

ROSELI DOS REIS GOULART

**BIOFUMIGAÇÃO COM *Brassica rapa* PARA O CONTROLE DE
Meloidogyne exigua em DIFERENTES TEXTURAS E UMIDADES DO
SOLO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Fitopatologia, para
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

Ao meu pai João Justino Goulart, minha querida mãe Margarida Emília Goulart e as minhas irmãs Claudisse, Magnólia, Glória e Rosane, que muito contribuíram para conquista deste título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida e por sempre estar ao meu lado nos momentos difíceis.

A toda minha família, em especial a minha mãe, que apesar de não estar mais presente para prestigiar mais esta conquista, é a principal responsável por tudo que sou na vida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitopatologia, pela oportunidade de realização do Programa de Pós-Graduação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG)

À professora Rosângela D'Arc de Lima Oliveira, pela orientação.

Aos professores Júlio César Lima Neves e Hugo Alberto Ruiz, pelas sugestões e informações necessárias ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos funcionários Delfim, Célio e Braz pela colaboração na realização de meus trabalhos.

Às amigas, Maria e Jéssica pelo apoio e compreensão nos momentos difíceis encontrados durante todo esse percurso.

Ao amigo de turma Gustavo pela amizade sincera.

Aos colegas da Nematologia, Rodrigo, Naylor, Dalila, Douglas, Daniela, Elói, especialmente, ao Edson que participou ativamente na realização deste trabalho.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Roseli dos Reis Goulart, filha de João Justino Goulart e Margarida Emília Goulart, nascida em 05 de janeiro de 1979, em Muzambinho, Minas Gerais.

Em março de 2005, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ.

Em fevereiro de 2005, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, em nível de Mestrado, na área de Nematologia, na Universidade Federal de Viçosa.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6
CAPÍTULO 1: CONTROLE DE <i>Meloidogyne exigua</i> PELA BIOFUMIGAÇÃO DO SOLO COM <i>Brassica rapa</i>	11
INTRODUÇÃO.....	12
MATERIAL E MÉTODOS	15
Ensaio 1: Efeito de diferentes concentrações de farinha de sementes de mostarda na eclosão de juvenis de <i>M. exigua</i> <i>in vitro</i>	17
Ensaio 2: Efeito de diferentes concentrações de farinha de sementes de mostarda na biofumigação de solo infestado por <i>M. exigua</i> em casa de vegetação	18
RESULTADOS.....	19
Ensaio 1.....	19
Ensaio 2.....	20
DISCUSSÃO	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
CAPÍTULO 2: INFLUÊNCIA DA TEXTURA E UMIDADE DO SOLO NO PROCESSO DE BIOFUMIGAÇÃO COM MOSTARDA	31
INTRODUÇÃO	32
MATERIAL E MÉTODOS	34

Ensaio 1: Efeito da farinha de sementes de mostarda na mortalidade de juvenis de segundo estágio (J2) de <i>M. exigua</i> , <i>in vitro</i> , em solos de diferentes classes texturais sob diferentes umidades	36
Ensaio 2: Efeito da farinha de sementes de mostarda associada a três texturas de solo e a um potencial de água na biofumigação de solo infestado por <i>M. exigua</i> em casa de vegetação	37
Ensaio 3: Efeito da biofumigação com a farinha de sementes de mostarda em substratos para produção de mudas de café infestados com <i>M. exigua</i> em casa de vegetação	38
RESULTADOS	39
Ensaio 1	39
Ensaio 2	40
Ensaio 3	42
DISCUSSÃO.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
CONCLUSÃO GERAL	52

RESUMO

GOULART, Roseli dos Reis, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2007. **Biofumigação com *Brassica rapa* para o controle de *Meloidogyne exigua* em diferentes texturas e umidades do solo.** Orientadora: Rosângela D'Arc de Lima Oliveira. Co-orientadores: Onkar Dev Dhingra e Hugo Alberto Ruiz.

Os nematóides formadores de galhas radiculares, pertencentes ao gênero *Meloidogyne* Goeldi, 1887, constituem um dos grupos de fitonematóides mais importantes para as culturas agrícolas. *Meloidogyne exigua* é uma das principais espécies que parasitam o cafeeiro, sendo mais prejudicial para a cultura no estágio de muda, pois reduz o desenvolvimento das mesmas e impede a comercialização de mudas contaminadas. O brometo de metila ainda é o principal produto utilizado para a desinfestação de substratos, mas não por longo período, uma vez que o mesmo está sendo gradativamente retirado do mercado. Dentre as alternativas de substituição deste fumigante, a mostarda, planta da família *Brassicaceae*, têm-se destacado por produzir glucosinolatos, que ao sofrerem reação de hidrólise enzimática liberam gases tóxicos como os isotiocianatos. Dessa forma, acredita-se que a incorporação da farinha desengordurada de sementes de *Brassica rapa* pode promover um controle eficiente de *M. exigua* na produção de mudas de cafeeiro. Com esse propósito, foram testadas diferentes concentrações dessa farinha no controle de *M. exigua* e a partir de doses que propiciaram melhor eficiência estudou-se a influência da umidade (-10 kPa à -500 kPa) e da textura do solo (Muito argiloso à franco-argilo-arenoso). Comprovou-se que a farinha desengordurada teve efeito nematostático na eclosão dos juvenis de *M. exigua*, nas doses menores (0,375 e 0,75 g/dm³) e efeito nematicida nas doses superiores (acima de 1,5 g/dm³). Em casa de vegetação, a farinha na dose 2,0 g/dm³ controlou eficientemente o nematóide com redução média de 94% no número de galhas e 93% no número de ovos. A textura e a umidade do solo não influenciaram a eficiência da farinha na biofumigação, exceto no solo franco-arenoso no potencial de -500 kPa. Conclui-se que a farinha desengordurada constitui uma alternativa viável para o controle de *M. exigua*, pela biofumigação do substrato.

ABSTRACT

GOULART, Roseli dos Reis, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2007. **Biofumigation with *Brassica rapa* to control of *Meloidogyne exigua* in textures and humidities different of the soil.** Adviser: Rosângela D'Arc de Lima Oliveira. Co-Advisers: Onkar Dev Dhingra and Hugo Alberto Ruiz.

The root-knot nematodes belong to the genus *Meloidogyne* Goeldi, 1887, and constitute one of the most important plant nematode groups to agriculture. *Meloidogyne exigua* is one of the main species that parasitize coffee trees, being problematic especially in seedlings, because it reduces their development and delays their commercialization. The methyl bromide still is the main product used for soil and substrate disinfestation, but not for too long time, since it has been gradually removed from the market. Among the alternatives to substitute this fumigant, the mustard, plant from *Brassicaceae* family, has received special attention, because of the production of glicosinolates, which are broken down to toxic gases, such as isotiocyanates, by enzymatic hydrolysis. In this way, it is believed that soil incorporation of degreased flour of *Brassica rapa* seeds can promote efficient control of *M. exigua* in the soil. With this purpose, there were studied different flour doses for the control of *M. exigua* and from the best doses, it was studied the influence of soil humidity (-10 kPa to -500 kPa) and the soil texture in the biofumigation process. It was proved that degreased flour had nematostatic effect in *M. exigua* egg hatching, in the lowest doses (0,375 and 0,75 g/dm³) and nematicide affect in the superior doses (higher than 1,5 g/dm³). In greenhouse, in the dose 2,0 g/dm³ the flour controlled efficiently the nematode, with an average reduction of 94% of galls and 93% of the eggs. Soil texture and humidity did not affect flour efficiency in biofumigation, except in franc-loamy soil at the potential of -500 kPa. Concluding, the degreased flour constitutes a viable alternative to *M. exigua* control using biofumigation.

Introdução Geral

Os nematóides pertencentes ao gênero *Meloidogyne* Goeldi, 1887, são causadores de galhas radiculares e constituem um dos grupos de patógenos de maior importância econômica para a agricultura. Ocorrem em todo o mundo e frequentemente são encontrados em regiões de clima tropical ou subtropical, em locais de inverno curto ou moderado (Agrios, 1997). Possuem ampla gama de hospedeiros, englobando mais de 2000 espécies de plantas, o que inclui quase todas as plantas cultivadas. Em todo o mundo são estimadas perdas médias anuais de 12,3% na produtividade das principais culturas (Sasser & Freckman, 1987). Plantas severamente atacadas por estes nematóides apresentam um volume de raízes reduzido e o sistema vascular completamente desorganizado devido a formação das galhas, comprometendo seriamente a absorção de água e nutrientes pela planta (Netscher & Sikora, 1990). Certas espécies de nematóide promovem não só a formação de galhas como também o desenvolvimento de raízes curtas e ramificadas, resultando em um sistema radicular limitado, e conseqüentemente, com menor área de absorção (Agrios, 1997). O ataque de nematóides fitoparasitas é mais problemático para as plantas no estágio de muda, no qual grande número de plantas morre no canteiro e outras nem resistem ao transplântio (Netscher & Sikora, 1990).

Na década de 70, mais de três milhões de mudas de café destinadas ao transplântio, no estado de São Paulo (Gonçalves *et al.*, 1978) e mais de cinco milhões no estado do Paraná (Jaehn *et al.*, 1977) foram destruídas por estarem infectadas com *Meloidogyne incognita*.

Para a cultura do cafeeiro, uma espécie que merece destaque é *Meloidogyne exigua*, pois está amplamente disseminada nas regiões produtoras de café do Brasil, especialmente no sul de Minas Gerais (Campos *et al.*, 1985) e Zona da Mata Mineira (Oliveira, 2002). No Estado do Rio de Janeiro, um estudo revelou que 70% das lavouras pesquisadas estavam infectadas pelo nematóide (Barbosa *et al.*, 2004). Mudas de café pesadamente infectadas por este nematóide, ao serem transplântadas para o campo, apresentam crescimento reduzido e queda de folhas, algumas nem sobrevivem

à estação seca. Dependendo do tipo de solo, plantas de café adultas infectadas podem sofrer intensa desfolha ou até chegar a morte (Campos *et al.*, 1990).

Barbosa *et al.* (2004) relataram perdas variando entre 13 e 30% na produtividade de cafeeiros infectados, quando se encontravam com menos de cinco anos de idade, mas as perdas atingiam 45% naqueles com mais de cinco anos.

No sistema produtivo, as estratégias de controle deveriam ser preventivas e não curativas, já que após o estabelecimento de altas populações de *Meloidogyne* spp. no campo, é praticamente impossível suprimi-las ou mantê-las em níveis suficientemente baixos para não causar prejuízos (Netscher & Sikora, 1990). O problema é ainda mais grave quando se trata da comercialização de mudas, pois quando o produtor adquire uma muda infectada com fitonematóides, a probabilidade de sucesso no desenvolvimento da doença no campo é grande, uma vez que o nematóide já se encontra associado ao hospedeiro suscetível, e as condições ambientais adequadas ao desenvolvimento da muda, também favorecerão o desenvolvimento do nematóide. A realidade é que após o estabelecimento do nematóide no campo, a sua erradicação fica praticamente impossível. Dessa forma, o produtor deverá adotar estratégias de manejo que visem à redução da população do nematóide no solo a um nível tal que não traga prejuízos econômicos, o que nem sempre é fácil. Assim, a produção de mudas sadias é ferramenta de extrema importância no manejo de fitonematóides.

Uma prática comum e efetiva em operações de produção de mudas é a desinfestação química do solo (Heald, 1987).

O brometo de metila, usado há mais de 40 anos na fumigação do solo em pré-plantio, têm amplo espectro de ação sobre fungos, nematóides, insetos, ácaros, roedores, plantas daninhas e algumas bactérias (Duniway, 2002). Contudo, este tem causado sérios problemas ambientais (Yates *et al.*, 2002). Em base global, cerca de 75% do brometo utilizado na agricultura é destinado ao tratamento de solo (US EPA, 1995), o que demonstra a dependência por este produto na desinfestação de substratos usado para produção de mudas.

O processo de retirada do brometo de metila do mercado foi iniciado pela Agência de Proteção Ambiental (EPA), nos Estados Unidos em 1993,

devido ao produto pertencer à classe das principais substâncias destruidoras do ozônio da estratosfera (Duniway, 2002; Thomas, 1996), além de ser altamente tóxico e reduzir a biodiversidade do solo (López-Pérez *et al.*, 2003). Entretanto, com a crescente necessidade do produto e o reduzido abastecimento, não haverá quantidade suficiente para suprir essa demanda (Duniway, 2002). Atualmente, os produtores já têm encontrado dificuldade na aquisição do brometo de metila no mercado.

Essa realidade tem estimulado o desenvolvimento de estratégias de controle de fitonematóides menos danosas ao homem e ao ambiente, de modo a proporcionar também alternativas viáveis para o manejo destes em áreas de cultivo protegido e para o tratamento de substratos visando a produção de mudas em viveiros comerciais.

Uma alternativa para a substituição dos fumigantes sintéticos é o uso de partes de plantas ou compostos bioativos derivados de plantas. Estes compostos, ou plantas que os contenham, podem ser utilizados como biopesticida ou material orgânico incorporado ao solo (Yu *et al.*, 2005).

