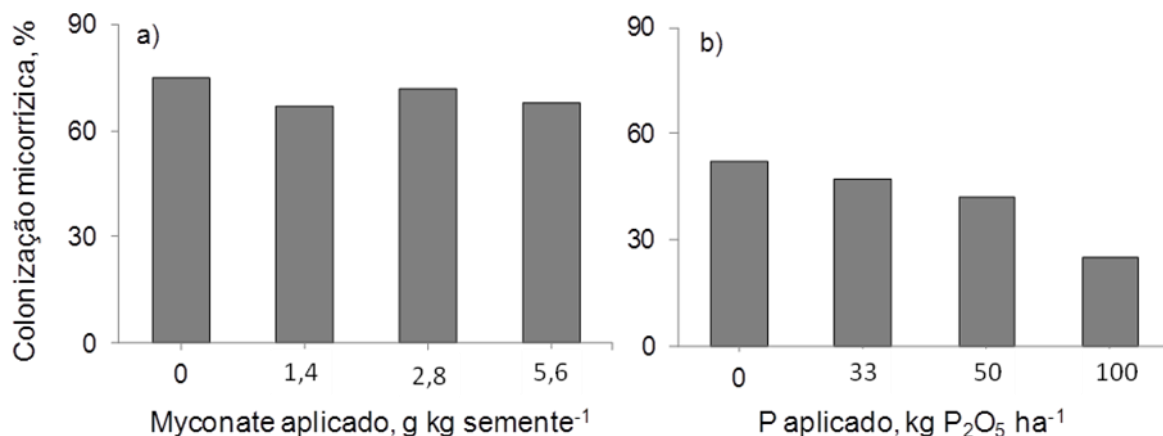


Figura 5. Porcentagem de colonização micorrízica no milho aos 45 dias de cultivo na safra 2011/2012 em relação as doses de formononetina (Myconate[®]) (a) e as doses de P aplicado (P₂O₅) (b).

Observa-se que a aplicação de P no solo para a cultura do milho provocou a inibição da colonização micorrízica de forma mais considerável do que o observado na cultura da soja.

Nas avaliações realizadas no final do ciclo da cultura, obteve-se diferença estatística significativa ($p \leq 0,10$) para a produção de grãos ha⁻¹ (PG) com relação às doses de formononetina (Myconate[®]) estudadas no primeiro ano de estudo, não sendo observada diferença quanto as doses de P aplicadas (Anexo III). Os resultados corroboram com estudos realizados por Siqueira et al., (1992) e Romero (1999), que mostraram aumento de produção de milho com a inoculação de formononetina quando comparado com o controle (não inoculação).

Neste estudo observa-se que a dose recomendada (5,6 g kg semente⁻¹), 50% desta dose (2,8 g kg semente⁻¹) e a ausência de aplicação de formononetina na cultura do milho não apresentou diferença (Tabela 12),

devido ao fato de que as plantas não apresentavam deficiências nutricionais que justificassem resposta positiva com o uso do estimulante de micorrização.

Tabela 12. Produção de grãos (PG) de milho na safra 2010/2012 com relação as doses de formononetina (Myconate[®]-Myc) estudadas.

Doses de Myc g kg semente ⁻¹	PG *Kg ha ⁻¹
5,6	9135A
2,8	9135A
Ausência de aplicação	8765AB
1,4	8395B

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey à 10% de probabilidade. *valor transformado com base na área útil da parcela.

Na safra 2011/2012 não se observou diferença entre os tratamentos estudados com relação as variáveis de produção analisadas (Anexo IV). A produção de grãos geral se mostra alta (acima de 10000 kg ha⁻¹ na safra 2010/2011 e acima de 7000 kg ha⁻¹ na safra 2011/2012) mesmo quando não se aplica P no solo, o que pode ser explicado devido a presença de reservas deste nutriente no solo. Observa-se uma redução das produtividades da safra 2010/2011 para a safra 2011/2012, o que também é observado para a cultura da soja e pode ser explicado devido a não adubação de P no solo no segundo ano de estudo (Anexo V).

