

## 1 INTRODUÇÃO

O tomateiro cultivado (*Lycopersicon esculentum* Mill.) pertence à família Solanaceae. Embora sendo planta perene, a cultura é anual e seu ciclo varia de quatro a sete meses.

A fonte silvestre, que deu origem ao tomate cultivado atualmente, foi a espécie *L. esculentum* var. *cerasiforme* (Dunal) originada na região andina, delimitada pelo Equador, Chile e Peru, sendo levada posteriormente para o México, centro secundário, onde foi cultivada e melhorada (FILGUEIRA, 2000).

Hoje, o tomate é cultivado e consumido em diversos países, ao natural ou industrializado, ocupando a segunda posição mundial entre as hortaliças, em importância econômica, sendo a China o maior produtor mundial, com produção anual de 30,14 milhões de toneladas. No Brasil, é a hortaliça com maior volume de comercialização, o país destaca-se como o sexto maior produtor mundial e o primeiro da América Latina, com produção anual de três milhões de toneladas plantadas numa área de 57,6 mil hectares. O estado de Goiás destaca-se como o maior produtor brasileiro (AGRIANUAL, 2008).

Segundo Kurozawa & Pavan (1997), a cultura do tomateiro está sujeita a várias doenças que, dependendo do nível de resistência genética do cultivar usado, podem limitar a produção. A importância de uma ou mais doenças em uma dada região depende de vários fatores, tais como temperatura, umidade, época do ano, variedades e/ou híbridos cultivados, condições de cultivo e manejo da cultura.

O estado do Maranhão apresenta condições edafoclimáticas favoráveis à sobrevivência de patógenos, principalmente de solo, o que favorece o aumento na suscetibilidade do tomateiro às doenças nessa região, muitas vezes, inviabilizando o seu cultivo. Entre os patógenos de importância econômica para a cultura no estado, os nematóides do gênero *Meloidogyne* são bastante limitantes, sua presença na cultura induz a perdas quantitativas, contribuindo para um maior custo de produção e perdas na produtividade.

Plantas parasitadas por nematóides apresentam menor eficiência do sistema radicular para realização de suas funções de absorção e condução de nutrientes (LORDELLO, 1988), resultando, segundo Sasser & Freckman (1987), em perdas na

produtividade agrícola mundial estimadas em 12,3%, cerca de 100 bilhões de dólares anualmente.

As condições edafoclimáticas do Maranhão, aliadas à dificuldade no controle de *Meloidogyne* spp, inviabilizam economicamente o cultivo do tomate no estado, resultando em um custo elevado ao consumidor final, devido à necessidade de importação do produto.

Medidas de controle desses nematóides, como variedades resistentes e aplicação de nematicidas ainda são pouco eficientes. Vários são os entraves na utilização desses produtos, pois são pesticidas de alta toxicidade que além de trazerem danos à saúde humana, causam sérios impactos ambientais. Há uma grande preocupação com os riscos acarretados devido ao uso excessivo de nematicidas, pois se verifica a constante presença de resíduos de agroquímicos em alimentos e a contaminação do ambiente, pondo em risco a saúde tanto do produtor, que usa o agrotóxico, quanto do consumidor. Não obstante, estes insumos químicos oneram os custos de produção por serem produtos muito caros, além disso, o uso de nematicida por si só, não é capaz de controlar eficientemente esses patógenos.

A preservação da integridade do ambiente e a necessidade de estratégias mais eficientes e seguras para controle de fitopatógenos são fatos relevantes na agricultura atual. Muitas são as pesquisas que têm como objetivo a integração de agentes de controle biológico e outras estratégias de controle de nematóides como o manejo integrado, que é a associação de todas as formas de controle, de maneira racional e inteligente, visando a minimização dos danos causados pelo patógeno. Nesse sentido, o grande desafio dos pesquisadores é desenvolver tecnologias de controle aplicadas através de práticas agrícolas que mantenham ou aumentem a produtividade sem, contudo, agredir o meio ambiente.