A incorporação de material orgânico ao solo, estimula a atividade microbiana, inclusive de microrganismos antagonistas de nematóides (Bridge, 1996). Além disso, o processo de decomposição resulta na liberação de gases, que podem atuar na eliminação ou controle de patógenos do solo, processo esse denominado biofumigação (UNEP, 1998). Diversas são as espécies de plantas que ao serem incorporadas ao solo produzem compostos nematicidas (Ferraz & Freitas, 2004), entretanto, atenção especial tem sido dada às plantas da família *Brassicaceae*, devido às potencialidades de seu uso no controle de nematóides parasitas de plantas (UNEP, 1998).

Dentre as brassicáceas, merece destaque a mostarda que inclui espécies como *Brassica rapa*, *B. nigra* e *B. juncea*, além de espécies no gênero *Sinapsi* (Fahey *et al.* 2001). A mostarda é originária do sul da Europa e constitui uma planta daninha de inverno. Frequentemente é encontrada em cultivos de cereais no Sul do país, também ocorrendo em beira de estradas e terrenos baldios (Lorenzi, 2000). Sua rusticidade pode facilitar o cultivo pelo próprio produtor, levando a uma diminuição no custo com transporte na aquisição do material orgânico.

O uso de plantas da família *Brassicaceae* se deve ao fato delas possuírem um grupo de metabólitos secundários denominados glucosinolatos (Mojtahedi *et al.*, 1993; Potter *et al.*, 1998). Os glucosinolatos pertencem a um grupo de β -D- tioglucosídeos, que contêm enxofre em sua cadeia e distinguem-se um do outro por diferenças que ocorrem em sua cadeia lateral orgânica (grupo R). Com base nestas diferenças, os glucosinolatos são agrupados em alifáticos, aromáticos e forma indol (Zasada & Ferris, 2003). São encontrados em todos os tecidos da planta, armazenados nos vacúolos das células (Brown & Morra, 2005). Quando o tecido é rompido, glucosinolatos relativamente não reativos entram em contato com a enzima mirosinase (tioglucosídeo glucohidrolase, EC 3.2.3.1), a qual é armazenada separadamente nas células, resultando no processo de hidrólise e formação de nitrilas, epitionitrilas, tiocianatos e/ou isotiocianatos (Zasada & Ferris, 2003).

Em geral, os isotiocianatos (ITCs) são considerados os produtos mais tóxicos da hidrólise enzimática dos glucosinolatos (Morra & Kirkegaard, 2002). São relativamente tóxicos aos nematóides, podendo ser utilizados como nematicidas. Eles interagem de forma não específica e irreversível com proteínas e aminoácidos para formar produtos estáveis (Brown & Morra, 1997). O efeito pesticida dos glucosinolatos tem sido questionado por vários pesquisadores, devido ao fato de ser atribuído mais aos produtos da decomposição enzimática do que dos glucosinolatos propriamente ditos (Borek *et al.*, 1994; Lazzeri *et al.*, 1993). Buskov *et al.* (2002) relataram que o glucosinolato intacto não teve efeito na mortalidade de juvenis de segundo estágio de *Globodera rostochiensis*, entretanto, tal efeito foi alcançado quando a enzima mirosinase foi adicionada, liberando os produtos da hidrólise enzimática dos glucosinolatos. O mesmo comportamento foi observado em *Caenorhabditis elegans* (Donkin *et al.*, 1995) e *H.schachtii* (Lazzeri *et al.*, 1993).

A forma com que o material é incorporado ao solo vai influenciar a velocidade com que os produtos da hidrólise dos glucosinolatos são disponibilizados. Tecido na sua forma integral pode liberar mais lentamente os produtos que aqueles que já sofreram uma ruptura física antes. O uso de material na forma de farinha têm essa liberação facilitada, já que o

esmagamento das sementes promove uma extensiva ruptura celular, maximizando a liberação dos ITCs para o solo (Brown & Morra, 2005).

Lima (2006) empregou 1,6% de folha desidratada de *B. rapa* na biofumigação de solo infestado com *M. incognita*, e obteve redução de 92,7% no número de galhas, 97,7% no número de massas de ovos e 94,2% no número de ovos em relação a tomateiros mantidos em solos não tratados. Com a farinha desengordurada das sementes a dosagem de 0,1% (p/v) foi suficiente para a supressão de 100% do nematóide. Foi verificada também mortalidade superior a 95% nos juvenis de *Heterodera glycines*, *M. incognita*, *M. mayaguensis*, *M. javanica* e *M. exigua* utilizando folha desidratada ou farinha de sementes ou farinha desengordurada de sementes de mostarda.

Os produtos da hidrólise dos glucosinolatos têm efeito comprovado não somente em nematóides como também em plantas daninhas (Haramoto & Gallandt, 2004), *Pseudomonas marginalis* (Charron *et al.*, 2002), *Fusarium oxysporum* (Smolinska *et al.*, 2003), *Aphanomyces euteiches* (Smolinka, 1997), *Rhizoctonia solani* (Chung *et al.*, 2002), entre outros.

Vários são os trabalhos relatando o efeito da biofumigação no controle de organismos fitopatogênicos. Contudo, fatores relevantes relacionados a este processo devem ser levados em consideração. Brown & Morra (2005) relataram que o tempo de vida dos produtos da hidrólise dos glucosinolatos no solo, a volatilização, o teor de matéria orgânica no solo, a temperatura, o teor de umidade, o pH, a textura e a atividade microbiana exercem influência no processo da biofumigação. A farinha desengordurada obtida a partir de sementes de *B. rapa*, em virtude de seu efeito nematicida recém comprovado por Lima (2006), merece maiores investigações quanto ao efeito de fatores bióticos e abióticos na sua decomposição.

Assim, neste estudo foi dada ênfase à determinação da concentração ideal da farinha desengordurada de sementes de mostarda (*B. rapa*), para a biofumigação do solo, visando ao controle de *M. exigua*, e ao estudo da influência da textura e umidade do solo no processo de biofumigação. Acredita-se que a incorporação desse material irá promover um eficiente controle de fitonematóides em substratos para produção de mudas, criando dessa forma uma alternativa viável para a substituição do brometo de metila e com menor ação danosa ao ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, N. G. 1997. Plant Diseases Caused by Nematodes *In: Plant Pathology*. Fourth Edition. Academic Press, Inc: San Diego. 565-597.

BARBOSA, D. H. S. G., VIEIRA, H. D., SOUZA, R. M., SILVA, C. P. 2004. Survey of Root-Knot Nematode (*Meloidogyne* Spp.) in Coffee Plantations in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Nematologia Brasileira*, 28(1): 43-47.

BARBOSA, D. H. S. G., VIEIRA, H. D., SOUZA, R. M., VIANA, A. P., SILVA, C. P. 2004. Field estimates of coffee yield losses and damage threshold by *Meloidogyne exigua*. *Nematologia Brasileira*, 28(1): 49-54.

BOREK, V., MORRA, M. J., BROWN, P. D., MCCAFFREY, J. P. 1994. Allelochemicals Produced During Sinigrin Decomposition in Soil. *J. Agric. Food Chem.*, 42: 1030-1034.

BRIDGE, J. 1996. Nematode Management in Sustainable and Subsistence Agriculture. *Annu. Rev. Phytopathol*, 34: 201-225.

BROWN, J., MORRA, M. J. 2005. Glucosinolate-Containing Seed Meal as a Soil Amendment to Control Plant Pests. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy05osti/35254.pdf#search=%22Glucosinolate-Containing%20Seed%20Meal%20as%20a%20Soil%20Amendment%20to%22>> Acesso em 01 agos. 2006.

BROWN, P. D., MORRA, M. J., 1997. Control of soil-borne plant pest using glucosinolate-containing plants. *Advances in Agronomy*, 61: 167-231.

BUSKOV, S., SERRA, B., ROSA, E., SORENSEN, H., SORENSEN, J. C. 2002. Effects of Intact Glucosinolates and Products Produced from Glucosinolates in Myrosinase – Catalyzed Hidrolysis on the Potato Cyst Nematode (*Globodera rostochiensis* Cv. Woll). *J. Agric. Food Chem.*, 50: 690-695.

CAMPOS, P. V., SIVAPALAN, P., GNANAPRAGASAM, N. C. 1990. Nematode Parasites of Coffee, Cocoa and Tea. *In: Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. C.A.B International, pp 387-430.

CAMPOS, V. P., LIMA, R. D., ALMEIDA, V. F. 1985. Nematóides parasitos do cafeeiro. *Informe Agropecuário*, 11: 50-58.

CHARRON, C. S., SAMS, C. E., CANADAY, C. H. 2002. Impact of Glucosinolate Content in Broccoli (*Brassica oleracea* (Italica Group) on Growth of *Pseudomonas marginalis*, a Causal Agent of Bacterial Soft Rot. *Plant Disease*, 86(6): 629-632.

CHUNG, W.C., HUANG, J.W., HUANG, H.C., JEN, J. F. 2002. Effect of ground *Brassica* seed meal on control of *Rhizoctonia* damping-off of cabbage. *Can. J. Plant Pathol*, 24: 211-218.

DONKIN, S. G., EITEMAN, M. A., WILLIAMS, P. L. 1995. Toxicity of Glucosinolates and Their Enzymatic Decomposition Products to *Caenorhabditis elegans*. *Journal of Nematology*, 27(3): 258-262.

DUNIWAY, J. M. 2002. Status of Chemical Alternatives to Methyl Bromide for Pre-Plant Fumigation of Soil. *In: Symposium: Methyl Bromide Alternatives – Meeting the Deadlines*. *Phytopathology*, 92(12):1337-1343.

FAHEY, J. W., ZALCMANN, A. T., TALALAY, P. 2001. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56: 5-51.

FERRAZ, S., FREITAS, L. G. 2004. Use of Plants and Natural Products. *In: Chen, Z. X., Chen, S. Y., and Dickson, D. W. (Ed.). Nematology: Advances and Perspectives. Nematode Management and Utilization*. vol. 2, pp 931-977.

GONÇALVES, W., THOMAZIELLO, R. A., MORAES, M. V., FERNANDO, J. A. R., COSTA, A. M., CORRI, T., JUNQUEIRA, C. A., LACERDA, L. A. O. 1978.

Estimativas de danos ocasionados pelos nematóides do cafeeiro. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 6. Ribeirão Preto. Resumos, Rio de Janeiro, IBC/GERCA, s.d p.182-186.

HARAMOTO, E. R., GALLANDT, E. R. 2004. Brassica cover cropping for weed management: A review. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 19(4): 187-198.

HEALD, C. M. 1987. Classical Nematode Management Practices. In: Veech, J. A., Dickson, D. W. *Vistas on Nematology: A Commemoration of the Twenty-fifth Anniversary of the Society of Nematologists*, pp 100-104.

JAEHN, A., REBEL, E. K. & MATIELLO, J. B. 1977. Estudo do efeito curativo de nematicidas em mudas de café infestado com *Meloidogyne incognita*. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 5., Guarapari. Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, s.d. p. 32-33.

LAZZERI, L., TACCONI, R., PALMIERI, S. 1993. In Vitro Activity of Some Glucosinolates and their Reaction Products toward a Population of the Nematode *Heterodera schachtii*. *J. Agric. Food Chem.*, 41: 825-829.

LÓPEZ-PÉREZ, J. A., ARIAS, M., SANZ, R., ESCUER, M. 2003. Evaluación de Alternativas al bromuro de metilo para el Control de *Meloidogyne incognita* en cultivos de pepino. *Nematropica*, 3(2): 189-196.

LIMA, A. O. 2006. Uso da Mostarda (*Brassica rapa*) como biofumigante de solo no controle de *Meloidogyne incognita*. Dissertação de Mestrado em Fitopatologia. UFV/Viçosa. 55 p.

LORENZI, H. 2000. Plantas Daninhas do Brasil. Terrestres, aquáticas parasíticas e tóxicas. 3º Ed. p. 225.

MOJTAHEDI, H., SANTO, G. S., WILSON, J. H., HANG, A. N. 1993. Managing *Meloidogyne chitwoodi* on potato with rapeseed as green manure. *Plant Dis.*,77: 42-46.

MORRA, M. J., KIRKEGAARD, J. A. 2002. Isothiocyanate release from soil – incorporated *Brassica* tissues. *Soil Biology & Biochemistry*,34:1683-1690.

NETSCHER, C., SIKORA, A. R. 1990. Nematode Parasites of Vegetables. *In:* Luc, M.; Sikora, R. A.; Bridge, J. *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. C.A.B International, pp 237-283.

OLIVEIRA, D. S. 2002. Caracterização de populações de *M. exigua* associadas a cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado em Fitopatologia. UFV/Viçosa, 48 p.

POTTER, M. J., DAVIES, K., RATHJEN, A. J. 1998. Suppressive impact of glucosinolates in *Brassica* vegetable tissue on root lesion nematode *Pratylenchus neglectus*. *J. Chem. Eco.*, 24: 67-80.

SASSER, J. N., FRECKMAN, D. W. 1987. A world perspective Nematology: the role of the society. *In:* Veech, J. A., Dickson, D.W., ed. *Vistas on Nematology. A Commemoration of the Twenty-fifth Anniversary of the Society of Nematologists*, 7-14.

SMOLINSKA, U., MORRA, M. J. KNUDSEN, G. R., JAMES, R. L. 2003. Isothiocyanates Produced by Brassicaceae Species as Inhibitors of *Fusarium oxysporum*. *Plant Disease*, 87(4): 407-412.