A densidade de esporos de FMAs encontrada nas parcelas de milho sofreu acréscimo após as safras estudadas. Na coleta de 2010 (realizada em toda a área) a densidade média foi de 102 esporos 50 ml⁻¹ de solo, ou seja, 2 esporos ml⁻¹. No ano de 2011 (período de entressafra) a densidade média foi de 144 esporos 50 ml⁻¹ de solo, ou seja, aproximadamente 3 esporos ml⁻¹ e após a colheita do experimento no segundo ano de estudo (2011/2012) a densidade média foi de 240 esporos 50 ml⁻¹ de solo, ou seja, aproximadamente 5 esporos ml⁻¹. Portanto a esporulação foi estimulada pela implantação do experimento na área e o produto a base de isoflavonóide formononetina (Myconate[®]) não inibiu a esporulação dos FMAs.

Com relação as demais avaliações realizadas no milho, não foi observado diferenças estatísticas significativas (Anexos III e IV) nos períodos de estudo.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O rendimento de grãos de soja e milho em função dos tratamentos estudados é apresentado na tabela 13. Considerando 100% a aplicação de P na ausência de formononetina, nota-se que para a soja a aplicação de 0,5 e 1,8 g de formononetina (Myconate®) kg de semente⁻¹ proporcionou melhoria na utilização da dose de 27 kg P₂O₅ ha⁻¹, promovendo incremento de produção de 305 e 796 kg de soja, respectivamente para as doses de formononetina citadas acima. Isto significa 5 a 13 sacas de soja a mais na produção ha⁻¹ representando um acréscimo de aproximadamente R\$ 250 e R\$ 650 por hectare.

Na safra seguinte, 2011/2012, observa-se a mesma tendência, no entanto, na ausência de aplicação de P houve incremento na produção de grãos com a aplicação de formononetina em todas as doses estudadas. Ao observar os dados de produção percebe-se que na segunda safra 2011/2012, devido a não adubação de manutenção com P, houve aumento da produção de grãos em função da aplicação de formononetina na dose de 27 kg P₂O₅ ha⁻¹, e que esta produção foi maior do que o observado na dose de 40 kg P₂O₅ ha⁻¹ com a aplicação de formononetina, o que indica o maior aproveitamento e melhor utilização da adubação fosfatada quando feito a aplicação de formononetina. Este fato possui duas importâncias, primeiro pelas reservas escassas de P no Brasil e segundo pela possibilidade na melhoria de produção em áreas com agricultura familiar, ou seja, de baixa entrada de insumos.

Na produção do milho há em comportamento diferenciado, sendo verificadas melhorias com a aplicação de formononetina somente na ausência e na maior dose de P aplicado no solo na primeira safra estudada. Na ausência de aplicação de P e nas doses de 2,8 e 5,6 g de formononetina (Myconate®) kg de semente⁻¹ obteve-se incremento superior a 1000 kg de grãos, representando aumento próximo de 16 sacas ha⁻¹. Na maior dose, o incremento foi menor e mais representativo, sendo produzidos 976 e 307 kg ha⁻¹ nas doses de 2,8 e 5,6 g de formononetina (Myconate®) kg de semente⁻¹, respectivamente.

Na segunda safra, provavelmente devido a não adubação de manutenção com P no plantio, praticamente toda produção apresentou incremento com a aplicação de formononetina.

Tabela 13. Rendimento de grãos das culturas de soja e milho nas duas safras estudadas (2010/2011 e 2011/2012) em função da aplicação de diferentes doses de fosfato no solo e diferentes doses de formononetina (Myconate®) nas sementes

Soja		Myc (g kg ⁻¹ sem)		
P (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	0	0,5	0,9	1,8
<i>2010/2011</i>				
0	100 ¹	98	88	90
27	100	107(305)	98	119(796)
40	100	98	94	102(79)
80	100	87	81	87
<i>2011/2012</i>				
0	100	110(307)	106(187)	103(92)
27	100	106(180)	110(337)	105(170)
40	100	99	93	92
80	100	95	92	95
Milho		Myc (g kg ⁻¹ sem)		
P (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)	0	1,4	2,8	5,6
<i>2010/2011</i>				
0	100	99	112(1123)	114(1230)
33	100	98	97	103(344)
50	100	86	95	94
100	100	98	110(976)	103(307)
<i>2011/2012</i>				
0	100	110(677)	111(738)	107(510)
33	100	89	96	102(150)
50	100	104(273)	110(681)	103(175)
100	100	114(837)	110(627)	108(519)

1. Considerou-se 0 de formononetina como 100%. 2. Valores entre parênteses refere-se ao incremento de grãos referente a aplicação de determinada dose de formononetina.

