

Reação de Cultivares de Mamona a *Meloidogyne* spp. e Efeito dos Exsudatos Radiculares sobre *Meloidogyne enterolobii* e *M. graminicola**

Anderson V. Santos^{1**} & Cesar B. Gomes^{2**}

*Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, Universidade Federal de Pelotas (RS) Brasil.

¹Universidade Federal de Pelotas, C. Postal 354, 96010-610 Pelotas (RS) Brasil.

²Embrapa Clima Temperado, C. Postal 403, 96001-970 Pelotas (RS) Brasil.

**Autores para correspondência: andersonvieirasantos@msn.com, cesar.bauer@cpact.embrapa.br

Recebido para publicação em 12 / 11 / 2010. Aceito em 20 / 04 / 2011

Editado por Guilherme L. Asmus

Resumo - Santos, A.V. & C.B. Gomes. 2011. Reação de cultivares da mamona a *Meloidogyne* spp. e efeito dos exsudatos radiculares sobre *Meloidogyne enterolobii* e *M. graminicola*.

Avaliou-se a reação das cultivares de mamona ‘BRS Energia’, ‘CPACT 40’, ‘AL Guarani’, ‘IAC 80’, ‘Sara’, ‘Lyra’ e ‘Nordestina’ a *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. ethiopica*, *M. graminicola* e *M. enterolobii*. Mudanças dos diferentes genótipos, mantidas em casa de vegetação, foram inoculadas com 5.000 ovos de cada espécie de *Meloidogyne*. Plantas de arroz ‘BR Irga-410’ foram usadas como testemunhas para *M. graminicola* e de tomate ‘Rutgers’ para as demais espécies de *Meloidogyne*. Três meses após a inoculação, as raízes de cada planta foram avaliadas quanto ao número de galhas e fator de reprodução ($FR = Pf / Pi$) dos nematoides. Posteriormente, estudou-se o efeito *in vitro* dos exsudatos radiculares dos diferentes genótipos de mamona sobre a eclosão e motilidade de juvenis de segundo estágio (J2) de *M. enterolobii* e de *M. graminicola*. Verificou-se que todas as cultivares de mamona comportaram-se como imunes ou resistentes aos nematoides-das-galhas. Todos os exsudatos radiculares de mamona reduziram a motilidade dos J2 de *M. enterolobii*; entretanto, apenas aqueles provenientes de ‘CPACT 40’, ‘Sara’, e ‘Nordestina’ afetaram negativamente os J2 de *M. graminicola*. Pequeno efeito nematostático foi observado sobre a eclosão dos J2 de *M. graminicola* com os exsudatos de ‘CPACT 40’, ‘IAC 80’ e ‘Sara’. No entanto, verificou-se redução da eclosão dos J2 de *M. enterolobii* submetidos aos exsudatos da maioria dos genótipos. Estes resultados demonstraram que os exsudatos radiculares podem estar relacionados com a resistência da mamona às espécies de *Meloidogyne* avaliadas no estudo.

Palavras-chaves: *Ricinus communis*, nematoide, *Meloidogyne* spp., resistência, exsudatos

Summary - Santos, A.V. & C.B. Gomes. 2011. Reaction of castor bean cultivars to *Meloidogyne* spp. and effect of root exudates on *Meloidogyne enterolobii* and *M. graminicola*.

The reaction of different castor bean cultivars (BRS Energia, AL Guarani, Sara, Nordestina, Lyra, CPACT 40 and IAC 80) to *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. ethiopica*, *M. graminicola* and *M. enterolobii* was evaluated at greenhouse conditions. Seedlings of different genotypes were inoculated with 5,000 eggs of each nematode species per plant using six replications per treatment. Plants of rice ‘BR Irga-410’ were used as a control to *M. graminicola* and tomato ‘Rutgers’ to the other species. Three months after inoculation, the roots of each plant were evaluated by number of galls and by the nematode reproduction factor ($RF = Pf / Pi$). Subsequently, the effect *in vitro* of root exudates from each castor bean genotype was tested on the hatching and motility of second stage juveniles (J2) of *M. enterolobii* and *M. graminicola*. It was verified that all castor bean cultivars behaved as immune or resistant depending on the *Meloidogyne* species. All the root exudates of castor bean cultivars reduced the J2 motility of *M. enterolobii*; on the other hand, only that exudates from ‘CPACT 40’, ‘Sara’ and ‘Nordestina’ affected negatively the J2 of *M. graminicola*. Testing the root exudates of ‘CPACT 40’,

'IAC 80' and 'Sara', it was observed a weak nematostatic effect on the hatching of *M. graminicola* J2. However, reduction of *M. enterolobii* hatching was observed for the majority of the castor bean exudates. These results showed that the root exudates may be related to castor bean resistance to *Meloidogyne* spp.

Key words: *Ricinus communis*, nematodes, *Meloidogyne* spp., resistance, exudates.

Introdução

O gênero *Meloidogyne* constitui o grupo de fitonematoides de maior importância econômica na agricultura, por causarem perdas significativas nas mais variadas culturas e regiões do mundo (Sasser & Freckman, 1987). Plantas severamente atacadas por esses patógenos apresentam redução da parte aérea, decorrente do volume radicular reduzido e sistema vascular completamente desorganizado, devido à formação de galhas, comprometendo seriamente a absorção e translocação de água e nutrientes pela planta hospedeira (Carneiro, 2000).