SMOLINSKA, U., KNUDSEN, G. R., MORRA, M. J., BOREK, V. 1997. Inhibition of *Aphanomyces euteiches* f. sp. *pisi* by Volatiles Produced by Hydrolysis of *Brassica napus* Seed Meal. *Plant Disease*, 81(3): 288-292.

THOMAS, W. B. 1996. Methyl Bromide: Effective Pest Management Tool and Environmental Threat. *Supplement to Journal of Nematology*, 28(4S): 586-589.

United Nations Environment Programme. 1998. Methyl bromide technical options committee. Montreal Protocol on Substances that deplete the ozone layer. Assessment of Alternative to Methyl Bromide, 354 p.

U.S. Environmental Protection Agency. 1995. Methyl bromide consumption estimates. Washington, DC.

YATES, S. R., GAN, J., PAPIERNIK, S. K., DUNGAN, R., WANG, D. 2002. Reducing Fumigant Emissions After Soil Application. *In*: Symposium: Methyl Bromide Alternatives – Meeting the Deadlines. *Phytopathology*, 92(12): 1344-1348.

YU, Q., Tyan, R., CHIBA, M., POTTER, J. 2005. Selective nematicidal activity of allyl isothiocyanate. *Journal of Food Agriculture & Environment*, 3(2): 218-221.

ZASADA, I. A., FERRIS, H. 2003. Sensitivity of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans* to Isothiocyanates in Laboratory Assays. *Nematology*, 93(6): 747-750.

CAPÍTULO 1

CONTROLE DE *Meloidogyne exigua* PELA BIOFUMIGAÇÃO DO SOLO COM *Brassica rapa*

Introdução

Os nematóides formadores de galhas radiculares, pertencentes ao gênero *Meloidogyne* Goeld, 1887, têm ampla disseminação por todo o mundo. As espécies pertencentes a este gênero são bastante polífagas, atacando diversas culturas economicamente importantes. *M. exigua* é uma das espécies mais importantes para a cultura do cafeeiro, e está amplamente disseminada nas regiões produtoras de café do Brasil, especialmente no sul de Minas Gerais (Campos *et al.*, 1985) e na Zona da Mata Mineira (Oliveira, 2002). No estado do Rio de Janeiro, 70% das lavouras analisadas estavam infestadas pelo nematóide (Barbosa *et al.*, 2004).

O manejo de fitonematóides não é uma tarefa fácil, principalmente em áreas com altas densidades populacionais. Medidas de controle isoladas não surtem bons resultados, e por isso, elas devem ser utilizadas de forma integrada.

O problema é ainda mais grave quando se trata da produção de mudas, áreas de cultivo protegido e produção de olerícolas, pois os produtores são altamente dependentes de fumigantes industrializados, como o brometo de metila, para a desinfestação química do solo e substratos. Este produto, devido a sua natureza biocida e seu efeito deletério ao ambiente e à destruição da camada de ozônio, está sendo gradativamente retirado do mercado (Yates *et al.*, 2002).

Dessa forma, pesquisadores de todo o mundo tem se dedicado ao estudo de métodos alternativos de controle de fitonematóides, utilizando plantas ou compostos bioativos derivados de planta, no sentido de viabilizar estratégias de manejo viáveis aos produtores e minimizar os impactos negativos que os pesticidas sintéticos vêm causando à natureza. Estes compostos, ou plantas que o contenham, podem ser utilizados como biopesticida ou material orgânico incorporado ao solo (Yu *et al.*, 2005).

O uso de plantas da família *Brassicaceae* vem ganhando espaço nas estratégias de manejo de nematóides devido à produção de compostos voláteis com ação nematicida quando são incorporadas ao solo. Dentre esses, se encontram os isotiocianatos, tiocianatos, nitrilas e enxofre elementar, os quais

são resultantes da reação de hidrólise dos glucosinolatos pela enzima mirosinase (Zasada & Ferris, 2003). Apesar da liberação de diferentes produtos, os isotiocianatos (ITCs) são considerados os produtos mais tóxicos (Morra & Kirkegaard, 2002) e por esse motivo tem sido um dos principais compostos estudados para o controle das enfermidades de plantas (Brown & Morra, 1997).

Estudos quanto à ação nematicida dos isotiocianatos têm sido realizados em diversas espécies de brássicas. A mostarda, como popularmente é denominada, é uma planta daninha de inverno, da família *Brassicaceae*, frequentemente encontrada em cultivos de cereais no Sul do país, também ocorrendo em beira de estradas e terrenos baldios (Lorenzi, 2000). Ela engloba espécies como *B. rapa*, *B. nigra*, *B. juncea*, e inclusive espécies do gênero *Sinapsi* (Fahey *et al.*, 2001). Diversos trabalhos vêm sendo realizados com estas espécies de mostarda para a biofumigação do solo visando ao controle de nematóides parasitas de plantas e de outros fitopatógenos, como por exemplo, *B. juncea-Meloidogyne javanica* e *Tylenchulus semipenetrans* (Zasada & Ferris, 2004), *B. carinata-Heterodera schachtii* (Lazzeri *et al.*, 1993), *B. rapa-M. incognita* (Lima, 2006), óleo essencial de mostarda (alil isotiocianato)-*Rhizoctonia solani* (Dhingra *et al.*, 2004) e *Sclerotium rolfsii* e *Sclerotinia sclerotiorum* (Schurt, 2006), dentre outros.

Pequenas diferenças estruturais na cadeia lateral dos glucosinolatos provocam profundas diferenças no efeito nematicida, confirmando que a atividade biológica é função não somente da concentração do produto da hidrólise dos glucosinolatos, mas também da propriedade química da cadeia lateral R (Lazzeri *et al.*, 1993). Estes autores observaram efeito nematicida diferenciado para *Heterodera schachtii* quando expostos aos produtos da hidrólise enzimática de diferentes glucosinolatos, o qual variou de acordo com a natureza do composto, a concentração e o tempo de exposição. Os produtos da hidrólise da sinigrina à concentração de 0,5% provocou a mortalidade de quase todos os juvenis após 24 h, enquanto os demais produtos tiveram efeito somente após 48 h. Na concentração de 0,05% somente os compostos derivados da sinigrina, gluconapina e glucotropeolina apresentaram efeito nematicida, porém necessitaram de pelo menos 96 h.

Outro ponto importante é que a toxicidade dos ITCs provenientes da incorporação de tecidos de brassicáceas é dependente não só da estrutura do composto como também da espécie alvo (Zasada & Ferris, 2003).

Yu *et al.* (2005) testando diferentes concentrações de alil isotiocianato na eclosão de diferentes espécies de nematóide, observou que a concentração de 5 µg/mL do produto inibiu completamente a eclosão de juvenis de cistos de *H. glycines*, enquanto que para *H. schachtii* essa concentração parece ter estimulado a eclosão após dez dias de incubação. Para *M. hapla* 5 µg/mL de alil isotiocianato não afetou a eclosão, nesse mesmo período de incubação, no entanto, forte efeito inibitório foi observado na eclosão de juvenis de *M. incognita*. Devido a essas variações nos resultados, o autor sugeriu que as diferentes espécies de nematóides têm diferentes níveis de suscetibilidade a um mesmo composto.

Estudos de nematicidas liberadores de isotiocianatos sobre a eclosão de fitonematóides são raros. A ação de alguns nematicidas não fumigantes foi verificada na eclosão em cistos de *Heterodera schachtii*. Com a concentração de 5 µg/mL ou mais de aldicarb, carbofuran ou fensulfotion a eclosão do nematóide foi inibida, entretanto, com fenamifós à dose de 1 µg/mL (menor concentração testada) a eclosão foi eficientemente inibida (Steele, 1983).

Apesar de se ter alguns trabalhos utilizando os ITCs no controle de fitonematóides, existem poucas informações sobre o efeito desses compostos na eclosão dos juvenis. A maioria dos testes buscaram verificar o efeito nematicida dos ITCs sobre os juvenis, e não o efeito ovicida destes produtos.

Zasada & Ferris (2003) testaram em laboratório o efeito de sete isotiocianatos comerciais (Alil, benzil, butil, etil, fenil, 2-feniletil e 4-metilsulfinil isotiocianato) e do nematicida liberador de metil isotiocianato, Metam sódio, na mortalidade de juvenis (J2) de *Tylenchulus seminetrans* e *M. javanica*. O alil e o butil isotiocianato se igualaram ao Metam sódio como o segundo grupo mais tóxico a *Tylenchulus semipenetrans*, e o 2-feniletil foi o isotiocianato mais tóxico para ambos os nematóides.

Lima (2006) avaliou o efeito dos subprodutos de *B. rapa*, folha desidratada, farinha de sementes e farinha de sementes desengordurada na mortalidade de juvenis de *Heterodera glycines*, *M. mayaguensis*, *M. incognita*, *M. javanica* e *M. exigua*, e obteve 95%, 98,5% e 97,7% de mortalidade de J2,

respectivamente. Entretanto, um estudo sobre o efeito de *B. rapa* na eclosão de fitonematóides é de extrema importância, uma vez que os ovos, na maioria dos fitonematóides, correspondem à fase do ciclo de vida que persiste no solo por períodos prolongados.

Nesse trabalho, objetivou-se testar o efeito de diferentes concentrações da farinha desengordurada de sementes de mostarda (*B. rapa*) na eclosão de juvenis de *M. exigua in vitro* e no controle deste nematóide em casa de vegetação.

Material e Métodos

1. Obtenção e multiplicação do inóculo

Ovos de *Meloidogyne exigua* foram extraídos segundo Boneti & Ferraz (1981): raízes de plantas de cafeeiro infectadas, cultivadas em casa de vegetação, foram lavadas cuidadosamente, sob água corrente para retirar as partículas de solo aderidas à sua superfície, picadas em pedaços de aproximadamente 1 a 2 cm, trituradas em liquidificador com uma solução de NaOCl na concentração de 0,5% por 15 a 20 segundos. Os ovos foram recolhidos da peneira de 0,0254 mm de abertura, após a passagem da suspensão pela peneira de 0,074 mm. A suspensão de ovos foi ajustada para a concentração de 1000 ovos/mL. A calibração desta suspensão foi feita em câmara de Peters sob microscópio estereoscópio.

O inóculo foi multiplicado em plantas de pimentão, devido a eficiente multiplicação do nematóide nessa cultura (Silva, *et al.*, 2006). Mudanças com dois a três pares de folhas foram transplantadas para vasos de plástico com capacidade para dois litros, contendo uma mistura de solo e areia na proporção de 2:1 previamente tratada com brometo de metila. Decorrida uma semana do transplante, a inoculação foi feita, adicionando-se 5mL da suspensão de ovos obtida anteriormente, com o auxílio de uma pipeta, em quatro orifícios com profundidade de aproximadamente 3 cm feitos ao redor das plantas.

As plantas utilizadas para a multiplicação do nematóide e na realização dos ensaios foram mantidas em casa de vegetação e câmaras de

crescimento do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa, recebendo os tratos culturais necessários ao desenvolvimento das mesmas, de acordo com as recomendações técnicas para a cultura.

Os juvenis de segundo estágio (J2) de *M. exigua* foram obtidos utilizando-se o método do funil de Baermann (Baermann, 1917, citado por Jacob & Bezooijen, 1977) modificado, utilizando-se uma tigela, ao invés de funil. Decorridas doze horas os nematóides eclodidos foram descartados, com o objetivo de se padronizar a idade dos J2. Após 24 horas do descarte inicial, os juvenis de segundo estágio (J2) foram recolhidos e a suspensão ajustada para a concentração de 300 J2 por mL de água.

2. Solo utilizado nos ensaios.

O substrato utilizado nos ensaios foi composto de uma mistura de solo argiloso e areia na proporção 2:1, previamente tratado com brometo de metila, na dosagem de 100 cc/m³ de solo.

3. Material vegetal utilizado nos experimentos

A farinha desengordurada de sementes foi obtida a partir de plantas de mostarda (*Brassica rapa*) cultivadas em condições de campo no Departamento de Fitopatologia da UFV. A farinha desengordurada foi obtida moendo-se as sementes e, posteriormente, procedendo-se a extração de seus compostos lipídicos com solvente.

4. Efeito de diferentes concentrações de farinha de sementes de mostarda na eclosão de juvenis de *M. exigua in vitro* .

O ensaio foi conduzido seguindo-se a metodologia de Zasada e Ferris (2004). Nesta, frascos de 10 mL de volume foram parcialmente preenchidos com 8 g de solo, acrescidos da farinha nas doses de 0 g/dm³, 0,375 g/ dm³, 0,75 g/ dm³, 1,5 g/ dm³, 3,0 g/ dm³ e 6,0 g/ dm³. Sobre o solo de cada frasco foi feita uma pequena depressão onde se depositou 1 mL do inóculo, contendo 1000 ovos e água suficiente para que este solo atingisse a umidade de aproximadamente 60% da capacidade de campo. Em seguida, os frascos foram tampados e vedados com filme plástico, para evitar a perda dos gases voláteis, e incubados por 7 dias (d) em câmara de crescimento a 26°C. Após esse período, o solo foi retirado de cada frasco e depositado sobre o funil de Baermann. As avaliações foram feitas em intervalos de 48 h durante 10 d, quando os juvenis de segundo estágio (J2) eclodidos foram coletados e contados sob microscópio de luz.