Por meio destes resultados, observa-se que o produto a base de estimulante formononetina (Myconate®) apresenta resultados importantes com relação as culturas estudadas, principalmente pelo fato dessas culturas serem amplamente cultivadas em diversas regiões. Os resultados deste estudo e de outros realizados na região com este estimulante, indica que as condições climáticas e de fertilidade do solo não impõe estresse a essas culturas e, por esse motivo não se encontra resultados mais promissores. No entanto, os resultados mostram que somente pelo fato da não adubação de manutenção para as culturas com P no segundo ano de

estudo para as culturas de soja e milho foi possível obter maior rendimento de produção de grãos com aplicação do produto estimulante a base de formononetina.

6. CONCLUSÕES

A) A colonização micorrízica natural das culturas de soja e milho encontrava-se elevada na fase inicial de cultivo e, portanto, não foi influenciada pela aplicação do produto estimulante de micorrização.

B) As condições de cultivo do estudo não impuseram deficiência nutricional ou ambiental às culturas, visto que estas se apresentavam bem nutridas nas duas safras estudadas.

7. BIBLIOGRAFIA

- AL-KARAKI, G. N. & CLARK, R. B. Mycorrhizal influence on protein and lipid of durum wheat grown at different soil phosphorus levels. **Mycorrhiza**, Berlin, v.9, n.2, p. 97-101, 1999.
- 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, p.127-134, 1994.
- BÉCARD, G., TAYLOR, L. P., DOUDS, Jr. D. D., PFEFFER, P. E., DONER, L. W. Flavonoids are not necessary plant signals in arbuscular mycorrhizal symbiosis. **MO/Plant-Microbe Interact**, 8: 252-258. 1995.
- BÉCARD, G.; PICHÉ, V. New aspects on the acquisition of biotrophic status by a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus, *Gigaspora margarita*. **New Phytologist**, 112:77-83. 1989.
- BEVER, J. D. Host-specificity of AM fungal population growth rates can generate feedback on plant growth. **Plant and Soil**, v.244, p.281-290, 2002.
- BEYRLE, H. The role of phytohormones in the function and biology of mycorrhizas. In **Mycorrhiza Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology**. Edited by Varma A, Hock B: Springer-Verlag; 365-391. 1995.
- BRASIL, 2007. Os municípios brasileiros maiores produtores de grãos, <http://www.iea.sp.gov.br>. Acesso dia 11/01/2012.
- BRESSAN, W. & VASCONCELLOS, C. A. Alterações morfológicas no sistema radicular do milho induzidas por fungos micorrízicos e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 509-517, 2002.
- BONFANTE, P.; GENRE, A.; FACCIO, A.; MARTINI, I.; SCHAUSER, L.; STOUGAARD, J.; WEBB, J. & PARNISKE, M. The *Lotus japonicus* *ljsym4* gene is required for the successful symbiotic infection of root peridermal cells. **Molec. Plant-Microbe Interact**, 10:1109-1120, 2000.
- CROTEAU, R., KUTCHAN, T. M., LEWIS, N.G. Natural Products (Secondary Metabolites). In: Buchanan, B., Grissem, W., Jones, R., (eds.). **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. IK International, New Delhi, p.1302. 2000.
- COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E. L.; ANDRADE, D. S. Microrganismos e processos biológicos na 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, p. 487-508. 1999.

CORDEIRO, M. A. S. **Avaliação da eficácia do Mycoform® (isoflavonóide formononetina) via peliculização de semente 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.

CRUZ, C.; CORREIA, P.; A. C.; CARVALHO, L.; BAGO, A.; Klironomos, J. & Martins-Loução, M. A.. Arbuscular mycorrhiza in plant physiological and morphological adaptations. In: AJIT, V. ed. **Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics.** Heidelberg, Springer-Verlag, p. 733-754. 2008.

DAVIES JUNIOR, F. T.; CALDERÓN, C. M.; HUAMAN, Z. Influence of arbuscular mycorrhizae indigenous to Peru and a flavonoid on growth, yield and leaf elemental concentration of Yungay' potatoes (*Solanum tuberosum* L.). **Scientia Horticulture**, v.40, p.381-385, 2005.

DAVIES JUNIOR, 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 Horticulture**, v.106, p.318-329, 2005.