Dentre as práticas baseadas nos princípios agroecológicos, a incorporação ao solo de matéria orgânica de diversos tipos tem despontado como um dos métodos mais promissores na supressão de patologias de plantas e já foi registrada como método eficiente no controle de fitonematóides (DIAS et al., 2000; DIAS-ARIEIRA et al., 2003a; MENDONÇA, 2005; SILVA et al.; 2006). Isso se dá devido à liberação de compostos tóxicos, principalmente ácidos graxos e amônia, podendo ainda incrementar a população de fungos predadores e outros inimigos naturais já

existentes no solo, proporcionando certo controle biológico dos fitonematóides (DUFOUR et al., 2004).

O controle biológico, mediante o uso de microrganismos, também é prática eficiente no controle de fitonematóides. Organismos como fungos, bactérias, vírus, protozoários e nematóides, entre outros, têm sido identificados como parasitas ou predadores de nematóides (VAN GUNDY, 1985).

Dentre os inimigos naturais dos fitonematóides, os fungos são os mais estudados. Um grande número de espécie de fungos nematófagos é citado, dentre estas espécies as mais pesquisadas são *Arthrobotrys conoydes* Corda, *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samsom e *Verticillium chlamydosporium* Goddard (SANTOS et al., 1992; RIBEIRO & CAMPOS, 1993).

Não obstante o controle de uma doença específica possa ser realizado com a adoção de uma única medida, a complexidade de um patossistema requer a integração de várias estratégias para se obter um resultado satisfatório. Daí a necessidade de concentrar esforços visando combinar várias medidas e métodos de controle, para que se obtenha otimização na redução da intensidade das doenças e, conseqüentemente, se alcance o máximo em produtividade sem reflexos negativos no meio ambiente (ZAMBOLIM, 1997).

Esse trabalho teve como objetivo avaliar diferentes estratégias para a implementação de um sistema de manejo integrado da meloidoginose em tomateiro adequado para as necessidades dos produtores locais, que atenda as exigências tanto no que diz respeito à preservação da saúde e do ambiente, quanto na redução dos custos de produção, trazendo assim melhores condições ambientais, sociais e econômicas à população. Para isto, foram avaliados a resistência genética, o controle biológico com fungo nematófago, a incorporação de matéria orgânica e a rotação de cultura.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O patógeno

Segundo Ferraz & Monteiro (1995), os nematóides são posicionados taxonomicamente no reino Animal, sub-reino Metazoa, filo Nemata, e a maioria dos fitonematóides pertence à classe Sacernentea, como foi proposto por Coob e restabelecido por Chitwood, em 1958.

Os nematóides do gênero *Meloidogyne*, pertencem à família Heteroderidae, são endoparasitas sedentários e geralmente formam galhas nas raízes das plantas hospedeiras. Mais de oitenta espécies de *Meloidogyne* já foram descritas (FREITAS et al., 1999a). Destas, as espécies predominantes em tomateiro são *M. arenaria* (Neal) Chitwood, *M. hapla* Chitwood, *M. incognita* (raças 1 a 4) e *M. javanica* (Treub) Chitwood, sendo *M. incognita* e *M. javanica* as mais comuns, por se adaptarem melhor às regiões tropicais e subtropicais (EMBRAPA, 2004). *M. hapla* ocorre apenas em áreas ou regiões de baixas temperaturas (CAMPOS, 1999).

Dentre os fitonematóides, os nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.) têm papel de extrema importância, pois são considerados os agentes que mais causam danos e os mais importantes para plantas cultivadas em todo o mundo. O principal motivo para o gênero *Meloidogyne* parasitar diversas espécies vegetais está relacionado à sua grande variabilidade patogênica, evidenciada por suas raças fisiológicas (RODRIGUES et al., 2003).

Os nematóides são dotados de estruturas capazes de causar danos às plantas. Entretanto, tais danos podem ser somados a outros causados por patógenos de outras naturezas, como em associações com fungos, bactérias e vírus, resultando em combinações sinérgicas ou complexas, levando a potencialização dos danos causados por esses organismos (CAMPOS, 1999).

Vários são os efeitos causados por *Meloidogyne* spp. na fisiologia das plantas, devido à formação de galhas. O aumento da atividade metabólica das células gigantes estimula a mobilização de fotoassimilados da parte aérea para as raízes e,

em particular, para as próprias células gigantes, as quais são utilizadas para a alimentação do nematóide (CARNEIRO, 2000).