O experimento foi montado no esquema de parcelas subdivididas em delineamento inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 6 repetições. As doses da farinha constituíram os tratamentos da parcela e as épocas de avaliação foram os tratamentos da subparcela. As análises estatísticas foram efetuadas no programa SAEG (Euclides, 1983).

Os dados provenientes do número de J2 acumulados em cada tempo foram submetidos à ANOVA. A seguir, procedeu-se ao desdobramento da interação dose de farinha X época de avaliação, independentemente da sua significância, com o propósito de avaliar o efeito da dose da farinha em cada época de avaliação sobre os J2 acumulados mediante equações de regressão.

5. Efeito de diferentes concentrações de farinha de sementes de mostarda na biofumigação de solo infestado por *M. exigua* em casa de vegetação.

O ensaio foi montado em vasos plásticos de 1,5 L de capacidade. O solo de cada tratamento foi umedecido até atingir aproximadamente 60% da capacidade de campo, infestado com 5000 ovos/vaso e revolvido para uma melhor homogeneização do inóculo. Em seguida, a este solo foi adicionada a farinha desengordurada nas doses de 0 g/dm³, 0,25 g/dm³, 0,50 g/dm³, 1,0 g/dm³, 2,0 g/dm³ e 4,0 g/dm³ revolvendo-o novamente. O solo de cada repetição foi vedado em saco plástico transparente e permaneceu em câmara de crescimento a 26°C por 7 d. Após esse período os sacos plásticos foram abertos e o solo colocado nos vasos, os quais foram mantidos em casa de vegetação por dois dias, quando mudas de pimentão com dois a quatro pares de folhas foram transplantadas para cada vaso.

Após 90 d do transplântio procedeu-se à avaliação do ensaio, considerando-se o número de galhas e o número de ovos por sistema radicular de cada planta. Os dados de galhas e ovos foram submetidos à análise de regressão no programa estatístico SAEG (Euclides, 1983). A partir das equações de regressão calcularam-se os números médios estimados de galhas e de ovos obtidos de cada dose. Posteriormente, foi calculado o percentual de galhas e ovos em relação à testemunha.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e 8 repetições. Este mesmo ensaio foi realizado por duas vezes.

A média das temperaturas máximas do ar que ocorreram durante os ensaios foi de 28,9 °C e das mínimas de 13,4 °C.

Resultados

Efeito de diferentes concentrações de farinha de sementes de mostarda na eclosão de juvenis de *M. exigua in vitro*.

Houve efeito significativo da dose da farinha, da época de avaliação e da interação entre estes dois fatores ($P < 0,01$) sobre o número de J2 eclodidos. As equações ajustadas para o número de J2 acumulados em função da dose dentro de cada época de avaliação, seguiram o modelo hiperbólico. Nas menores concentrações da farinha, o percentual de redução na eclosão dos J2 foi maior nas primeiras 48 horas (h) comparado àquele obtido após 240 h (Figura 1). Com a dose de $0,375 \text{ g/dm}^3$ a redução estimada na eclosão dos J2 acumulados foi de 63,4% e 32,2% após 48 e 240 h, respectivamente. Com o aumento da dose da farinha essa diferença diminuiu e a partir de $3,0 \text{ g/dm}^3$ o percentual estimado de redução na eclosão dos J2 manteve-se praticamente o mesmo durante todo o período de avaliação, ou seja, 97,8% na primeira avaliação e 95,48% na última avaliação.

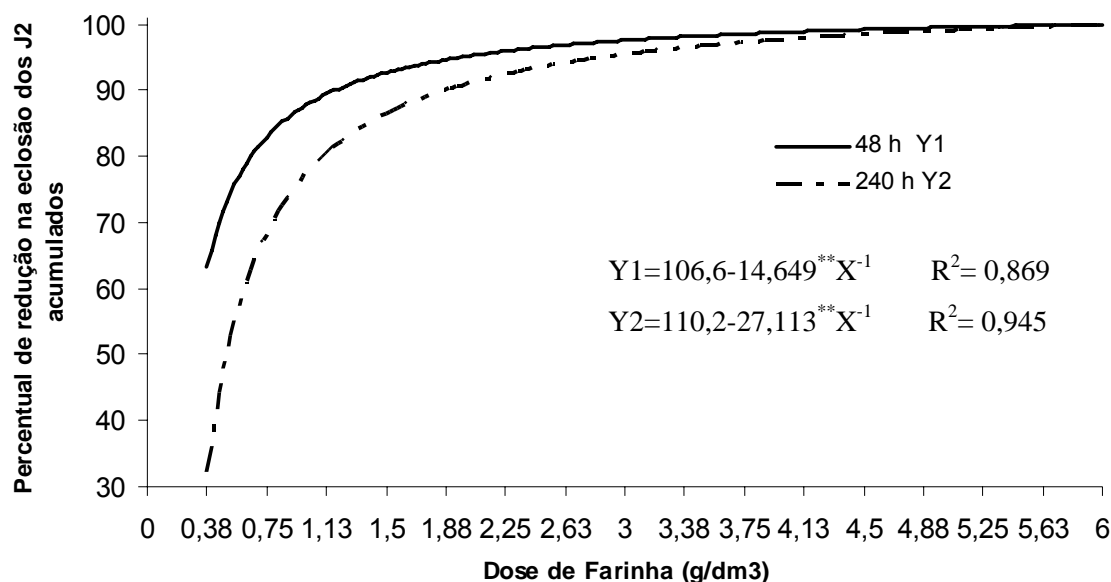


Figura 1 – Percentual de redução na eclosão de juvenis de *Meloidoyne exigua* (J2) acumulados em 48 e 240 hs após a biofumigação do solo com diferentes doses da farinha de mostarda.

Efeito de diferentes concentrações de farinha de sementes de mostarda na biofumigação de solo infestado por *M. exigua* em casa de vegetação.

O efeito da dose da farinha foi significativo para o número de galhas e de ovos. A biofumigação do solo com a farinha promoveu a redução no número de galhas e de ovos de *M. exigua* em ambos os ensaios (Figura 2 e 3) e esse percentual de redução aumentou à medida que a concentração da farinha incorporada ao solo foi aumentada. As menores doses de farinha utilizadas (0,25 e 0,50 g/dm³) resultaram em baixo nível de supressão de *M. exigua*. Já na dose de 2,0 g/dm³ o percentual de redução das galhas foi de 92,59% no ensaio 1 e 95,58% no ensaio 2 (Figura 2). O percentual de redução nos ovos foi de 86,43% no ensaio 1 (Casa de vegetação) e 100% no ensaio 2 (Telado) (Figura 3). Com a incorporação de 4,0 g/dm³ da farinha ao solo a redução foi de 100% tanto para galhas quanto para ovos nos dois ensaios. De um modo geral, o padrão de redução de galhas e ovos nos dois ensaios seguiu a mesma tendência.

Nenhum sintoma de fitotoxidez foi observado nas plantas de pimentão nas doses testadas, entretanto, foi observada intensa colonização do solo pelo fungo *Trichoderma* sp. nos vasos cujas doses de farinha eram maiores.

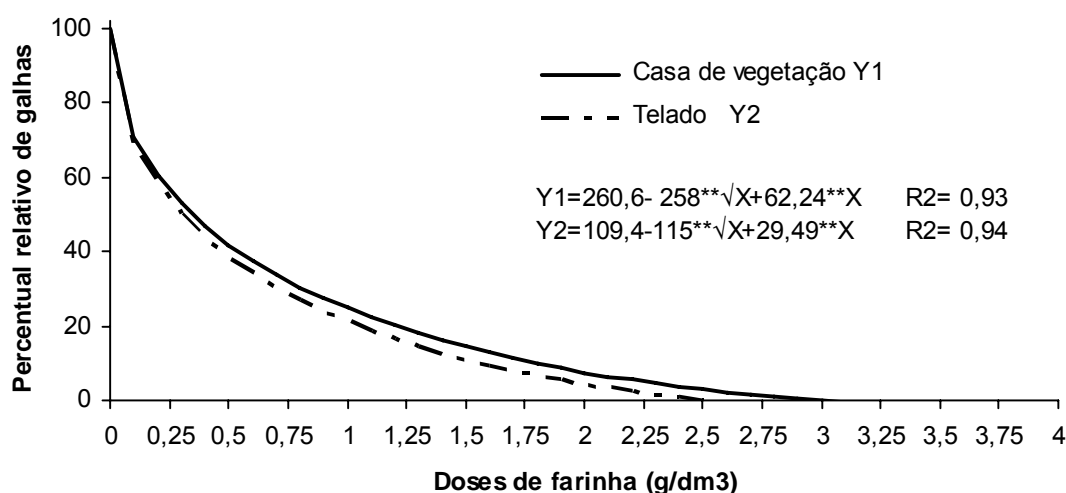


Figura 2 – Percentual relativo de galhas em raízes de plantas de pimentão cultivadas em solo infestado com *Meloidogyne exigua* e tratado com diferentes doses de farinha desengordurada de sementes de mostarda.

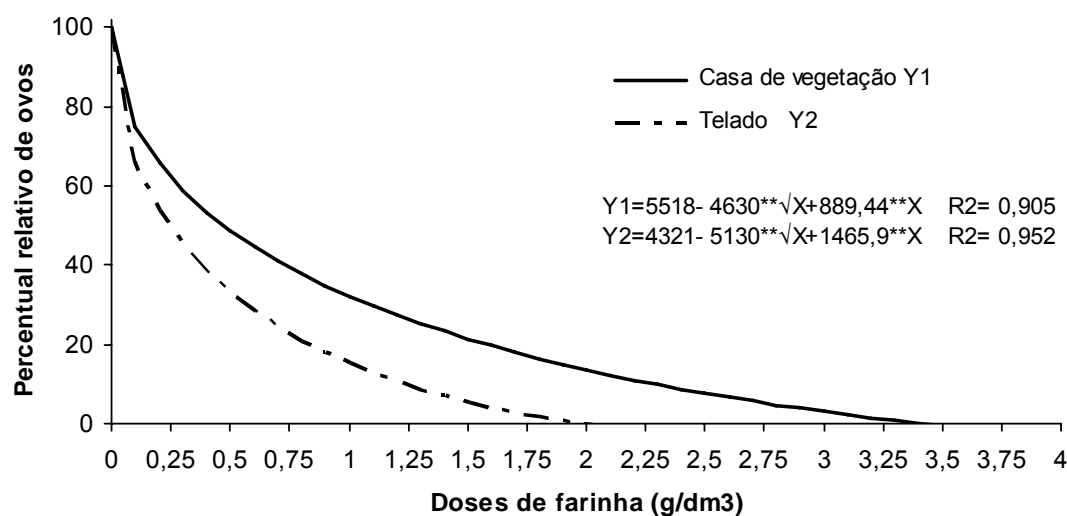


Figura 3 – Percentual relativo de ovos em raízes de plantas de pimentão cultivadas em solo infestado com *Meloidogyne exigua* e tratado com diferentes doses de farinha desengordurada de sementes de mostarda.

Discussão

A colonização do solo tratado com a farinha de mostarda por *Trichoderma* sp. pode ser vista como um ponto positivo, uma vez que esse organismo tem atuado como antagonista de vários patógenos de planta e solo, e, por isso, tem sido estudado em associação com brássicas na biofumigação do solo como uma alternativa ao controle químico de doenças de plantas (Sanchi, *et al.*, 2005).

Este fungo também colonizou o solo infestado com *M. incognita* quando tratado com essa mesma farinha (Lima, 2006). Segundo o autor, a presença do fungo pode estar relacionada com a supressão dos organismos competidores desse fungo, e com a ausência de efeito tóxico da farinha sobre *Trichoderma* sp. Essa hipótese pode ser corroborada por outros relatos que mostram a tolerância de *Trichoderma* sp. aos isotiocianatos. Sanchi *et al.*, (2005), usando a combinação *Brassica carinata* - *Trichoderma harzianum*-T39 para o controle de *Sclerotinia sclerotiorum* e de *Sclerotinia minor*, observaram que a habilidade de colonização do saprófita não foi reduzida.

Contudo, esse efeito pode variar de acordo com o tipo de material biofumigante e o patógeno alvo de controle. Dandurad *et al.* (2000) notaram que a atividade biológica de *T. harzianum* foi reduzida quando este foi incorporado ao solo juntamente com dois cultivares de *B. napus* (alto e baixo conteúdo de glucosinolatos) no controle de *S. sclerotiorum*. Em contrapartida, a aplicação desse mesmo fungo associado ao cultivar com alto conteúdo de glucosinolatos resultou em 100% de controle de *Aphanomyces euteiches*.

No presente estudo, como a farinha desengordurada de sementes de *B. rapa* não interferiu com a atividade biológica de *Trichoderma* sp., seu potencial de uso é crescente, por resultar num efeito aditivo dos mesmos quando usados simultaneamente no tratamento de substratos para a produção de mudas.

A ação nematicida da farinha desengordurada já havia sido comprovada em trabalhos anteriores para *M. incognita* (Lima, 2006). Foi detectado que o principal composto presente em *B. rapa* foi o isotiocianato de alila, com maior concentração nas sementes comparado às folhas, e que possivelmente seria o principal responsável pela supressão do nematóide. Entretanto, sabe-se que outros compostos voláteis não quantificados nessa análise, como nitrilas, epitionitrilas, tiocianatos (Zasada & Ferris, 2003) e compostos de enxofre (Lewis & Papavizas, 1971) também poderiam estar atuando em conjunto nessa supressão.