As medidas de controle mais utilizadas no manejo de áreas infestadas por *Meloidogyne* spp., nas condições brasileiras, tem sido a rotação de culturas e o uso de cultivares resistentes. No entanto, este grupo de nematoides possui uma ampla gama de hospedeiros, o que dificulta a adoção dessas medidas (Ferraz & Freitas, 2004). Apesar da eficiência do controle químico em determinados casos, a sua ação temporária acaba favorecendo a ressurgência do patógeno, que, na ausência de inimigos naturais, pode atingir altos níveis populacionais rapidamente. Além disso, muitos nematicidas foram retirados do mercado devido a sua alta toxicidade ao homem e ao meio ambiente (Jatala, 1985). Práticas alternativas como a rotação de culturas com plantas antagonistas têm se mostrado eficazes na redução das populações do nematoide-das-galhas, na recuperação de áreas infestadas e na diminuição do impacto negativo causado ao ambiente quando comparado ao controle químico (Carneiro *et al.*, 1998).

A mamona (*Ricinus communis*) é uma oleaginosa de considerável importância econômica e social, cujas sementes são utilizadas para a extração de óleo de excelentes propriedades industriais. Além de ser uma planta rústica e com enorme capacidade adaptativa às várias regiões do Brasil (Silva *et al.*, 2005), resultados de pesquisa têm evidenciado o potencial da mamona em rotação de culturas para manejo de áreas infestadas

com fitonematoides, por ser considerada má hospedeira (McSorley *et al.*, 1994; Park *et al.*, 2004).

A mamona apresenta em sua composição química um alcaloide de elevada toxicidade, a ricina (Bandeira *et al.*, 2004), o qual apresenta efeito nematicida (Rich *et al.*, 1989). Nos poucos trabalhos relacionados à resistência genética da mamona a nematoides, ficou evidente o antagonismo desta planta a nematoides do gênero *Meloidogyne* (Rao *et al.* 1984; McSorley, 1999; Dias-Arieira *et al.* 2008; Lima *et al.*, 2009). Há, porém, relatos de suscetibilidade da cultura a *M. javanica*, *M. incognita* (Lordello, 1973), *M. arenaria* e a *M. hapla* (Whitehead, 1998). Além disso, não se conhece a reação de vários genótipos à maioria das espécies de nematoides-das-galhas. Segundo Peacock (1959), a resistência da mamona a *Meloidogyne* spp. deve-se à restrição do desenvolvimento ou reprodução dos nematoides no sistema radicular da planta. Além disso, no ambiente rizosférico pode ocorrer a ação de substâncias, na forma de exsudatos radiculares, antagônicas aos fitonematoides (Ferraz & Freitas, 2004). No entanto, muito pouco se sabe sobre os mecanismos envolvidos na resistência da mamona a estes patógenos.

Dessa forma, foi objetivo deste trabalho, avaliar a reação de diferentes cultivares de mamona aos nematoides-das-galhas *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. ethiopica*, *M. graminicola* e *M. enterolobii* Yang & Eisenback, 1983 (sin. *M. mayaguensis* Rammah & Hirschmann, 1988) em casa de vegetação; e estudar o efeito *in vitro* dos exsudatos radiculares dessas cultivares sobre a eclosão e motilidade de juvenis de segundo estágio (J2) de *Meloidogyne* spp.

Material e Métodos

Plantas de mamona das cultivares 'BRS Energia', 'CPACT 40', 'AL Guarani', 'IAC 80', 'Sara', 'Lyra' e 'Nordestina' foram avaliadas em casa de vegetação quanto à reação a seis espécies do nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.). Como inóculo dos nematoides,

utilizaram-se populações puras de *M. incognita* (Est. I2), *M. javanica* (Est. J3), *M. enterolobii* (Est. M3), *M. arenaria* (Est. A2), *M. ethiopica* (Est. E3), as quais foram mantidas e multiplicadas em tomateiro 'Rutgers', além de uma população pura de *M. graminicola* (Est. VS1), mantida e multiplicada em plantas de arroz 'BR IRGA 410', em casa de vegetação. As populações puras das diferentes espécies de *Meloidogyne* foram obtidas a partir de massas de ovos cujas fêmeas apresentaram o mesmo fenótipo esterástico quando submetidas à técnica de eletroforese conforme metodologia descrita por Carneiro & Almeida (2001).

A partir de raízes infectadas com *Meloidogyne* sp., procedeu-se à extração de ovos e J2 de cada espécie de nematoide-das-galhas utilizando-se a técnica de Hussey & Barker (1973). Os J2 utilizados nos testes *in vitro* foram obtidos pela incubação de parte da suspensão dos ovos em funil de Baermann modificado (Christie & Perry, 1951) a 25 ± 2 °C. Os J2 obtidos nas primeiras 24 horas foram descartados, e utilizaram-se apenas aqueles coletados com 48 horas de incubação, por se apresentarem mais ágeis.

Reação de cultivares de mamona a *Meloidogyne* spp. Inicialmente, procedeu-se à desinfecção das sementes de mamona em hipoclorito de sódio a 1 % (v / v) por um minuto, seguida da lavagem com água destilada esterilizada e semeadura em bandejas de isopor previamente desinfestadas com hipoclorito 1,5 % (v / v) e contendo solo esterilizado. O mesmo procedimento foi realizado com as sementes de arroz e tomate (testemunhas). Vinte dias após a germinação, as plântulas dos diferentes genótipos foram transplantadas para vasos contendo solo esterilizado, em casa de vegetação a temperatura de 25 ± 2 °C.