DEMCHENKO, K.; WINZER, T.; STOUGAARD, J.; PARNISKE, M. & PAWLOWSKI, K. Distinct roles of *Lotus japonicus* SYMRK and SYM15 in root colonization and arbuscule formation. **New Phytol.**, 163:381-392, 2004.

ELIAS, K. S.; SAFIR, G. R. Hyphal elongation of *Glomus fasciculatum* in response to root exudates. **Applied and Environmental Microbiology**, 53(8):1928-33. 1987.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solos.** 2ª ed, Rio de Janeiro, 212p. 1997.

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

FITTER, A. H. Darkness visible: reflections on underground ecology. **Journal of Ecology**, v.93, p. 231-243. 2005.

GADKAR, V.; DAVID-SCHWARTZ, R.; KUNIK, T. & KAPULNIK, J. Arbuscular mycorrhizal fungal colonization. Factors involved in host recognition. **Plant Physiol.**, 127:1493-1499, 2001.

GENRE, A. & BONFANTE, P. Epidermal cells of a symbiosisdefective mutant of *Lotus japonicus* show altered cytoskeleton organization in the presence of a mycorrhizal fungus. **Protoplasma**, 219:43-50, 2002.

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.

GIOVANNETTI, M.; CITERNESI, A. S. Time-course of appressorium formation on host plants by arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycological Research*, v.97, p.1140-1142, 1993.

GIOVANNETTI, M., AVIO, L., SBRANA, C., CITERNESI, A. S. Factors affecting appressorium development in the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerd. EL Trappe. *New Phytol*, 123:115-122. 1993.

GOBBO - NETO, L., LOPES, N. P. Plantas medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. *Química Nova*, 30: 374 – 381. 2007.

GRAHAM, T. L. Flavonoid and isoflavonoid distribution in developing soybean seedling tissues and in seed and root exsudates. *Plant Physiology*, 95(2):594-603. 1991.

GUILLEMIN, J. P.; OROZCO, M. O.; GIANINAZZIPEARSON, V.; GIANINAZZI, S. Influence of phosphate fertilization on fungal alkaline phosphatase and succinate dehydrogenase activities in arbuscular mycorrhiza of soybean and pineapple. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 53, n. 1, p. 63-70, 1995.

GUINEL, F. C., GEIL R. D. A model for the development of the rhizobial and arbuscular mycorrhizal symbioses in legumes and its use to understand the roles of ethylene in the establishment of these two symbioses. *Can J Bot* 80:695–720, 2002.

HARRISON, M. J. Development of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Current Opinion Plant Biology* v.1. 360-365. 1998.

HARRISON, M. J., DIXON, R. A. Isoflavonoid accumulation and expression of defense gene transcripts during the establishment of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations in roots of *Medicago truncatula*. *Mol Plant-Microbe Interact*, 6: 643-654. 1993.

HODGE, A.; ROBINSON, D.; FITTER, A. H. An arbuscular mycorrhizal inoculation enhances root proliferation in, but not nitrogen capture from, nutrient rich patches in soil. *New Phytologist*, Oxford, v. 154, n. 3, p. 575-584, 2000.

HUNGRIA, M. Sinais moleculares envolvidos na nodulação das leguminosas por rizóbio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, n.3, p.339-364, 1994.

KARAGIANNIDIS, N. & NIKOLAOU, N. Arbuscular root infection as an important factor of grapevine nutrition status: multivariate analysis application for evaluation and characterization of the soil and leaf. **Agrochimica**, Pisa, v. 43, n. 3/4, p. 151-165, 1999.

KISTNER, C.; WINZER, T.; PITZSCHKE, A.; MULDER, L.; SATO, S.; KANEKO, T.; TABATA, S.; SANDAL, N.; STOUGAARD, J.; WEBB, J.K.; SZCZYGLOWSKI, K. & PARNISKE, M. Seven Lotus japonicus genes required for transcriptional reprogramming of the root during fungal and bacterial symbiosis. **Plant Cell**, 17:2217-2229, 2005.

KOSKE, R. E. & GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, vol. 92, p 486-505. 1989.

LAMBAIS, M. R.; MEHDY, M. C. Differential expression of defense-related genes in arbuscular mycorrhiza. **Canadian Journal of Botany**, v.73, p.s533-s540, 1995.

LAMBAIS, M. R.; Unraveling the signaling and signal transduction mechanisms controlling arbuscular mycorrhiza development. **Sci. Agric.** v. 63, n. 4, p. 405-413, 2006.