A hipótese de que a farinha desengordurada também teria ação nematicida sobre *M. exigua* foi confirmada. A dose de 2,0 g/dm³ ou 0,2% da farinha incorporada ao solo foi suficiente para reduzir o número de galhas em 92,59% no ensaio 1 e 95,58% no ensaio 2. Da mesma forma, foi verificada uma redução no número de ovos de 86,43% e 100% nos ensaios 1 e 2, respectivamente. Em relação a *M. incognita* em tomateiro, Lima (2006) obteve uma redução de 97,5% no número de ovos e 99,4% no número de galhas quando usou a concentração de apenas 0,05% (p/v) da farinha desengordurada. Em princípio, esses dados não são contraditórios e confirmam o que já vem sendo relatado na literatura, pois diferentes espécies de nematóide possuem diferentes graus de suscetibilidade a um mesmo composto. Zasada & Ferris (2003) concluíram que a toxicidade dos ITCs provenientes da incorporação de tecidos de brassicáceas é dependente não só da estrutura do composto como também da espécie alvo. Por exemplo, 5

$\mu\text{g/mL}$ de alil isotiocianato inibiu completamente a eclosão de *H. glycines* após dez dias de incubação, enquanto que para *H. schachtii* essa mesma concentração parece ter estimulado a eclosão. Da mesma forma, esse composto não afetou a eclosão de *M. hapla*, mas exerceu forte efeito inibitório na eclosão de *M. incognita* (Yu *et al.*, 2005).

Deve-se observar também que diferentes brássicas têm apresentado resposta diferenciada de eficiência de controle sobre as espécies de nematóides. Johnson *et al.* (1992) observaram que a incorporação de 1,3-2,7% de matéria fresca de *B. napus* ao solo não resultou na supressão de *M. javanica*, *M. incognita* e *Criconemella ornata*, enquanto Zasada & Ferris (2004) conseguiram 100% de supressão de *M. javanica* com a dose de 2% de biomassa de *B. juncea* e 70% de redução com a incorporação de 1,2% de *B. hirta*. Há que se considerar que o tipo de glucosinolato varia de espécie para espécie vegetal, assim como também seus teores e forma de distribuição nos diferentes órgãos da planta. A falta de supressão de fitonematóides ou a incoerência entre os resultados alcançados em alguns trabalhos pode ser devido a essas diferenças. Até mesmo pequenas diferenças estruturais na cadeia lateral desses compostos podem resultar em profundas diferenças no efeito nematicida (Lazzeri *et al.*, 1993).

Foram observadas pequenas diferenças no percentual de redução de galhas e ovos entre os dois ensaios deste estudo, o que pode ser atribuído a algum efeito ambiental, uma vez que os ensaios foram realizados em épocas e locais diferentes, isto é, o ensaio 1 em casa de vegetação e o 2 em telado. Apesar das médias das temperaturas máximas e mínimas não terem sido muito discrepantes entre os dois locais durante o período total de condução do experimento, a temperatura média mínima no primeiro mês, no telado, apresentou-se menor (em torno de 11°C), quando comparada à 15,8°C na casa de vegetação. Tal condição pode ter interferido na eclosão dos juvenis, refletindo a diferença observada no número de ovos entre os dois ensaios. Algumas espécies de *Meloidogyne* são mais adaptadas aos climas com temperaturas mais altas e, por isso, apresentam desenvolvimento embriogênico e pós-parasítico mais rápido nessas condições. Observações de Vrain & Barker (1978) registraram que *M. incognita*, espécie tipicamente

tropical, apresentou 47 a 66% de ovos anormais ou mortos quando incubados em temperaturas de 10 e 12°C.

Embora essa diferença tenha sido observada entre os dois ensaios, deve-se ressaltar que o padrão de redução dessas variáveis seguiram a mesma tendência, conforme observado nas figuras 2 e 3.

Outra vantagem da biofumigação do solo com brassicáceas em relação à incorporação de matéria orgânica proveniente de outras fontes também é notada quando se trata de volume do material por hectare. Considerando-se que *B. rapa*, em condições de campo, produz cerca de 1200 kg de sementes por hectare e que 35% desse valor é extraído em óleo, ter-se-ão 780 kg/ha da farinha desengordurada (Dhingra *et al.*, 2007, informação pessoal). Adotando-se a dose de 2,0 g/dm³ da farinha, a qual resultou em alto nível de supressão em *M. exigua*, seriam necessários 4 ton do produto para o tratamento de uma área de um hectare. Essa quantidade pode ser considerada viável na prática, uma vez que a adição de outros tipos de matéria orgânica gira em torno de doses similares ou superiores a essa. É recomendado, por exemplo no caso do esterco bovino, uma dose em torno de 20 ton/ha. Considerando o propósito deste trabalho que é a aplicação do biofumigante em menores volumes de solo, o emprego da farinha desengordurada pode ser considerada viável.

O enfoque deste estudo foi proporcionar uma forma de erradicar *M. exigua* do substrato para produção de mudas de cafeeiro visando à obtenção de mudas livres de nematóides. Para a produção de mudas de meio ano (saquinho com 20-25 cm altura, 11 cm largura) 1000 L de substrato são suficientes para produção de 1200-1400 mudas (Guimarães *et al.*, 1989, Alvarenga *et al.*, 2000), partindo-se da dose de 2,0 g/dm³ da farinha desengordurada, precisaríamos de somente 2,0 kg do produto para produzir esse número de mudas de café. Assim, se o produtor optar por produzir a mostarda para obter a farinha para a biofumigação do substrato, com a área de 1 hectare ele produziria 780 kg da farinha, e teria quantidade do produto suficiente para a produção de um grande volume de mudas. Outra vantagem inerente a essa farinha é que ela pode ser armazenada por alguns meses sem a perda da eficiência de seu princípio ativo. Entretanto, a vida de prateleira da farinha ainda precisa ser determinada.

Os produtos voláteis da farinha de mostarda afetaram a eclosão dos J2 de *M. exigua*. Observou-se que esse efeito foi bastante marcante nas primeiras 48 hs após o período de incubação, com 63,4% de redução na eclosão dos J2 com a dose de 0,375 g/dm³, porém ao final das 240 hs de avaliação o percentual de redução dos J2 caiu para 32,2%. Com 0,75 g/dm³ da farinha, o percentual de redução foi de 82,9% e 68,4% após 48 e 240 h, respectivamente. O trabalho feito por Lima (2006), pode corroborar com esses resultados pois, ao quantificar o isotiocianato de alila neste tipo de farinha, detectou que o pico de liberação do composto foi de 9,76 ppm e ocorreu cerca de seis hs após a incorporação da farinha ao solo, caindo para 2,66 ppm após 48 hs. Pode-se inferir que nas doses menores da farinha o efeito dos produtos voláteis sobre os J2 foi nematostático, provocando apenas um atraso na eclosão dos mesmos, ou seja, um retardo no desenvolvimento embrionário dos ovos. Entretanto, conforme as doses da farinha foram sendo aumentadas essas diferenças foram diminuindo, como se observou com 3,0 g/dm³ da farinha. Nesta dose, o percentual de redução dos J2 foi de 97,6% e 95,5% após 48 e 240 hs, respectivamente. Depreende-se, portanto, que o efeito da farinha nas doses superiores foi nematicida.

Para *M. incognita* foram necessários 8 g/ dm³ da farinha de sementes de *B. rapa* para uma redução de 99,7% na eclosão dos juvenis (Lima, 2006). Embora os valores sejam discrepantes quando comparados com os de *M. exigua*, deve-se levar em consideração que essa redução foi apenas pela ação dos subprodutos voláteis liberados durante a biofumigação. Na metodologia empregada por Lima (2006), não houve contato direto dos ovos com o solo, ao contrário do presente estudo que avaliou todo o potencial da farinha, já que os ovos de *M. exigua* tiveram íntimo contato com o solo tratado. Então, é provável que outras substâncias não voláteis da farinha da mostarda possam ter ficado diluídas na solução do solo, aumentando a efetividade do controle efetuado pelos gases. Além disso, sabe-se que diferentes espécies de fitonematóides podem ter diferentes níveis de suscetibilidade a um mesmo composto.

Efeito inibitório do alil isotiocianato na eclosão de nematóides, especialmente de *Heterodera glycines* e *M. incognita* foi observado por Yu *et al.* (2005) que concluíram ser o mesmo dependente da dose.

Comparando o efeito da farinha de mostarda sobre a eclosão dos J2 de *M. exigua*, *in vitro*, com os resultados obtidos em casa de vegetação com diferentes concentrações da farinha, conclui-se que foi necessária dose superior à mencionada anteriormente para um efetivo controle do nematóide. Explica-se isto, considerando-se que em casa de vegetação não é possível controlar todos os fatores que interferem com o processo de biofumigação, como oscilação de umidade no solo e temperatura. Além de que nos testes *in vitro* estão envolvidos apenas solo-farinha-nematóide, enquanto em casa de vegetação acrescenta-se o fator planta, a qual pode estimular a eclosão dos juvenis devido a presença de exsudatos radiculares (Siqueira *et al.*, 2004). Como as condições de casa de vegetação se aproximam mais das condições reais de produção de mudas, pode-se inferir que a dose de farinha mais adequada ao controle de *M. exigua* seria de 2 g/ dm³ de solo.

Um outro ponto que merece destaque é que a disponibilidade de um produto com ação ovicida é de extrema importância para o manejo de fitonematóides, pois sabe-se que os ovos correspondem a fase do ciclo de vida, na maioria dos fitonematóides, que é capaz de persistir no solo por períodos prolongados.

Dessa forma, conclui-se que a farinha desengordurada é uma alternativa viável para o controle de ovos de *M. exigua* no solo, pois nas doses acima de 1,5 g/ dm³ houve paralisação do desenvolvimento embriogênico dos ovos, *in vitro*, e com 2,0g/ dm³ houve controle eficiente da reprodução do nematóide em raízes de pimentão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, A. P., MOURA, V. M., RIBEIRO, M. F. 2000. Escolha de variedades e produção de mudas de café. Boletim de extensão nº. 42. Universidade Federal de Viçosa.
- BARBOSA, D. H. S. G., VIEIRA, H. D., SOUZA, R. M., SILVA, C. P. 2004. Survey of Root-Knot Nematode (*Meloidogyne* Spp.) in Coffee Plantations in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Nematologia Brasileira*, 28(1): 43-47.
- BONETI, J.I.S., FERRAZ, S. 1981. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 6: 553 p
- BROWN, P. D., MORRA, M. J. 1997. Control of soil-borne plant pest using glucosinolate-containing plants. *Advances in Agronomy*, 61: 167-231.
- CAMPOS, V. P., LIMA, R. D., ALMEIDA, V. F. 1985. Nematóides parasitos do cafeeiro. *Informe Agropecuário*, 11: 50-58.
- DANDURAND, L. M, MOSTHER, R. D., KNUDSEN, G. R. 2000. Combined effects of *Brassica napus* seed meal and *Trichoderma harzianum* on two soilborne plant pathogens. *Can. J. Microbiol/Rev. can. Microbial*, 46 (11): 1051-1057.
- DHINGRA, O. D., COSTA, M. L. N., SILVA JR, G. J. 2004. Potential of Allyl Isothiocyanate to Control *Rhizoctonia solani* Seedling Damping off and Seedling Blight in Transplant Production. *J. Phytopathology*, 152: 352-357.
- EUCLIDES, R. F. 1983. Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genética). Versão 5.0. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 59p.

FAHEY, J. W.; ZALCMANN, A. T.; TALALAY, P. 2001. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56: 5-51.

GUIMARÃES, P. T. G., CARVALHO, M. M., MENDES, A. N. G., BÁRTHOLO, G. F. 1989. Produção de mudas de café: Coeficientes técnicos da fase de viveiro. Informe Agropecuário. Ano 14, nº 162 . Belo Horizonte.

JOHNSON, A. W.; GOLDEN, A. M.; AULD, D. L.; SUMNER, D. R. 1992. Effects of rapeseed and vetch as green manure crops and fallow on nematodes and soil-borne pathogens. *J. Nematol*, 24(1): 117-126.

LAZZERI, L., TACCONI, R., PALMIERI, S. 1993. In Vitro Activity of Some Glucosinolates and their Reaction Products toward a Population of the Nematode *Heterodera schachtii*. *J. Agric. Food Chem.*,41: 825-829.

LEWIS, J. A., PAPAVIDAS, G. C. 1971. Effect of Sulfur-Containing Volatile Compounds and Vapors from Cabbage Decomposition on *Aphanomyces euteiches*. *Phytopathology*, 61: 208-214.

LIMA, A. O. 2006. Uso da Mostarda (*Brassica rapa*) como biofumigante de solo no controle de *Meloidogyne incognita*. Dissertação de Mestrado em Fitopatologia. UFV/Viçosa. 55 p.

LORENZI, H. 2000. Plantas Daninhas do Brasil. Terrestres, aquáticas parasíticas e tóxicas. 3º Ed. p. 225.