Uma semana após o transplante, cada planta de mamona foi inoculada separadamente com uma suspensão de 5.000 ovos de cada espécie de *Meloidogyne*. Como testemunhas suscetíveis para *M. incognita*, *M. enterolobii*, *M. ethiopica*, *M. arenaria* e *M. javanica*, plantas de tomateiro 'Rutgers' foram inoculadas com o mesmo nível de inóculo. Para *M. graminicola*, plantas de arroz 'BR Irga-410' inoculadas com o nematoide foram utilizadas como testemunhas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições para cada

tratamento (genótipo).

Decorridos noventa dias da inoculação, as raízes de cada planta foram separadas da parte aérea, lavadas e avaliadas quanto ao número de galhas. A seguir, as raízes foram processadas (Hussey & Barker, 1973) para avaliação do número de ovos e determinação do fator de reprodução ($FR = \text{população final} / \text{população inicial}$) de cada espécie de *Meloidogyne* nos diferentes genótipos. Foram consideradas resistentes as cultivares com $FR < 1,00$, imunes com $FR = 0,00$ e suscetíveis com $FR > 1,00$ (Oostenbrink, 1966). A seguir, os valores de número de galhas (transformados em $\sqrt{x+1}$) e de FR foram submetidos à ANOVA, sendo as médias dos tratamentos comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade, utilizando-se o programa SASM-AGRI (Canteri *et al.*, 2001).

Efeito de exsudatos radiculares de mamona sobre a eclosão e motilidade de J2 de *M. enterolobii* e *M. graminicola*

Plântulas de mamona cv. 'BRS Energia', 'CPACT 40', 'AL Guarani', 'IAC 80', 'Sara' e 'Nordestina' foram utilizadas para extração dos exsudatos. Como inóculo utilizou-se populações puras de *M. enterolobii* e *M. graminicola*.

O procedimento para extração dos exsudatos foi realizado com base na metodologia de Campos *et al.* (2006) modificada. Plântulas dos diferentes genótipos de mamona (quatro dias), tomate e arroz (10 dias), cultivadas em tubetes plásticos (50 ml) contendo areia fina esterilizada, em casa de vegetação, foram removidas, lavadas e transferidas para o interior de um tubo de extração, tomando-se o cuidado para não injuriar as raízes. Para obtenção dos tubos de extração (Figura 1), ponteiras plásticas para micropipetas de 1 a 5 ml, foram seccionadas a 2 cm de sua extremidade inferior, a qual foi coberta com 10 mm² de papel de filtro ($\varnothing = 14\mu\text{m}$) justaposto a uma tela de náilon ($\varnothing = 0,025$ mm). A seguir, este conjunto foi acoplado a um tubo tipo Eppendorf[®] de 2 ml, e imediatamente vedado com fita adesiva para evitar o desprendimento desta conexão (Figura 1). Logo após, cada tubo contendo a respectiva plântula, foi centrifugado a 1890 g por dez minutos, obtendo-se assim, os exsudatos radiculares, os quais foram congelados a -20 °C, na ausência de luz, até a sua utilização.

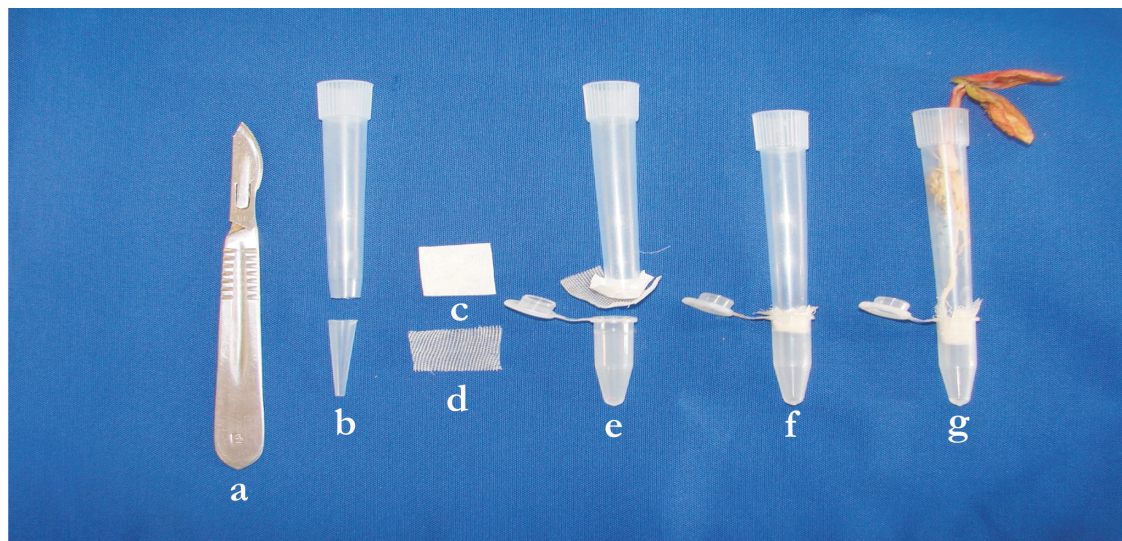


Figura 1 - Esquema demonstrando as etapas na preparação de materiais para a extração dos exsudatos de raízes de mamona: bisturi utilizado na secção de uma ponteira de 5 ml (a e b); papel de filtro (c); tela de náilon (d); ajuste do papel de filtro e da tela em um microtubo (e); acoplamento da ponteira com papel e tela no microtubo (f); inserção do sistema radicular de plântula de mamona no tubo de extração (g).