## 2.2 Descrição da doença

A doença meloidoginose, causada por nematóides do gênero *Meloidogyne*, ocorre em uma vasta gama de espécies de importância econômica, dentre as quais, o tomateiro, tendo como uma das principais características a formação de galhas nas raízes das plantas atacadas. (CAMPOS, 1999).

De acordo com Campos (1999), as galhas são o engrossamento, de diâmetro variável, geralmente observado nas raízes infestadas, que resulta da hiperplasia e, principalmente, hipertrofia celular no cilindro central e, mais marcantemente, no parênquima cortical, ao redor do corpo do nematóide em desenvolvimento. São muito comuns nas plantas hospedeiras, mas não constituem sintoma obrigatório, estando ausentes em algumas associações. Em alguns tipos de plantas, como na família das Poáceas, ainda que presentes, frequentemente as galhas são muito pequenas. Em outras, ocorre grande redução do sistema radicular com formação de galhas, cujo diâmetro é três vezes o da raiz sadia; isto ocasiona danos no sistema vascular, devido à sua menor capacidade de translocação, o que resulta em distúrbios na parte aérea.

Dentro de uma galha, encontram-se várias fêmeas se alimentando próximas umas das outras. O parasitismo do nematóide na raiz é um dreno metabólico. As mudanças celulares resultam em aumento da concentração de aminoácidos, proteínas, RNA e DNA nas células gigantes; aumento de exsudatos radiculares, minerais, lipídios, hormônios de crescimento, respiração e transpiração seguidos por um decréscimo de açúcares e celulose. Com a formação das células gigantes, ocorre também uma obstrução física dos vasos condutores de água e minerais, o que resulta em sintomas de murcha prematura e de deficiência de nutrientes, além do subdesenvolvimento da planta (FREITAS et al., 1999a).

A duração do ciclo de vida dos nematóides, que pode variar de três semanas a vários meses, é função de uma série de fatores, destacando-se a temperatura e

hospedabilidade da planta. Para *M. incognita*, em plantas suscetíveis, o ciclo completa-se, em média, em 25 dias à temperatura média de 28 °C (MOURA, 1996).

Freqüentemente as plantas atacadas exibem sintomas de deficiência de nutrientes e tendem a murchar nas horas mais quentes do dia. Disto resulta a dificuldade de seu reconhecimento pelo produtor, que geralmente confunde o ataque do nematóide com a deficiência de nutrientes. As folhas ficam pequenas, de coloração amarelada, devido à baixa taxa de fotossíntese. Flores e frutos são ausentes, porém, se existirem frutos, estes são de baixa qualidade. Às vezes, ocorre a formação de raízes laterais curtas, quando a espécie envolvida é *M. hapla*. Um dos fatores mais importantes da infecção por *Meloidogyne*, talvez seja o aumento da suscetibilidade a outros organismos patogênicos como fungos, bactéria e vírus (KRARUB & KONAR, 1997).

### **2.3 Manejo integrado de *Meloidogyne* spp.**

Controlar fitonematóides é uma tarefa difícil. O controle químico através de nematicidas apresenta vários inconvenientes, pois além de caro propicia uma proteção temporária, após o que, a população pode atingir altos níveis dentro de pouco tempo. O uso de nematicida pode causar desequilíbrio biológico e apresentar efeitos deletérios ao homem e ao ambiente, pois são altamente tóxicos, persistentes, têm amplo espectro e podem contaminar águas subterrâneas, representando, desta forma, um grande risco a outros organismos (FERRAZ & VALLE, 1999; FERRAZ et al., 1999). Diante disso, esforços têm sido concentrados na integração de agentes de controle biológico e outras estratégias de controle de nematóides (RODRIGUES et al., 2003).

De acordo com Carneiro (1992), as medidas de controle mais efetivas e viáveis em nossas condições são o uso de variedades resistentes e rotação de culturas, no entanto, alguns fatores como a ampla distribuição geográfica, a polifagia e a diferença biológica ligada ao parasitismo entre populações da mesma espécie, dificultam a implementação desses programas. Ademais, segundo Ferraz & Valle (1999), o controle através de resistência genética, embora desejável, é limitado pela

escassez de cultivares resistentes na maioria das culturas, pois, em muitas, tais cultivares inexistem ou são de adaptação restrita, impedindo o seu emprego em larga escala. Além disso, o uso contínuo de variedades resistentes é desaconselhável em muitos casos, em razão da possibilidade de surgirem populações capazes de parasitar tais plantas, devido a grande pressão de seleção que tais variedades impõem sobre a população.