MORRA, M. J., KIRKEGAARD, J. A. 2002. Isothiocyanate release from soil – incorporated *Brassica* tissues. *Soil Biology & Biochemistry*,34: 1683-1690.

OLIVEIRA, D. S. 2002. Caracterização de populações de *M. exigua* associadas a cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado em Fitopatologia. UFV/Viçosa, 48 p.

SANCHI, S., ODORIZZI, S., LAZZERI, L., MARCIANO, P. 2005. Effect of *Brassica carinata* seed meal treatment on the *Trichoderma harzianum* t39-*Sclerotinia* species interaction. Acta Hort. (ISHS), 698: 287-292.

SCHURT, D. A. 2006. Potencial do Isotiocianato de alila no controle de *Sclerotium rolfsii* e *Sclerotinia Sclerotiorum*. Dissertação de Mestrado em Fitopatologia. UFV/Viçosa. 48 p.

SIQUEIRA, K. M. S., TORRES, G. R. C., PEDROSA, E. M. R. & MOURA, R.M. 2004. Eclosão de *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. mayaguensis* em lixiviados de caupi associado a *Glomus etunicatum* e *Bradyrhizobium* sp. Fitopatologia Brasileira, 29: 259-262.

SILVA, R. V., OLIVEIRA, R. D. L., JESUS, D. S., FERREIRA, P. S. 2006. Incremento na produção de ovos de *Meloidogyne exigua* pela inoculação em plantas de pimentão. In: XXXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, Salvador. Resumos, p. 195.

STEELE, A. E. 1983. Effects of Selected Nematicides on Hatching of *Heterodera schachtii*. Journal of Nematology, 15: 467-473.

YATES, S. R., Gan, J., Papiernik, S. K., Dungan, R., and Wang, D. 2002. Reducing Fumigant Emissions After Soil Application. In: Symposium: Methyl Bromide Alternatives – Meeting the Deadlines. Phytopathology, 92(12):1344-1348.

YU, Q., Tyan, R., CHIBA, M., POTTER, J. 2005. Selective nematicidal activity of allyl isothiocyanate. Journal of Food Agriculture & Environment, 3(2): 218-221.

VRAIN, T. C., BARKER, K. R. 1978. Influence of low temperature on development of *Meloidogyne incognita* and *M. hapla* eggs in egg masses.. Journal of Nematology, 10(4): 311-313.

ZASADA, I. A., FERRIS, H. 2004. Nematode suppression with brassicaceous amendments: application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology & Biochemistry*, 36: 1017-1024.

ZASADA, I. A., FERRIS, H. 2003. Sensitivity of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans* to Isothiocyanates in Laboratory Assays. *Nematology*, 93(6): 747-750.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DA TEXTURA E UMIDADE DO SOLO NO PROCESSO DE BIOFUMIGAÇÃO COM MOSTARDA

Introdução

Os nematóides fitoparasitas, principalmente os do gênero *Meloidogyne*, causam sérios problemas em áreas de cultivo de olerícolas e em viveiros de produção de mudas, levando os produtores a grandes prejuízos, não só pelo atraso no desenvolvimento das plantas doentes, mas também, pelo impedimento da comercialização das mudas infectadas (Gonçalves *et al.*, 1978, Jaehn *et al.*, 1977). Medidas de tratamento químico do solo são adotadas como uma das principais ferramentas de manejo (Heald, 1987), visto que as mudas constituem um dos meios mais eficientes de disseminação de fitonematóides, tanto a curtas como longas distâncias. Além disso, se a disseminação numa determinada área livre destes patógenos é eficiente, a sua erradicação é praticamente impossível (Netscher *et al.*, 1990). Assim, o principal meio de controle destes organismos ainda é a prevenção de sua entrada no campo.

O brometo de metila é um dos principais produtos utilizados na desinfestação de substratos para a produção de mudas. Ele é usado há mais de 40 anos na fumigação do solo em pré-plantio pelo seu amplo espectro de ação sobre fungos, nematóides, insetos, ácaros, roedores, plantas daninhas e algumas bactérias (Duniway, 2002).

O problema é que o brometo é uma das substâncias mais potentes na destruição da camada de ozônio, o que têm causado sérios danos ao ambiente, e, por isso, o mesmo deixará de ser produzido e comercializado (Duniway, 2002; Carpenter, 2000). Como os produtores são altamente dependentes desse produto para o tratamento do solo e substratos, medidas alternativas de controle, menos agressivas ao ambiente e ao homem, vem sendo desenvolvidas a cada dia.

Uma estratégia de manejo de doenças que vem se destacando é a biofumigação do solo pela incorporação de tecido de plantas da família *Brassicaceae*. O uso dessas plantas se deve ao fato delas possuírem um grupo de metabólitos secundários denominados glucosinolatos (Potter *et al.*, 1998), que ao serem incorporados ao solo sofrem reação de hidrólise enzimática liberando gases tóxicos, como isotiocianatos, tiocianatos, enxofre elementar e nitrilas.

Em geral, os isotiocianatos (ITCs) são considerados os produtos mais tóxicos da hidrólise enzimática dos glucosinolatos (Morra & Kirkegaard, 2002). São relativamente tóxicos aos nematóides, podendo ser utilizado como nematicida.

Quando se trata do controle de nematóides com fumigantes sintéticos, deve-se considerar que sua eficiência na redução da população de nematóides no solo fica entre 50-90%, aproximadamente (Schmitt, 1985). O desempenho destes produtos no solo é afetado, pelo tipo de solo e textura, capacidade de difusão, dosagem, aeração, umidade, temperatura, pH, conteúdo de matéria orgânica e tecnologia de aplicação (Lembricht, 1990). É muito importante o entendimento de cada fator que regula essa difusão e a conseqüente influência no controle das doenças. Da mesma forma, diversos fatores podem influenciar o processo de biofumigação. É extremamente importante que se entenda os processos e o destino dos aleloquímicos no solo, para que se possa maximizar o potencial benéfico no controle de pragas (Brown & Morra, 1997).

A volatilização é um fator importante para a distribuição do gás fumigante no espaço poroso do solo (Brown & Morra, 2005). Não é desejável que ocorram perdas de isotiocianatos do solo para a atmosfera, pois diminuiria a quantidade de gás disponível para a supressão do organismo alvo. As perdas dos gases fumigantes são maiores em solos de textura mais grossa. No entanto, a textura parece exercer menor influência que outros fatores bióticos e abióticos

Segundo Morra & Kirkegaard (2002), a melhoria na supressão dos patógenos de solo poderá ser alcançada selecionando-se variedades com alto conteúdo de glucosinolatos e adequado conteúdo de umidade no solo, porque reflete na melhor produção e retenção dos isotiocianatos. Em solos mais secos é provável que ocorra menor disponibilidade de solução para a reação de hidrólise dos glucosinolatos (Brown & Morra, 2005), que é mediada pela mirosinase. Entretanto, o fator que mais limita a supressão dos patógenos é a liberação dos ITCs do tecido para o solo.

Condições de umidade constante associadas a baixas temperaturas, poderão levar a um aumento na vida útil do ITC, ou até mesmo, aumentar o potencial de biofumigação do solo, já que o tempo de exposição do organismo alvo ao isotiocianato será maior (Brown & Morra, 2005).

Diversas espécies de mostarda vêm sendo investigadas quanto ao seu potencial nematicida, o que tem resultado em níveis satisfatórios de controle em diferentes espécies de nematóide. A farinha desengordurada de sementes de mostarda (*B. rapa*), na dose de apenas 0,5 g/dm³ de solo incorporada ao solo suprimiu *M. incognita* a uma taxa superior a 97% (Lima, 2006).

Entretanto, são poucas as informações acerca dos fatores que interferem com a biofumigação do solo pela incorporação de brassicáceas, e mesmo assim, nada é conhecido sobre tal influência no potencial biofumigante da farinha desengordurada de sementes de mostarda (*Brassica rapa*). Neste trabalho, objetivou-se avaliar a influência da textura do solo associada a diferentes teores de umidade na biofumigação do solo com a farinha desengordurada de sementes mostarda no controle de *Meloidogyne exigua*.

Material e Métodos

1. Solos utilizados nos ensaios

Os substratos utilizados foram obtidos a partir da coleta da camada 0-20 cm de um latossolo vermelho amarelo distrófico, coberto por vegetação espontânea em área de cultivo de eucalipto, localizada nas proximidades da Universidade Federal de Viçosa, cuja classificação textural foi muito argilosa. Este solo, seco ao ar e peneirado em peneira de 2 mm, constituiu um dos tratamentos, outros dois tratamentos foram empregados utilizando-se a mistura deste solo com areia lavada, variando-se a proporção. Um outro ensaio foi realizado utilizando-se dois substratos preparados para a produção de mudas de café, adquiridos de produtores da região. As análises físicas e químicas destes solos e do substrato estão contidas nas tabelas 1, 2, 3 e 4.

Tabela 1 – Análise granulométrica dos substratos usados nos testes de mortalidade de juvenis de *Meloidogyne exigua*.

Classe textural	Proporção volumétrica Argila/areia	Areia fina	Areia grossa	Silte	Argila
Muito argilosa	1:0	90	140	80	690
Franco-argilo-arenosa	1:1	40	650	20	290
Franco-arenosa	3:1	40	780	10	170

Areia, silte e argila= (g/kg)

Tabela 2 – Análise química dos substratos usados nos testes de mortalidade de juvenis de *Meloidogyne exigua*.

Classe textural	pH (H ₂ O)	P	K	Ca ⁺²	Mg ⁺²
Muito argilosa	4,46	1,2	12	0,00	0,06
Franco-argilo-arenosa	4,92	1,5	11	0,09	0,08
Franco-arenosa	5,15	2,1	10	0,14	0,09

P, K= (mg/ dm³)

Ca⁺², Mg⁺²= (cmol_c/ dm³)

Tabela 3 – Análise granulométrica dos substratos empregados na produção de mudas de cafeeiro.

Classe textural	Areia fina	Areia grossa	Silte	Argila
Argilosa	150	160	100	590
Franco-argilo-arenosa	140	450	120	290

Areia, silte e argila= (g/kg)

Tabela 4 – Análise química dos substratos empregados na produção de mudas de cafeeiro.

Classe textural	M.O	pH (H ₂ O)	P	K	Ca ⁺²	Mg ⁺²
Argilosa	53,7	5,49	98	673	3,96	1,48
Franco-argila-arenosa	38,4	6,38	259	949	3,74	1,77

M.O = Matéria orgânica (g/kg)

P, K= (mg/ dm³)

Ca⁺², Mg⁺²= (cmol_c/ dm³)

2. Efeito da farinha de sementes de mostarda na mortalidade de juvenis de segundo estágio (J2) de *M. exigua*, *in vitro*, em solos de diferentes classes texturais sob diferentes umidades.

Alíquotas de 50 g de solo muito argiloso, franco-argilo-arenoso e franco-arenoso, com e sem a farinha desengordurada foram colocadas em frascos de 100 mL de volume. A dose da farinha utilizada foi de 1,5 g/dm³ solo, ou seja, 3 ton/ha, baseado no teste de eclosão realizado anteriormente, no qual a inibição da eclosão foi efetiva. Em cada frasco foi depositado 1 mL de suspensão contendo 300 juvenis de segundo estágio de *M. exigua*. A umidade para cada solo foi ajustada de acordo com os potenciais de água determinados previamente através da curva de retenção de água (Tabela 5). Em seguida estes frascos foram tampados e vedados com filme plástico transparente, para evitar a perda dos gases voláteis, e incubados por 48 h em câmara de crescimento a 26°C. Após esse período de incubação, o solo foi retirado de cada frasco e depositado em funil de Baermann, onde permaneceu por mais 48 h. Decorrido esse tempo, os nematóides foram coletados dos funis e contados em microscópio de luz.

O ensaio foi montado no esquema fatorial 3 X 4 X 2 (correspondendo a 3 solos, 4 potenciais de água com adição ou não da farinha), com 8 repetições, em delineamento inteiramente casualizado.

A redução absoluta dos juvenis de *M. exigua* pelo efeito da farinha foi obtida pela diferença entre o número de juvenis vivos provenientes da testemunha e o número de juvenis recuperados do solo tratado com a farinha. A partir desses dados calculou-se o percentual de redução dos juvenis em relação à testemunha, que foi submetido à ANOVA e ao teste de Tukey a 5% de significância no programa SAEG (Euclides, 1983).

Tabela 5 – Água retida a diferentes tensões nos solos de diferentes classes texturais usados no teste de mortalidade de juvenis de *Meloidogyne exigua*.

Classe textural	Potencial de água (kPa)			
	-10	-30	-100	-500
	g/100 g			
Muito argiloso	33,2	29,3	27,7	25,8
Franco-argilo-arenoso	14,2	12,8	11,3	10,6
Franco-arenoso	7,6	6,8	6,2	5,5

3. Efeito da farinha de sementes de mostarda associada a três texturas de solo e a um potencial de água na biofumigação de solo infestado por *M. exigua* em casa de vegetação.