A condução deste bioteste foi realizada em placas de ELISA esterilizadas, onde, em cada cavidade da placa, inicialmente foi adicionada uma suspensão de 20 μ l de água destilada esterilizada contendo 30 ovos ou J2 de *M. graminicola* ou *M. enterolobii*. A seguir, colocou-se em cada orifício, 80 μ l da solução do exsudato radicular (80 %) de cada genótipo de mamona, separadamente. Como testemunha absoluta, adicionou-se 100 μ l de uma suspensão aquosa contendo 30 ovos ou J2 de cada espécie do nematoide, por cavidade da placa. Além disso, como testemunha para *M. graminicola* e *M. enterolobii*, os ovos ou J2 foram submetidos aos exsudatos radiculares de arroz e tomate, respectivamente, conforme metodologia utilizada para os exsudatos de mamona. Logo após, as placas foram vedadas com filme plástico, envoltas por papel alumínio (simulando condições de solo) e incubadas a $25 \pm 1^\circ$ C. O ensaio seguiu o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições para cada tratamento.

Decorridos vinte e quatro horas da incubação, avaliou-se, sob microscópio estereoscópico, o efeito dos diferentes exsudatos radiculares de mamona sobre a motilidade dos J2 de *M. enterolobii* e *M. graminicola*. Para tanto, adicionou-se a cada cavidade contendo os J2, uma alíquota de 10 μ l de hidróxido de sódio 1 N (Chen & Dickson, 2000) e, após trinta segundos,

contou-se o número de J2 móveis e imóveis dos nematoides em cada repetição para posterior determinação da motilidade dos J2 de ambas as espécies.

A avaliação da eclosão foi realizada no décimo segundo dia de incubação dos ovos das duas espécies de *Meloidogyne* submetidas aos diferentes tratamentos. Para tanto, procedeu-se à contagem do número de J2 eclodidos e posterior determinação da percentagem de juvenis eclodidos em cada repetição, sob microscópio estereoscópico.

A seguir, os valores de percentagem de motilidade e de eclosão dos J2 (transformados em $\sqrt{x/100}$), foram submetidos à ANOVA, sendo as médias dos diferentes tratamentos, comparadas entre si pelo teste de Duncan ($P \leq 0,05$) utilizando-se o programa SASM-AGRI (Canteri *et al.*, 2001).

Resultados e Discussão

Reação da cultura da mamona a *Meloidogyne* spp. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, observou-se que os genótipos de mamona avaliados reagiram de forma resistente ou imune as diferentes espécies de *Meloidogyne* testadas, diferenciando-se significativamente das testemunhas. Na avaliação da resistência da mamona a *M. incognita* e *M. graminicola*, verificou-se que todos os genótipos

testados foram imunes a estas espécies (Tabela 1). Com relação a *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. enterolobii*, os mesmos genótipos foram resistentes ($0,01 < FR < 0,12$) e apresentaram um número muito pequeno de galhas nas raízes. Entretanto, na avaliação da suscetibilidade da cultura a *M. ethiópica*, as cultivares ‘CPACT 40’ e ‘Al Guarani’ foram resistentes ($0,02 < FR < 0,05$) e as demais, imunes ao nematoide, não sendo possível visualizar a presença de galhas em nenhum dos genótipos testados.

Na literatura, a resistência de plantas de mamona ao nematoide das galhas refere-se, particularmente, às espécies *M. incognita*, *M. arenaria* e *M. javanica*. McSorley (1999), avaliando a reação da mamona a esses nematoides, verificou a imunidade das plantas testadas às três espécies de *Meloidogyne*. Dias-Arieira *et al.* (2009), estudando a resistência de diferentes cultivares de mamona a *Meloidogyne* spp., observaram que todos os materiais testados foram resistentes a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. paranaensis*, e as cultivares ‘Al Guarani’ e ‘IAC 80’ apresentaram reação semelhante aquela obtida neste estudo (Tabela 1). Entretanto, apesar dos autores verificarem número de galhas significativamente inferiores à testemunha, no presente estudo, não foi detectada a presença de galhas nas raízes dos genótipos de mamona inoculados com *M. incognita* e *M. javanica*.

Na avaliação dos genótipos a *M. ethiópica*, exceto as cultivares ‘CPACT 40’ e ‘AL Guarani’ ($0,02 < FR < 0,05$), todas as demais foram imunes ao nematoide,

não tendo sido possível visualizar a presença de galhas em nenhum dos genótipos testados. Estes dados se assemelham aos resultados obtidos por Lima (2008) em uma pesquisa de seleção de plantas antagonicas a *M. ethiópica*, onde a autora verificou que a cultivar ‘IAC 80’ foi imune ao nematoide, sendo considerada, portanto, uma excelente planta antagonista para uso em rotação de culturas. A imunidade das diferentes cultivares de mamona a *M. graminicola* encontrada neste trabalho, se assemelha aos estudos de Rao *et al.* (1984), os quais relataram a resistência da cultura a esse nematoide. No Rio Grande do Sul, essa espécie foi identificada em lavouras de arroz de vários municípios (Steffen, 2007; Gomes *et al.*, 2009). Na literatura, culturas anuais como arroz, cebola, alface e berinjela (Siciliano, 1990; Gergon *et al.*, 2001; Padgham *et al.*, 2004), têm sido relatadas como hospedeiras de *M. graminicola*. Assim, o cultivo de mamona em áreas infestadas por essa espécie pode ser uma boa opção para uso em rotação de culturas visando à supressão do nematoide das áreas infestadas.