LYNN, D. G. & CHANG, M. Phenolic signals in cohabitation: implications for plant development. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 41: 497-526. 1990.

MAIER, W., HAMMER, K., DAMMANN, U., SCHULZ, B., STRACK, D. Accumulation of sesquiterpenoid cyclohexenone derivatives induced by an arbuscular mycorrhizal fungus in members of the Poaceae. **Planta**, 202: 36-42. 1997.

MALAVOLTA, E., VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 319 p. 1997.

MINHONI, M. T. A.; AULER, P. A. M. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.841–847, 2003.

MIRANDA, J. C. C. & MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M.A. & HUNGRIA, M., eds. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina, Embrapa-CPAC, p.69-123. 1997.

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: Editora UFLA, 625 p. 2002.

MOREIRA, F. M. de S. & SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. atualizada e ampliada. Lavras: UFLA, 729p. 2006.

MORRIS, P. F.; WARD, E. W. B. Chemoattraction of zoospores of soybean pathogen *Phytophthora sojae* by isoflavones. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, 40: 17-22. 1992.

NAGAHASHI G., DOUDS D. D. Jr. Appressorium formation by AM fungi on isolated cell walls of carrot roots. **New Phytol**, 136:299-304. 31. 1997.

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, 818 p. 1999.

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, C. B. & SIQUEIRA, J. O. Aplicação de formononetina na colonização e esporulação de fungos micorrízicos em braquiária. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.44, n.5, p. 496-502. 2009.

PAULA, M. A.; SIQUEIRA, J. O. Stimulation of hyphal growth of the VA mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita* by suspension cultured *Pueraria phaseoloides* cells and cell products. **New Phytologist**, 115: 69-73. 1990.

PEIPP, H., MAIER, W., SCHMIDT, J., WRAY, V., STRACK, D. Arbuscular mycorrhizal fungus-induced changes in the accumulation of secondary compounds in barley roots. **Phytochemistry**, 44: 561-587. 1997.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO GOIANO, [http: // www.agronegocio.go.gov.br](http://www.agronegocio.go.gov.br). Acesso dia: 11/01/2012.

POULIN, M. J., SIMARD, J., CATFORD, J. G., LABRIE, F., PICHÉ, Y. Response of symbiotic endomycorrhizal fungi to estrogens and antiestrogens. **Mol Plant-Microbe Interact** 10: 481 -407. 1997.

RAO, A. S. Root flavonoids. **The Botanical Review**, 56 (1):1-84. 1990.

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.

SAEG. **SAEG**: sistema para análises estatísticas, versão 9.1. Viçosa: UFV, 2007.

SCHÜBLER, A.; SCHWARZOTT, D. & WALKER, C. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. **Mycological Research** **102**(12): 1413-1421. 2001.

SILVA-JUNIOR, J. P. da; 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, p.33-39, 1997.

SILVA-JUNIOR, J. P. da; SIQUEIRA, J. O. Colonização micorrízica e crescimento da soja com diferentes fungos e aplicação do isoflavonóide formononetina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.953-959, 1998.

SILVA, A. P.; LOUREIRO, M. F.; COLOZZI-FILHO, A.; MACHINESKI, O.; MATSUOKA, M. Micorrização da soja cultivada sob plantio direto e convencional, em áreas de produção no Estado de Mato Grosso. In: **XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Ribeirão Preto, 2003. CD ROM. Ribeirão Preto: UNESP, 2003.

SMITH S. E., READ D. J. (ed) **Mycorrhizal symbiosis**. Academic Press, London, 1997.

SIQUEIRA, J. O. **Nutritional and edaphic factors affecting spore germination, germ tube growth and root colonization by the vesicular arbuscular mycorrhizal fungi**. Tese de PhD. Gainesville, University of Florida, 1983.

SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares: In: Araújo, R. S.; Hungria, M. (Eds.). **Microrganismos de importância agrícola**. Brasília: Embrapa-SPI, p.151-194, 1994.

SIQUEIRA, J. O., SAFIR, G. R., NAIR, M. G. Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems. **New Phytol.** V. 10, p. 63-121. 1991.

SIQUEIRA, J. O.; BROWN, D. G.; SAFIR, G. R.; NAIR, M. G. Field application of the VA-mycorrhiza stimulating isoflavonoid formononetin (RhizotropinTM) 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, 132p. 1992.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STÜRMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. p.326, 2002.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 416 p. 2004.