Os substratos utilizados neste ensaio foram os mesmos do ensaio anterior. O experimento foi montado em vasos plásticos de 1,5 litros de capacidade. Os solos foram umedecidos até atingirem o potencial de – 30 kPa e foram infestados com 5000 ovos de *M. exigua*/vaso. Após o revolvimento dos mesmos para uma distribuição mais homogênea do inóculo, receberam a farinha desengordurada, na dose de 1,5 g/dm³ solo de solo, e foram revolvidos novamente. O solo de cada repetição foi vedado individualmente em saco plástico transparente e mantido em câmara de crescimento a 26°C, por 5 dias (d). Após esse período, os sacos plásticos foram abertos e o solo colocado nos vasos. Decorridos 2 d, mudas de pimentão com dois a quatro pares de folhas foram transplantadas para cada vaso e mantidas em casa de vegetação. Durante a condução do ensaio a média das temperaturas máximas do ar foi de 29,2 °C e das mínimas de 14,6 °C.

A avaliação foi realizada 90 d após o transplântio das mudas de pimentão, considerando-se o número de galhas e de ovos por sistema radicular de cada planta.

O experimento foi montado em esquema fatorial 3 X 2 (3 solos com adição ou não de farinha), com 8 repetições, em delineamento inteiramente casualizado. Os percentuais de redução de galhas e ovos, calculados da mesma forma que no ensaio anterior, foram submetidos à ANOVA e ao teste de Tukey (5%) no programa estatístico SAEG (Euclides, 1983).

4. Efeito da biofumigação com a farinha de sementes de mostarda em substratos para produção de mudas de café infestados com *M. exigua* em casa de vegetação.

Os substratos utilizados neste ensaio foram adquiridos de produtores de mudas de café na região de Viçosa. A 1,5 L de cada substrato adicionou-se água até aproximadamente 60% da capacidade de campo e 5 mL de inóculo na concentração de 5000 ovos/vaso, revolvendo-o para uma melhor homogeneização. Em seguida, acrescentou-se a farinha na dose 1,5 g/dm³ solo revolvendo a mistura novamente. Após esse procedimento os substratos foram colocados individualmente em sacos plásticos transparente, vedados e mantidos incubados em câmara de crescimento a 26°C por 7 d. Ao final desse período, os substratos foram retirados dos sacos e colocados nos respectivos vasos, e após 2 d, uma muda de café no estágio de dois pares de folhas foi transplantada para cada vaso, os quais mantiveram-se em casa de vegetação. Durante a condução do ensaio a média das temperaturas máximas do ar foi de 29,8 °C e das mínimas 18,9 °C.

A avaliação foi realizada 70 d após o transplântio das mudas de café, considerando-se o número de ovos por sistema radicular de cada planta.

O experimento foi montado em esquema fatorial 2 X 2 (2 substratos com adição ou não da farinha), com 8 repetições, em delineamento inteiramente casualizado. A redução absoluta no número de ovos foi calculada em relação à média de ovos obtida da testemunha. A partir desses dados obteve-se o percentual de redução de ovos em relação à testemunha. Estes dados foram submetidos a ANOVA no programa estatístico SAEG (Euclides, 1983).

Resultados

Efeito da farinha de sementes de mostarda na mortalidade de juvenis de segundo estágio (J2) de *M. exigua* *in vitro* em solos de diferentes classes texturais sob diferentes umidades.

Houve efeito significativo da textura do solo ($P < 0,05$) sobre a mortalidade dos J2 de *M. exigua*. A interação solo X potencial de água foi não significativa. A dose de $1,5 \text{ g/dm}^3$ da farinha resultou em percentual de mortalidade dos J2 acima de 93% (Tabela 6 e 7). Embora as médias fossem numericamente semelhantes, o substrato muito argiloso diferiu do franco arenoso com uma redução de aproximadamente 100% dos juvenis recuperados em relação à testemunha (Tabela 6). Isto significa que praticamente nenhum juvenil pôde ser recuperado após o tratamento com a farinha da mostarda, nas várias classes texturais estudadas. A farinha foi efetiva em reduzir a recuperação dos J2, traduzido aqui como o aumento do número de juvenis mortos, de forma semelhante em praticamente todas as combinações de textura do solo e umidade. A exceção foi a textura franco-arenosa no potencial de -500 kPa , tratamento no qual se observou o menor percentual de redução dos J2 (93,16%) em relação aos demais (Tabela 7). Com o desdobramento da interação solo X potencial de água foi possível detectar que, independentemente dos teores de água e da classe textural dos solos, o percentual de mortalidade dos J2 foi elevado, mesmo considerando o substrato com a textura franco-arenosa no potencial de -500 kPa .

Tabela 6 - Percentual de redução de juvenis de segundo estágio (J2) de *Meloidogyne exigua*, *in vitro*, em solos de diferentes classes texturais tratados com a farinha desengordurada de sementes de mostarda.

Solos	Redução de J2 (%)
Muito argiloso	99,54 ± 1,3 A
Franco-argilo-arenoso	98,79 ± 3,3 A B
Franco-arenoso	96,67 ± 6,6 B

Média de 8 repetições ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CV= 4,4 %.

Tabela 7 - Percentual de redução de juvenis de segundo estágio (J2) de *Meloidogyne exigua*, *in vitro*, em solos de diferentes texturas associados a diferentes potenciais de água tratados com a farinha desengordurada de sementes de mostarda.

Solos	Potencial de água (kPa)			
	-10	-30	-100	-500
	Redução de J2 (%)			
Muito argiloso	99,92 A	99,19 A	99,05 A	100,00 A
Franco-argilo-arenoso	97,38 A	98,44 A	100,00 A	99,34 A
Franco-arenoso	97,92 A	98,61 A	97,02 A	93,16 B

Média de 8 repetições. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. C.V. = 4,4%

Efeito da farinha de sementes de mostarda associada a três texturas de solo e a um potencial de água na biofumigação de solo infestado com *M. exigua* em casa de vegetação.

Não houve diferença significativa nos percentuais de redução de galhas e ovos entre os substratos testados (muito argiloso, franco-argilo-arenoso e franco-arenoso) (Tabela 8).

Com a dose de 1,5 g/dm³ da farinha de sementes de mostarda, atingiu-se acentuada redução no número de galhas e de ovos, independente da textura do solo. A umidade foi controlada apenas visualmente durante a condução do ensaio devido não ter havido diferença na taxa de mortalidade dos juvenis no ensaio anterior, exceto para o solo franco-arenoso no potencial de -500 kPa. Mas com esse nível de umidade no solo a planta entraria em estresse hídrico. Na montagem do ensaio utilizou-se o potencial de -30 kPa (cerca de 40-60% da capacidade de campo) pelo fato da maior facilidade para homogeneização do solo, farinha e inóculo nessa umidade. Nenhuma planta apresentou sintoma de fitotoxidez na dose adotada.

Tabela 8 - Percentual de redução de galhas e ovos em raízes de plantas de pimentão cultivadas em solos infestados com *Meloidogyne exigua* e tratados com a farinha desengordurada de sementes de mostarda.

Solos	Galhas (% redução)	Ovos (% redução)
Franco-arenoso	100,0	100,0
Franco-argilo-arenoso	99,9	100,0
Muito argiloso	99,8	100,0

Média de 8 repetições. C.V. = 0,19 %

Um fato observado visualmente, quanto ao desenvolvimento das plantas de pimentão, ocorreu naquelas cultivadas sob solo muito argiloso, tanto na presença quanto na ausência da farinha. Estas se apresentaram subdesenvolvidas em relação àquelas cultivadas nos solos franco-argilo-arenoso e franco-arenoso. Dados sobre a massa da matéria fresca do sistema radicular das mesmas apresentaram menores valores (Tabela 9). No teste de médias, realizado para as variáveis número de galhas e de ovos nas plantas testemunhas (não tratadas com a farinha), observou-se que houve diferença estatística entre os solos (Tabela 10 e 11). O número médio de galhas por sistema radicular foi menor no solo muito argiloso quando comparado àqueles obtidos nos solos franco-argilo-arenoso e franco-arenoso, os quais não diferiram entre si. Com relação ao número médio de ovos por planta, esse valor diferiu somente quando o solo muito argiloso foi comparado ao solo franco-argilo-arenoso.

Tabela 9 – Peso médio do sistema radicular de plantas de pimentão cultivadas em solo muito argiloso, franco-argilo-arenoso ou franco-arenoso, com ou sem a adição da farinha desengordurada.

Solos	Peso raiz (g)	
	Com farinha	Sem farinha
Muito argiloso	4,83	4,74
Franco-argilo-arenoso	7,80	9,54
Franco-arenoso	10,54	9,63

Tabela 10 – Número médio de galhas em raízes de plantas de pimentão cultivadas em solos infestados com *Meloidogyne exigua* não tratados com a farinha desengordurada de sementes de mostarda.

Solos	Médias
Franco-argilo-arenoso	402 A
Franco-arenoso	355 A
Muito argiloso	200 B

Média de 8 repetições. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. C. V = 22,73%

Tabela 11 - Número médio de ovos em raízes de plantas de pimentão cultivadas em solos infestados com *M. exigua* não tratados com a farinha desengordurada de sementes de mostarda.

Solos	Médias
Franco-argilo-arenoso	48789 A
Franco-arenoso	31936 AB
Muito argiloso	19861 B

Média de 8 repetições. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. C. V = 49,33%

Efeito da biofumigação com a farinha de sementes de mostarda em substratos para produção de mudas de cafeeiro infestados com *M. exigua* em casa de vegetação.

A farinha desengordurada incorporada aos substratos utilizados para a produção de mudas de café causou elevada redução no número de ovos com a dose de 1,5 g/ dm³ solo (Tabela 12). No entanto, no substrato de textura franco-argilo-arenosa o percentual de redução foi mais acentuado, 98,45%, comparado ao substrato de textura argilosa com 84,17% de redução. Nenhum sintoma de fitotoxidez foi observado nas mudas de cafeeiro nesta dose, nem tampouco houve a germinação de embriões de sementes da mostarda sobre os substratos.

Tabela 12 – Percentual de redução no número de ovos em raízes de cafeeiro cultivadas em substratos infestados com *Meloidogyne exigua* e tratados com a farinha desengordurada.

Substratos	% redução de ovos	
Franco-argilo-arenoso	98,5	A
Argiloso	84,1	B

Média de 7 repetições. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste F a 5%. C.V = 12,54%

Discussão

O efeito nematicida da farinha de sementes de *B. rapa* à dose de 1,5 g/dm³ solo resultou na mortalidade de mais de 96% dos juvenis de *M. exigua in vitro*. Nos estudos de Lima (2006), com diferentes espécies de *Meloidogyne* e *Heterodera glycines*, não houve diferença estatística na taxa de mortalidade entre as espécies testadas, a qual atingiu 97,7% com a dose de 0,1% da farinha.

Mas existem trabalhos em que os autores têm observado que o efeito na mortalidade de nematóides varia com as diferentes espécies. Com *Pratylenchus neglectus*, por exemplo, foi obtida apenas 55% de mortalidade do nematóide (Potter *et. al.*, (1998), mas esses autores empregaram farinha da folha de *B. rapa* e *B. napus*. Morra & Kirkegaard (2002) já tem demonstrado que a concentração dos glucosinolatos varia não só entre as variedades de brássicas, mas também entre os diferentes órgãos da planta. Além de que a toxicidade dos ITCs provenientes da incorporação de tecidos de brassicáceas é dependente não só da estrutura do composto como também da espécie alvo (Zasada & Ferris, 2003).

Suspeitava-se que no solo de textura muito argilosa a difusão dos gases voláteis liberados da biofumigação fosse prejudicada, reduzindo a eficiência de controle, uma vez que nestes tipos de solos a macroporosidade é menor e poderia dificultar a dissipação dos gases, mas curiosamente a biofumigação foi tão eficiente neste quanto nos outros solos. O que acontece é que solos

argilosos têm maior capacidade de retenção de água por possuir grande número de microporos, o que facilita o armazenamento da mesma. Com isso, há uma maior disponibilidade de solução no solo. O contrário é válido para solos de textura arenosa.

A água é fundamental no processo de hidrólise dos glucosinolatos e na conseqüente formação dos isotiocianatos (ITCs) (Lazzeri *et al.*, 2004). Se a quantidade de água no solo for insuficiente, a hidrólise poderá ser reduzida. A dispersão dos ITCs no solo também é afetada pelo conteúdo de água existente. Uma forma de reduzir a volatilização e aumentar a longevidade do ITC é aumentar o teor de água do solo (Borek *et al.*, 1995, Brown and Morra, 1997).

Dessa forma, o fato de no solo franco-arenoso o controle de *M. exigua* com a farinha desengordurada, *in vitro*, ter se mostrado menor, pode ter sido devido a baixa capacidade de retenção de água desse solo, e com isso a quantidade de água disponibilizada pode não ter sido o suficiente para a completa hidrólise dos glucosinolatos, formação e dispersão dos gases tóxicos voláteis através do solo, daí a eficiência de controle ter sido inferior.

Quanto à umidade, a eficácia da farinha desengordurada na dose de 1,5 g/dm³ foi moderadamente afetada somente na combinação solo franco-arenoso/potencial de água -500 kPa. A explicação para tal também segue o mesmo raciocínio feito anteriormente, ou seja, o potencial de -500 kPa pode não ter fornecido quantidade de água suficiente para reação de hidrólise. Deve-se ressaltar que neste mesmo solo nos potenciais de -10, -30 e -100 kPa a mortalidade dos juvenis foi elevada, o que evidencia que não houve limitação de umidade.