Apesar da resistência dos genótipos de mamona a *M. enterolobii* ($FR = 0,03$ a $0,12$), foi possível observar a formação de galhas em todos os materiais testados (Tabela 1). Entretanto, a presença de massas de ovos nas raízes foi detectada apenas na cultivar ‘CPACT 40’, ao contrário do que ocorreu quando outras espécies de *Meloidogyne* foram inoculadas no mesmo genótipo. De acordo com Carneiro *et al.* (2001), *M. enterolobii* (sin. *M. mayaguensis*) é uma espécie de alta

Tabela 1 - Número de galhas (NG), fator de reprodução (FR) e reação de genótipos de mamona (RG) a *Meloidogyne javanica*, *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. graminicola*, *M. ethiópica* e *M. enterolobii*, em casa de vegetação.

Genótipos	<i>M. javanica</i>			<i>M. incognita</i>			<i>M. arenaria</i>			<i>M. graminicola</i>			<i>M. ethiópica</i>			<i>M. enterolobii</i>		
	NG ¹	FR	RG ²	NG ¹	FR	RG ²	NG ¹	FR	RG ²	NG ¹	FR	RG ²	NG ¹	FR	RG ²	NG ¹	FR	RG ²
BRS Energia	0 a	0,01 a	R	0 a	0,00 a	I	0 a	0,03 a	R	0 a	0,00 a	I	0 a	0,00 a	I	0,66 a	0,12 a	R
CPACT 40	0 a	0,10 a	R	0 a	0,00 a	I	0 a	0,13 a	R	0 a	0,00 a	I	0 a	0,02 a	R	0,50 a	0,03 a	R
AL Guarani	0 a	0,03 a	R	0 a	0,00 a	I	0 a	0,03 a	R	0 a	0,00 a	I	0 a	0,05 a	R	0,33 a	0,03 a	R
IAC80	0 a	0,04 a	R	0 a	0,00 a	I	2,33 a	0,12 a	R	0 a	0,00 a	I	0 a	0,00 a	I	1,33 a	0,07 a	R
Sara	0 a	0,25 a	R	0 a	0,00 a	I	0 a	0,03 a	R	0 a	0,00 a	I	0 a	0,00 a	I	2,00 a	0,03 a	R
Lyra	0 a	0,02 a	R	0 a	0,00 a	I	0 a	0,07 a	R	0 a	0,00 a	I	0 a	0,00 a	I	0,66 a	0,06 a	R
Nordestina	0 a	0,27 a	R	0 a	0,00 a	I	0 a	0,07 a	R	0 a	0,00 a	I	0 a	0,00 a	I	1,33 a	0,04 a	R
Arroz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	188 b	18,2 b	S	-	-	-	-	-	-
Tomateiro	1058 b	68,9 b	S	316,1 b	16,4 b	S	1451,5 b	26,8 b	S	-	-	-	1339b	56,4b	S	679,16 b	18,1 b	S
C.V.(%)	16,379	23,16		47,44	36,76		62,96	68,00		22,14	28,74		57,83	106,1		61,42	106,19	

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P \leq 0,05$).

¹Valores originais transformados em $\sqrt{x+1}$

²R = resistente ($FR < 1,00$), I = imune ($FR = 0,00$), S = suscetível ($FR > 1,00$).

virulência, com potencial de multiplicação superior a *M. incognita* em cultivares suscetíveis ou portadores do gene *Mi* em tomateiro, assim como também em outras espécies resistentes a *M. incognita*, *M. arenaria* e *M. javanica*. No entanto, apesar da reação de resistência, o desenvolvimento de massas de ovos de *M. enterolobii* nas raízes do genótipo 'CPACT 40' pode estar relacionado à maior agressividade desta espécie do nematoide das galhas em relação às demais avaliadas.

Os resultados obtidos nesse estudo demonstram, portanto, o excelente potencial de utilização da mamona na supressão das diferentes espécies do nematoide das galhas visando a recuperação de áreas infestadas. Essas evidências podem ser constatadas em trabalhos realizados a campo em diferentes regiões do globo. Na Flórida, McSorley & Dickson (1995) observaram que a rotação de culturas com mamona foi capaz de reduzir significativamente a densidade de *M. incognita* em apenas um ciclo de cultivo. Resultados semelhantes foram obtidos por Rao *et al.* (1998) em cultivo de berinjela associada com mamona e micorriza (*Glomus fasciculatum*) no controle de *M. incognita*. Da mesma forma, Rodrigues-Kábana *et al.* (1991), avaliando o efeito supressor da mamona em rotação de culturas, em uma área infestada por *M. arenaria*, observaram que as parcelas cultivadas apenas com amendoim apresentaram densidades do nematoide vinte vezes maiores do que aquelas cultivadas com mamona, logo no primeiro ano de avaliação.

Efeito de exsudatos radiculares da cultura da mamona na eclosão e motilidade de J2 de *M. enterolobii* e *M. graminicola*. Os exsudatos provenientes das cultivares avaliadas apresentaram efeito sobre as diferentes variáveis analisadas para ambas espécies do nematoide das galhas, sendo o efeito *in vitro* muito mais pronunciado sobre a eclosão e motilidade dos J2 de *M. enterolobii* (Tabela 2). Todos exsudatos de mamona avaliados reduziram drasticamente a motilidade dos J2 de *M. enterolobii* (96,35 a 100 %), quando comparados às testemunhas água e exsudato de tomate (Tabela 2). Entretanto, somente os exsudatos das cvs. 'CPACT 40', 'Nordestina' e 'Sara' afetaram negativamente a motilidade dos J2 de *M. graminicola*, quando comparadas às testemunhas onde o nematoide foi exposto ao exsudato de arroz e água ($P < 0,05$). De acordo com Ferraz & Freitas (2004), os exsudatos de plantas antagonistas a nematoides podem desfavorecer a atração dos J2 nas raízes ou mesmo na penetração do nematoide na planta, interferindo assim no ciclo de vida destes patógenos e na sua interação com a planta hospedeira.