VAN RHIJN, P., FANG, Y., GALILI, S., SHAUL, O., ATZMON N, WININGER, S., ESHED, Y., LUM, M., LI, Y., TO, V., FUJISHIGE, N., KAPULNIK, Y., HIRSCH, A. M. Expression of early nodulin genes in alfalfa mycorrhizae indicates that signal

transduction pathways used in forming arbuscular mycorrhizae and Rhizobium-induced nodules may be conserved. ***Proc Nat Acad Sci USA***, 94:5467-5472. 1997.

WEGEL, E.; SCHAUSEN, L.; SANDAL, N.; STOUGAARD, J. & PARNISKE, M. Mycorrhiza mutants of *Lotus japonicus* define genetically independent steps during symbiotic infection. ***Molec. Plant-Microbe Interact.*** 11:933-966. 1998.

ANEXOS

Anexo I. Resumos das anavas dos dados (Soja 2010/2011).

Variáveis	P	Myc	P*Myc	CV%
<i>Soja, 2010/2011</i>				
EI	ns	ns	ns	15
Nnod1	ns	ns	ns	26
Nnod2	ns	ns	ns	33
Nnod3	ns	ns	ns	31
Nnod4	ns	ns	ns	35
PSnod	**	ns	ns	29
MS1	ns	ns	ns	21
MS2	ns	ns	ns	26
MS3	ns	ns	ns	26
MS4	ns	**	ns	24
CM1	*	ns	*	9
CM2	ns	ns	ns	11
CM3	ns	ns	ns	10
P, teor foliar	ns	ns	ns	15
K, teor foliar	ns	ns	ns	15
Ca, teor foliar	ns	ns	ns	13
Mg, teor foliar	ns	ns	ns	12
S, teor foliar	ns	ns	ns	10
Cu, teor foliar	ns	ns	ns	30
Fe, teor foliar	ns	ns	ns	70
Mn, teor foliar	ns	ns	ns	26
Zn, teor foliar	ns	**	ns	20
PGHA	**	ns	ns	21
NVag	**	ns	ns	9
100Gr	ns	ns	ns	5

ns; *,**: não significativo e significativo a 10 e 5%, respectivamente pelo teste F. EI: Estande inicial; Nnod1, Nnod2, Nnod3 e Nnod4: número de nódulos da primeira coleta (15 dias), da segunda coleta (30 dias), da terceira coleta (45 dias) e da quarta coleta (60 dias); PSnod: peso seco dos nódulos (coleta aos 60 dias); MS1, MS2, MS3 e MS4: matéria seca da parte aérea da primeira coleta (15 dias), da segunda coleta (30 dias), da terceira coleta (45 dias) e da quarta coleta (60 dias). CM1, CM2 e CM3: colonização micorrízica da primeira coleta (15 dias), da segunda coleta (30 dias) e da terceira coleta (45 dias); PGHA: peso de grãos ha⁻¹; NVag: número de vagens planta⁻¹; 100Gr: peso de 100 grãos.

Anexo II. Resumos das anavas dos dados (Soja 2011/2012).

Variáveis	P	Myc	P*Myc	CV%
<i>Soja, 2011/2012</i>				
EI	ns	ns	ns	9
MS	ns	ns	ns	34
Nnod	ns	ns	ns	45
PSnod	ns	ns	ns	46
CM	ns	ns	ns	26
P, teor foliar	**	ns	ns	12
K, teor foliar	ns	ns	ns	15
Ca, teor foliar	ns	ns	ns	13
Mg, teor foliar	ns	ns	ns	12
S, teor foliar	ns	ns	ns	9
Cu, teor foliar	ns	ns	ns	69
Fe, teor foliar	ns	ns	ns	48
Mn, teor foliar	ns	ns	ns	25
Zn, teor foliar	ns	ns	ns	17
PGHA	**	ns	ns	12
NVag	**	ns	ns	12
100Gr	ns	ns	ns	7

ns; *,**: não significativo e significativo a 10 e 5%, respectivamente pelo teste F. EI: Estande inicial; MS: matéria seca da parte aérea; Nnod: número de nódulos; PSnod: peso seco de nódulos; CM: colonização micorrízica; PGHA: peso de grãos ha⁻¹; NVag: número de vagens planta⁻¹; 100Gr: peso de 100 grãos.