Brown & Morra (2005) já diziam que em solos mais secos é provável que se tenha menor disponibilidade de solução para reação de hidrólise dos glucosinolatos, apesar que o fator que mais limita a supressão dos patógenos é a liberação dos ITCs do tecido para o solo. Neste caso não existe tal limitação, pois para a obtenção dessa farinha, as sementes da mostarda passam pelo processo de moagem e extração do óleo, fazendo com que haja intensiva ruptura celular e mistura dos glucosinolatos à enzima mirosinase, os quais são armazenados em compartimentos diferenciados.

Morra & Kirkegaard (2002) obtiveram a liberação de ITCs duplicada ao saturar um solo de água comparado a um outro no potencial de água de -32 kPa. Por outro lado, Gimsing & Kirkegaard (2006) irrigaram o solo após a incorporação de tecido de brássicas com uma lâmina de água de 18 mm durante 3 h, porém não obtiveram aumento na liberação dos ITCs. Eles detectaram que do glucosinolato original, significantes quantidades (acima de 14%) não estavam hidrolizadas. Ressaltaram que a eficiência de liberação dos ITCs do tecido para o solo poderia ser melhorada manejando adequadamente a lâmina de água e a forma de incorporação do tecido ao solo.

Considerando-se que nos potenciais de água -10, -30 e -100 kPa nos solos franco-arenoso, franco-argilo-arenoso e muito argiloso o processo de biofumigação não foi afetado, pode-se concluir, que a umidade não foi um fator limitante para a biofumigação, exceto para o solo franco-arenoso com elevada restrição de umidade.

Apesar de no teste *in vitro* ter sido detectada uma pequena diminuição na mortalidade dos juvenis no solo franco-arenoso, em casa de vegetação a textura do solo não interferiu na eficiência de controle de *M. exigua*. A farinha desengordurada foi extremamente eficiente em todas as texturas de solos avaliadas, com redução acentuada (>99%) no número de galhas e 100% de redução no número de ovos.

Dhingra *et al.* (2004) compararam a eficiência do óleo de mostarda (95% de isotiocianato de alila) em dois solos, um arenoso e outro silto-argiloso infestados por *Rhizoctonia solani*, aplicando o isotiocianato de alila emulsificado às concentrações de 150 ou 200 µg/L de solo. Eles observaram que o controle do fungo foi de aproximadamente 90%, independente da textura do solo. Estes resultados corroboram aqueles obtidos com a farinha desengordurada, pois apesar de se tratar de produtos com formulações diferentes, ambos liberam o mesmo princípio ativo na forma de gás. A confirmação da eficiência de difusão dos gases no solo, independente da textura, torna a utilização dos produtos de mostarda menos restritiva para viveiristas e produtores que trabalham com diferentes substratos.

Com relação à testemunha, observou-se que a textura do solo exerceu influência tanto sobre o desenvolvimento das plantas como sobre a população do nematóide. Solos de textura mais pesada possuem maior número de

microporos, facilitando o armazenamento de água, porém menor número de macroporos, o que dificulta a expansão do sistema radicular das plantas. Dessa forma, o sistema radicular das plantas de pimentão cultivadas sob o solo muito argiloso, devido às suas características físicas, provavelmente exploraram menor volume de solo comparado aos demais. Se o sistema radicular é menos desenvolvido, menor é a quantidade de alimento disponível para os nematóides, e por isso, menor número de galhas e ovos foram encontrados neste solo. Conclui-se que o percentual de redução das galhas e ovos encontrado no solo muito argiloso tratado com a farinha foi devido não só a ação dos produtos voláteis da hidrólise enzimática dos glucosinolatos, mas a própria textura do solo exerceu certa redução na população do nematóide. Porém, deve-se ressaltar que a população que permaneceu neste solo foi eficientemente controlada pela biofumigação com a farinha de sementes de *B. rapa*.

A farinha foi eficiente na maioria das combinações de textura de solo e umidade, fato relevante para uma maior aceitação na implementação dessa tecnologia pelos produtores, pois o mesmo poderia utilizar variados conteúdos de água junto da incorporação da farinha para o tratamento de diferentes tipos de solo, sem o comprometimento da eficácia do produto.

É importante salientar que a eficiência da farinha desengordurada em condições de casa de vegetação aumenta a confiabilidade para o uso deste produto, pois estas se aproximam mais da realidade dos cultivos protegidos, viveiros de produção de mudas e até mesmo em canteiros no campo. O passo seguinte para consolidar esses resultados seria a aplicação da farinha desengordurada em tais condições.

No último ensaio, observou-se um efeito diferenciado quanto à ação nematicida em *M. exigua*, quando a farinha de sementes de mostarda foi incorporada aos substratos de diferentes classes texturais. Considerando que no ensaio anterior, com a mesma dose da farinha (1,5 g/dm³) e com solos de classes texturas próximas a esses substratos a supressão do nematóide foi efetiva independentemente da textura do solo, pode-se suspeitar que outro fator esteja interferindo negativamente no processo da biofumigação. Um fato relevante é que no preparo desses substratos foi feita a adição de esterco bovino, e o conteúdo de matéria orgânica quantificado em laboratório foi de

5,37 dag/Kg para o substrato argiloso e 3,84 dag/Kg para o substrato franco-argilo-arenoso. Borek *et al.* (1995) ressaltaram que grupos funcionais presentes nos ITCs podem reagir com grupos nucleofílicos presentes na matéria orgânica, o que resulta no aumento da adsorção destes compostos nos constituintes de solos ricos em matéria orgânica provocando um decréscimo na sua efetividade. Presume-se então, que a matéria orgânica seria a responsável pela diminuição na eficiência de controle encontrada no substrato argiloso, uma vez que este possui maior conteúdo de matéria orgânica que o substrato franco-argilo-arenoso. Neste substrato, com menos grupos nucleofílicos para adsorver o princípio ativo, a dose de 1,5 g/dm³ foi mais eficiente causando 98,45% de redução dos ovos de *M. exigua*.

Mesmo para os nematicidas sintéticos, sabe-se que solos com maiores teores de matéria orgânica e argila exigem aplicações de maiores quantidades do produto comparado a outros tipos de solos. Geralmente em solos orgânicos a taxa de aplicação do nematicida 1,3 D recomendada chega a ser duplicada (Westerdahl *et al.* 1988) e quando se muda de um solo de textura arenosa para um outro de textura argilosa, sugere-se um aumento de oito vezes na taxa de aplicação deste produto ou do brometo de metila (McKenry & Thomason, 1974 citado por Lembright, 1990).

Apesar de uma pequena diminuição na supressão de *M. exigua* no substrato argiloso com maior teor de carbono, deve-se considerar que uma redução de 84,17% ainda é bastante considerável. Desse modo, a farinha desengordurada das sementes de *B. rapa* é uma alternativa ecológica bastante promissora para o tratamento de substratos para a produção de mudas e poderia ser utilizada tanto por produtores que utilizam tecnologias convencionais como por produtores adeptos da agricultura orgânica.

A eficiência nematicida da farinha desengordurada foi diferenciada entre os dois substratos usados para a produção de mudas de cafeeiro, o que constitui num incentivo para que estudos posteriores sejam realizados no sentido de se determinar doses adequadas do produto para substratos com diferentes teores de matéria orgânica. Na biofumigação o fator matéria orgânica é um assunto complexo e merece investigações mais aprofundadas.

Mas, com relação a textura dos substratos (muito argiloso, franco-argilo-arenoso e franco-arenoso) pode-se inferir que as mesmas não interferiram na

biofumigação do solo infestado com o nematóide na dose de 1,5 g/dm³ da farinha, nem tampouco a umidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOREK, V., MORRA, M. J., BROWN, P. D., MCCAFFREY, J. P. 1995. Transformation of the Glucosinolate-Derived Allelochemicals Allyl Isothiocyanate and Allylnitrile in Soil. *J. Agric. Food. Chem.*, 43: 1935-1940.
- BROWN, J., MORRA, M. J. 2005. Glucosinolate-Containing Seed Meal as a Soil Amendment to Control Plant Pests. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy05osti/35254.pdf#search=%22Glucosinolate-Containing%20Seed%20Meal%20as%20a%20Soil%20Amendment%20to%22>> Acesso em 01 agos. 2006.
- BROWN, P. D., MORRA, M. J. 1997. Control of soil-borne plant pest using glucosinolate-containing plants. *Advances in Agronomy*, 61: 167-231.
- CARPENTER, J., GIANESSI, L., LYNCH, L. 2000. The Economic Impact of the Scheduled U.S. Phaseout of methyl bromide. National Center for Food and Agricultural Policy.
- DHINGRA, O. D., COSTA, M. L. N., SILVA JR, G. J. 2004. Potential of Allyl Isothiocyanate to Control *Rhizoctonia solani* Seedling Damping off and Seedling Blight in Transplant Production. *J. Phytopathology*, 152: 352-357.
- DUNIWAY, J. M. 2002. Status of Chemical Alternatives to Methyl Bromide for Pre-Plant Fumigation of Soil. *In: Symposium: Methyl Bromide Alternatives – Meeting the Deadlines. Phytopathology*, 92(12): 1337-1343.
- EUCLIDES, R. F. 1983. Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genética). Versão 5.0. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 59p.
- GIMSING, A. L., KIRKEGAARD, J. A. 2006. Glucosinolates and isothiocyanates concentration in soil following incorporation of *Brassica* biofumigants. *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 2255-2264.

GONÇALVES, W., THOMAZIELLO, R. A., MORAES, M. V., FERNANDO, J. A. R., COSTA, A. M., CORRI, T., JUNQUEIRA, C. A., LACERDA, L. A. O. 1978. Estimativas de danos ocasionados pelos nematóides do cafeeiro. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 6, Ribeirão Preto. Resumos, Rio de Janeiro, IBC/GERCA, s.d p.182-186.

HEALD, C. M. 1987. Classical Nematode Management Practices. In: Veech, J. A., Dickson, D. W. Vistas on Nematology: A Commemoration of the Twenty-fifth Anniversary of the Society of Nematologists, pp 100-104.

JAEHN, A., REBEL, E. K., MATIELLO, J. B. 1977. Estudo do efeito curativo de nematicidas em mudas de café infestado com *Meloidogyne incognita*. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 5., Guarapari,. Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, s.d. p. 32-33.

LAZZERI, L., LEONI, O., MANICI, L. M., 2004. Biocidal plant dried pellets for biofumigation. Industrial Crops and Products, 20: 59-65.

LEMBRIGHT, H. W. 1990. Soil Fumigation: Principles and Application Technology. Supplement to Journal of Nematology, 22(4S): 632-644.

LIMA, A. O. 2006. Uso da Mostarda (*Brassica rapa*) como biofumigante de solo no controle de *Meloidogyne incognita*. Dissertação de Mestrado em Fitopatologia. UFV/Viçosa. 55 p.

MCKENRY, M. V., THOMASON, I. J. 1974. 1,3 dichloropropene and 1,2 dibromoethane compounds: I. Movement and fate as affected by various conditions in various soils. II. Organism-dosage-response studies in the laboratory with several nematode species. Hilgardia, 42: 392-438.

MORRA, M. J., KIRKEGAARD, J. A. 2002. Isothiocyanate release from soil incorporated *Brassica* tissues. Soil Biology & Biochemistry, 34: 1683-1690.

NETSCHER, C., SIKORA, A. R. 1990. Nematode Parasites of Vegetables. *In*: Luc, M.; Sikora, R. A.; Bridge, J. Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. C.A.B International, pp 237-283.

POTTER, M. J., DAVIES, K., RATHJEN, A. J. 1998. Suppressive impact of glucosinolates in *Brassica* vegetable tissue on root lesion nematode *Pratylenchus neglectus*. *J. Chem. Eco.*, 24: 67-80.

SCHMITT, D. P. 1985. Preliminary and Advanced Evaluation of Nematicides. *In*: Sasser, J. N., Carter, C. C. (eds). An advanced treatise on *Meloidogyne*. Vol. I: Biology and Control. North Carolina state University Graphics, Raleigh, pp 241-248.

WESTERDAHL, B. B., CARLSON, H. C., RADEWALD, J. D. 1988. Fumigantes dispersal in a silty clay loam soil containing 10-12 percent stable organic matter. *Journal of Nematology*, 20: 664 (Abstr.).

ZASADA, I. A., FERRIS, H. 2003. Sensitivity of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans* to Isothiocyanates in Laboratory Assays. *Nematology*, 93(6): 747-750.

Conclusão geral

A farinha desengordurada de sementes de *Brassica rapa* teve ação nematostática na eclosão de juvenis de *Meloidogyne exigua*, nas doses de 0,375 e 0,75 g/dm³, mas apresentou ação nematicida com doses superiores a 1,5 g/dm³. Ela controlou a reprodução do nematóide em plantas de pimentão por reduzir o número de ovos numa média de 95%, com a dose de 2,0 g/dm³.

As texturas dos substratos (muito argiloso, franco-argilo-arenoso e franco-arenoso) não interferiram na biofumigação do solo infestado pelo nematóide com a dose da farinha de 1,5 g/dm³ solo, ou seja, o controle foi eficiente independente da textura do solo. Da mesma forma, a umidade do solo mantida dentro das necessidades da planta, também não influenciou a eficiência da biofumigação.