Conforme os dados apresentados na Tabela 2, os exsudatos de mamona 'Al Guarani', 'BRS Energia', 'Cpact 40', 'Sara' e 'Nordestina' proporcionaram redução na eclosão dos J2 de *M. enterolobii*, em relação às testemunhas, reduzindo em média, 40,22 % da eclosão do nematoide aos 12 dias de incubação. No entanto, quando avaliada a influência dos exsudatos

Tabela 2 - Efeito de exsudatos radiculares de seis genótipos de mamona sobre a motilidade e eclosão de juvenis de segundo estágio (J2) de *M. graminicola* e *M. enterolobii*.

Tratamentos	<i>M. graminicola</i>		<i>M. enterolobii</i>	
	Motilidade (%) ¹	Eclosão aos 12 dias (%) ¹	Motilidade (%) ¹	Eclosão aos 12 dias (%) ¹
Testemunha ²	100,00 a	5,48 ab	50,67 b	42,40 a
Água	100,00 a	15,12 a	99,07 a	39,61 a
Al Guarani	100,00 a	5,02 b	0,00 c	24,51 b
BRS Energia	100,00 a	2,27 c	0,00 c	28,93 b
IAC 80	96,42 ab	2,43 c	0,75 c	35,88 a
CPACT 40	95,38 bc	0,00 c	1,85 c	23,98 b
Sara	94,27 bc	1,04 c	0,00 c	26,19 b
Nordestina	91,00 c	5,11 b	0,00 c	18,95 b
CV (%)	3,30	37,70	36,82	21,53

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P \leq 0,05$).

¹Valores de percentagem originais transformados em arc sen $\sqrt{x/100}$.

²Testemunha para *M. graminicola* = exsudato radicular de plântulas de arroz; testemunha para *M. enterolobii* = exsudato radicular de plântulas de tomate.

radiculares sobre a eclosão dos juvenis de *M. graminicola*, aqueles tratamentos com mamona ‘Nordestina’ e ‘Al Guarani’ não diferiram da testemunha “arroz”, muito embora nos tratamentos em que a redução da porcentagem de eclosão dos nematoides tenha sido significativa, o efeito nematostático foi muito pequeno (4,72- 9,0 %) (Tabela 2). Segundo Campos *et al.* (2006), exsudatos de plantas antagonistas ou más hospedeiras ao nematoide das galhas, além de afetar a mobilidade destes patógenos, podem também afetar a eclosão, interferindo nas divisões celulares do nematoide dentro do ovo, retardando o ciclo do nematoide até o rompimento da cutícula pelos J2, ou mesmo servindo como fator de inibição da eclosão por algum composto com efeito nematostático (Ferraz & Freitas, 2004).

Apesar de não ter sido observado influência negativa do exsudato de arroz sobre a mobilidade dos J2 de *M. graminicola* submetidos a 24 horas de incubação (Tabela 2), a pequena redução da eclosão detectada neste tratamento testemunha pode ser atribuída à sensibilidade dessa espécie ao maior tempo de exposição do nematoide ao exsudato (12 dias). Segundo Silveira & Freitas (2007), a idade da planta, as condições de estresse, o tipo de solo, assim como, a presença de microorganismos na rizosfera, podem alterar a exsudação radicular, tanto qualitativamente quanto quantitativamente. Além do mais, a concentração dos exsudatos utilizadas nesse bioensaio (80 %) pode não ter sido a mais adequada, tomando-se por base a metodologia de Campos *et al.* (2006) para extração de exsudatos radiculares de *Brachiaria decumbens* L., o que demandaria ajustes e novos testes para comprovar tal hipótese.

Os resultados obtidos neste experimento demonstram que os exsudatos de mamona interferem tanto na motilidade quanto na eclosão do nematoide das galhas, apontando para uma possível influência dos exsudatos radiculares da mamona na reação de resistência e imunidade da mamona a *M. enterolobii* e *M. graminicola* (Tabela 1). Campos *et al.* (2006) avaliando o efeito de exsudatos de plantas antagonistas ao nematoide das galhas em outro patossistema, verificaram que a irrigação de substrato com exsudatos radiculares de *B. decumbens* resultou na redução da penetração e formação de fêmeas de *M.*

javanica em soja suscetível. Segundo Curtis (2008), os exsudatos radiculares são formados por compostos como enzimas, CO₂, íons, aminoácidos, açúcares e metabólitos, capazes de alterar o comportamento dos nematoides do solo. Além disso, o ambiente rizosférico é rico em outras substâncias como secreções, mucilagens, mucigel e lisados celulares, ambos capazes de interferir nas interações planta-microorganismos do solo (Campbell & Greaves, 1990).

Hubbard *et al.* (2005) observaram que exsudatos extraídos da região da coifa de plantas de ervilha foram capazes de diminuir a motilidade de *M. incognita* e *Caenorhabditis elegans* em condições de laboratório. Exsudatos radiculares extraídos de outras plantas como o gergelim também inibiram a eclosão e a penetração de *M. incognita* em condições de laboratório (Tanda *et al.*, 1989). Em experimento realizado por Castro *et al.* (1989), foram obtidos diferentes componentes químicos de exsudatos radiculares de pepino, sendo que cada uma das substâncias obtidas foi capaz de atrair ou repelir *Meloidogyne incognita* em condições de laboratório.