Anexo III. Resumos das anavas dos dados (Milho 2010/2011).

Variáveis	P	Myc	P*Myc	CV%
<i>Milho, 2010/2011</i>				
EI	ns	ns	ns	7
MS1	ns	ns	ns	51
MS2	ns	ns	ns	33
MS3	**	ns	ns	14
CM1	**	ns	ns	16
CM2	ns	ns	ns	14
CM3	ns	ns	ns	14
P, teor foliar	ns	ns	ns	10
K, teor foliar	ns	ns	ns	8
Ca, teor foliar	ns	ns	ns	9
Mg, teor foliar	ns	ns	ns	16
S, teor foliar	ns	ns	ns	9
Cu, teor foliar	ns	ns	ns	37
Fe, teor foliar	ns	ns	ns	54
Mn, teor foliar	ns	ns	ns	10
Zn, teor foliar	ns	ns	ns	15
ESP	ns	ns	ns	10
PGHA	ns	*	ns	10
100Gr	ns	ns	ns	10

ns; *,**: não significativo e significativo a 10 e 5%, respectivamente pelo teste F. EI: Estande inicial; MS1, MS2 e MS3: matéria seca da parte aérea da primeira coleta (15 dias), da segunda coleta (30

dias) e da terceira coleta (45 dias).; CM1, CM2 e CM3: colonização micorrízica da primeira coleta (15 dias), da segunda coleta (30 dias) e da terceira coleta (45 dias); PGHA: peso de grãos ha^{-1} ; 100Gr: peso de 100 grãos.

Anexo IV. Resumos das anavas dos dados (Milho 2011/2012).

Variáveis	P	Myc	P*Myc	CV%
<i>Milho, 2011/2012</i>				
El	ns	ns	ns	9
MS	**	ns	ns	26
CM	ns	ns	ns	19
P, teor foliar	ns	ns	**	8
K, teor foliar	ns	ns	ns	8
Ca, teor foliar	ns	ns	ns	10
Mg, teor foliar	ns	**	**	18
S, teor foliar	ns	ns	ns	14
Cu, teor foliar	ns	ns	ns	7
Fe, teor foliar	**	ns	ns	23
Mn, teor foliar	ns	ns	ns	11
Zn, teor foliar	ns	ns	ns	12
ESP	ns	ns	ns	16
PGHA	ns	ns	ns	14
100Gr	ns	ns	ns	5

ns; *; **: não significativo e significativo a 10, 5%, respectivamente pelo teste F. El: Estande inicial; MS: matéria seca da parte aérea; CM: colonização micorrízica PGHA: peso de grãos ha^{-1} ; 100Gr: peso de 100 grãos.

Anexo V. Produção de grãos da soja e milho nas safras de 2010/2011 e 2011/2012 em função da aplicação de formononetina (Myconate[®]) e P (P_2O_5).

P_2O_5 kg ha^{-1}	Myconate [®] , g kg semente ⁻¹				Média
	0	0,5	0,9	1,8	
<i>Soja, kg ha^{-1}</i>					
<i>Safra 2010/2011</i>					
0	*4540	4458	3993	4066	4264
27	4184	4489	4097	4980	4437
40	4691	4580	4404	4770	4611
80	5438	4740	4425	4729	4833
Média	4713	4567	4227	4636	
<i>Safra 2011/2012</i>					
0	3094	3401	3281	3186	3241
27	3235	3415	3572	3405	3407
40	3412	3363	3185	3150	3278
80	3367	3200	3085	3207	3214
Média	3277	3345	3281	3237	
P_2O_5	Myconate [®] , g kg semente ⁻¹				Média

kg ha ⁻¹	0	1,4	2,8	5,6	
<i>Milho, kg ha⁻¹</i>					
<i>Safra 2010/2011</i>					
0	9061	9020	10184	10291	9639
33	9917	9759	9580	10261	9879
50	10641	9194	10120	10017	9993
100	10027	9840	11003	10334	10301
Média	9911	9454	10222	10226	
<i>Safra 2011/2012</i>					
0	6837	7514	7575	7347	7318
33	7422	6593	7128	7572	7179
50	6948	7221	7629	7123	7231
100	6533	7370	7160	7052	7029
Média	6935	6968	6741	6533	

*valores constituem de uma média do peso de grãos ha⁻¹ dos 16 tratamentos estudados.