Com base nos resultados obtidos nesse trabalho, pode-se inferir que existem cultivares de mamona resistentes a *M. enterolobii*, *M. arenaria*, *M. javanica*, *M. ethiopica*, *M. incognita* e *M. graminicola*, e que a cultura da mamona serve como alternativa na supressão dos nematoides das galhas, podendo ser utilizada em esquemas de rotação de culturas em áreas infestadas por esses nematoides. Além disso, o conhecimento dos mecanismos de resistência, o fracionamento e a identificação de compostos aleloquímicos encontrados nos exsudatos da mamona pode contribuir no esclarecimento de como se dão os processos e interações entre os nematoides e a rizosfera dessas plantas, assim como, servir de base na inovação de produtos utilizados no controle de fitonematoides a partir de sua manipulação genética e biotecnológica, possibilitando a produção de nematicidas com menor persistência no solo e toxicidade ao meio ambiente.

Literatura Citada

- BANDEIRA, D.A., W.V. CARTAXO & N.E.M. BELTRÃO. 2004. Resíduos Industriais da Mamona como Fonte Alternativa na Alimentação Animal. Embrapa Algodão, Campina Grande (PB), p. 37.

- CAMPBELL, R. & M.P. GREAVES. 1990. Anatomy and community structure of the rhizosphere. In: LYNCH, J.M. The Rhizosphere (ed). John Wiley, New York - EUA, p. 11-34.
- CAMPOS, H.D., V.P. CAMPOS & J.L. COIMBRA. 2006. Efeito de exsudato radicular de *Brachiaria decumbens* e de sorgoleone de *Sorghum bicolor* no desenvolvimento de *Meloidogyne javanica*. Nematologia Brasileira, 30 (1): 59-65.
- CANTERI, M.G., R.A. ALTHAUS, J.S. VIRGENS FILHO, E.A. GIGLIOTI & C.V. GODOY. 2001. SASM - AGRI: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan. Revista Brasileira de Agrocomputação, 1 (2): 18-24.
- CARNEIRO, R.G. 2000. Efeitos de *Meloidogyne incognita* raça 3 e *M. javanica* sobre a absorção e translocação de nitrogênio, fósforo e cálcio e sobre a partição de carbono em cultivares de soja. (Tese de Doutorado). ESALQ - Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP), 96 p.
- CARNEIRO, R.M.D.G. & M.R.A. ALMEIDA. 2001. Técnica da eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides das galhas para identificação de espécies. Nematologia Brasileira, 25 (1): 35-44.
- CARNEIRO, R.M.D.G., F.L.C. CARVALHO & S.M. KULCZYNSKI. 1998. Seleção de plantas para o controle de *Mesocriconema xenoplax* e *Meloidogyne* sp. através de rotação de culturas. Nematologia Brasileira, 22 (2): 41-48.
- CARNEIRO, R.M.D.G., W.A. MOREIRA, M.R.A. ALMEIDA & A.C.M.M. GOMES. 2001. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. Nematologia Brasileira, 25 (2): 223-228.
- CASTRO, C.E., N.O. BELSER & H.E. MCKINNEY. 1989. Quantitative bioassay for chemotaxis with plant parasitic nematodes: attractant and repellent fractions for *Meloidogyne incognita* from cucumber roots. Journal of Chemical Ecology, 15 (4): 1297-1309.
- CHEN, S.Y. & D.W. DICKSON. 2000. A technique for determining live second-stage juveniles of *Heterodera glycines*. Journal of Nematology, 32: 117-121.
- CHRISTIE, J.R. & V.G. PERRY. 1951. Removing nematodes from soil. Proceedings of Helminthological Society of Washington, 18: 106-108.
- CURTIS, R.H.C. 2008. Plant-nematode interactions: environmental signals detected by the nematodes chemosensory organs control changes in the surface cuticle and behaviour. Parasite, 15: 310-316.
- DIAS-ARIEIRA, C.R., C.M. YAMAGATA, S.M. SANTANA, & M.L. SILVA. 2008. Comportamento de genótipos de mamona (*Ricinus communis*) frente a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, XLI, Belo Horizonte. Resumos, p. 248-248.
- DIAS-ARIEIRA, C.R., S.M. SANTANA, M.L. SILVA, C. FURLANETTO, R.C.F. RIBEIRO & C.A. LOPES. 2009. Reação de cultivares de mamona (*Ricinus communis* L.) e girassol (*Helianthus annuus* L.) a *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* e *M. paranaensis*. Nematologia Brasileira, 33 (1): 61-66.
- FERRAZ, S. & L.G. FREITAS. 2004. Use of antagonistic plants and natural products. In: Z.X. CHEN, S.Y. CHEN & D.W. DICKSON. (ed) Nematology – Advances and Perspectives. CABI, Wallingford - UK, p. 931-960.
- GERGON, B.E., S.A. MILLER, R.G. DAVIDE, O.S. OPINA & S.R. OBIEN. 2001. Evaluation of cultural practices (surface burning, deep ploughing, organic amendments) for management of rice root-knot nematode in rice – onion cropping system and their effect on onion (*Allium cepa* L.) yield. International Journal of Pest Management, 47 (4): 265-272.
- GOMES, C.B.R.B. STEFFEN, & Z.I. ANTONIOLLI. 2009. Levantamento do Nematóide das galhas (*Meloidogyne* spp.) em Arroz Irrigado na Região Sul do Brasil. Embrapa Clima Temperado, Pelotas (RS). Boletim de Pesquisa e Extensão, 87.
- HUBBARD, J.E., Y. FLORES-LARA, M. SCHIMITT, M.A. McCLURE, STOCK, S.P. & M.C. HAWES. 2005. Increase penetration of host roots by nematodes after recovery from quiescence induced by root cap exudate. Nematology, 7 (3): 321-331.
- HUSSEY, R.S. & K.R. BARKER. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. Plant Disease Reporter, 57: 1025-1028.
- JATALA, P. Biological control of nematodes. 1985. In: SASSER, J.N. & C.C. CARTER. An Advanced Treatise on *Meloidogyne* Biology and Control. (ed). North Carolina State University Graphics, Raleigh (NC) EUA, p.303-308.
- LIMA, E.A. 2008. Seleção de plantas antagonistas para manejo de *Meloidogyne ethiopica* em videira e quivi. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Agronomia e Veterinária - Universidade Federal de Brasília, Brasília (DF), 55 p.
- LIMA, E.A., J.K. MATTOS, A.W. MOITA, R.G. CARNEIRO & R.M.D.G. CARNEIRO. 2009. Host status different crops for *Meloidogyne ethiopica* control. Tropical Plant Pathology, 34 (3): 152-157.
- LORDELLO, L.G..E. 1973. Nematoides das Plantas Cultivadas. 2ª. ed. Nobel, São Paulo (SP), 197 p.
- McSORLEY, R., R.W. DICKSON & J.A. BRITO. 1994. Host status of selected tropical rotation crops to four populations of root-knot nematodes. Nematropica, 24 (1): 45-53.
- McSORLEY, R. & R.W. DICKSON. 1995. Effect of tropical rotation crops on *Meloidogyne incognita* and other plant-parasitic nematodes. Supplement to the Journal of Nematology, 27 (4S): 535-544.
- McSORLEY, R. 1999. Host suitability of potential cover crops for root-knot nematodes. Supplement Journal

- of Nematology, 31 (4): 619-623.
- OOSTENBRINK, M. 1966. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Mendelingen Landbouwhogeschool, Wageningen - Nederlands, 66: 1-46.
- PADGHAM, J.L., G.S. ABAWI, J.M. DUXBURY & M.A. MAZID. 2004. Impact of wheat on *Meloidogyne graminicola* populations in the rice-wheat system of Bangladesh. Nematropica, 34 (2): 183-190.
- PARK, S.D., J.C. KIM & Z. KHAN. 2004. Host status of medicinal plants for *Meloidogyne hapla*. Nematropica, 34 (1): 39-43.
- PEACOCK, F.C. 1959. The development of a technique for studying the host parasite relationships of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* under controlled conditions. Nematologica, 4 (1): 43-45.
- RAO, Y.S., J.S. PRASAD, C.P. YADAV & C.R. PADALIA. 1984. The influence of rotation crops in rice on the dynamics of parasitic nematodes. Biological Agriculture and Horticulture, 2 (1): 69-78.
- RAO, M.S., P.P. REDDY, M. SUKHADA & M. NAGESH. 1998. Management of root-knot nematode on egg plant by integrating endomycorrhiza (*Glomus fasciculatum*) and castor (*Ricinus communis*) cake. Nematologia Mediterranea, 26 (2): 217-219.
- RICH, J.R., G.S. RAHI, C.H. OPPERMAN & E.L. DAVIS. 1989. Influence of the castor bean (*Ricinus communis*) lectin (ricin) on motility of *Meloidogyne incognita*. Nematropica, 19 (1): 99-103.
- RODRIGUEZ-KÁBANA, R., D.G. ROBERTSON, C.F. WEAVER & L. WELLS. 1991. Rotations of bahiagrass and castor bean with peanut for the management of *Meloidogyne arenaria*. Supplement to Journal of Nematology, 23 (4s): 658-661.
- SASSER, J.N. & D.W. FRECKMAN. 1987. A world perspective on nematology; the role of the society. In: VEECH, J.A. & D.W. DICKSON (ed). Vistas on Nematology. Society of Nematologists, DeLeon Springs (FL) EUA, p. 7-14.
- SICILLANO, S.R. 1990. Hospedabilidade de diferentes espécies vegetais ao nematoide das galhas *Meloidogyne graminicola*. (Dissertação de Mestrado). ESALQ - Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP), 34 p.
- SILVA, S.D.A, A. ANDRES, B. UENO, C.A. FLORES, C.B. GOMES, C.N. PILLON, D. ANTHONISEN, E.B. MACHADO, G. THEISEN, M. MAGNANI, M.S. WREGE & R.F. AIRES. 2005. A Cultura da Mamona na Região de Clima Temperado: Informações Preliminares. Embrapa Clima Temperado, Pelotas (RS), 56 p. (Documento 149).
- SILVEIRA, A.P.D. & S.S. FREITAS. 2007. Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental. Instituto Agronômico, Campinas (SP), 312 p.
- STEFFEN, R.B. 2007. Caracterização, controle alternativo e reprodução de *Meloidogyne graminicola* em cultivares de arroz irrigado submetidos a diferentes regimes de umidade. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Agronomia - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), 96 p.
- TANDA, A.S., A.S. ATWAL & Y.P.S. BAJAJ. 1989. In vitro inhibition of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by sesame root exudate and its amino acids. Nematologica, 35 (1): 115-124.
- WHITEHEAD, A. 1998. Plant Nematode Control. CAB International, New York (NY) EUA, 384 p.