Estudos apontam como principais medidas de controle de *Meloidogyne* a prevenção da entrada do nematóide em áreas não infestadas e a prevenção da sua disseminação. Afirmam ainda que, após o nematóide se estabelecer na área, seu manejo é complicado e dispendioso, pois é impossível erradicá-lo sem destruir o hospedeiro, devendo-se assim evitar o trânsito de máquinas e pessoal provenientes de áreas infestadas, sem antes tomar as devidas medidas sanitárias. Uma vez instalado na lavoura, a eficiência no seu controle envolve a integração de várias estratégias incluindo o uso de cobertura morta, solarização, redução de pesticidas tóxicos e o uso de variedades resistentes (FREITAS et al., 1999a; DUFOUR et al, 2004). Métodos culturais como a rotação de culturas com espécies não hospedeiras e o emprego de plantas antagonicas têm merecido atenção crescente como alternativas de controle de fitonematóides (FERRAZ et al, 1999).

A utilização de plantas antagonistas, para o controle de fitonematóides, envolve as que podem produzir exsudatos radiculares com propriedades nematicidas ou nematostáticas e as que atuam após a penetração do parasita nas raízes, não o permitindo completar o ciclo, ou pelo menos, reduzindo a capacidade reprodutiva (MACIEL & FERRAZ, 1996). Entretanto, o método com maior sucesso no manejo do nematóide tem sido a rotação de cultura com plantas antagonicas ou plantas hospedeiras, essa prática pode manter as populações dos nematóides abaixo do limiar de dano econômico, sem oferecer riscos ao ambiente (FREITAS et al., 1999a; FERRAZ & VALLE, 1999; RODRÍGUEZ-KÁBANA & PINOCHET, 1995).

De acordo com Campos (1999), ao analisar um problema de nematóide numa plantação, deve-se decidir entre controlar ou manejar as populações do patógeno. Dessa forma, a medida mais comumente utilizada para o controle de nematóides tem sido o manejo integrado, que além de reduzir os custos de produção,

devido ao baixo uso de insumos químicos, minimiza os problemas ambientais e de saúde causados pelo uso intensivo de nematicidas (SILVA, 2003).

Sabe-se que uma vez instalado em uma área, a erradicação dos fitonematóides é praticamente impossível. Entretanto, esses parasitas podem, muitas vezes, ter suas populações reduzidas e mantidas em níveis baixos, através do manejo integrado (WALLACE, 2006).

Segundo Barbosa et al. (2004), o termo manejo integrado, inicialmente proposto para pragas, estendendo-se depois para doenças de plantas, propõe a coordenação de ações oportunas visando minimizar as perdas de rendimento. O manejo integrado só pode ser desenvolvido por meio de estudos básicos e aplicados da flutuação de insetos ou da população de patógenos e seus efeitos no crescimento e na produção de plantas.

O manejo integrado, na prática, nada mais é do que a integração de forma racional e inteligente, de todas as formas de controle existentes, utilizando-se antes de tudo, dos recursos técnicos de amostragem, monitoramento e avaliação (SERRA, 1998). A filosofia do manejo integrado de fitonematóides baseia-se na redução desses fitoparasitos a níveis populacionais que não causem danos econômicos. Para tanto, é essencial a observação e a utilização dos fatores que limitam os fitonematóides e a tolerância das plantas a certos níveis populacionais (WALLACE, 2006).

Para Thomason & Caswell (1987), controle implica num ato específico ou no conjunto deles dentro de um espaço limitado de tempo para a redução da população ou do dano causado pelo organismo. Manejo, por outro lado, implica na aplicação de várias táticas de controle do patógeno de forma coerente num amplo espaço de tempo. O manejo não tem a erradicação do patógeno como meta a alcançar após a aplicação de uma tática de controle. A população de nematóides será manipulada até alcançar valores inferiores ao nível limiar de prejuízo para a cultura em questão. Assim, o controle de nematóides é empregado quando táticas específicas forem indicadas para a redução ou a eliminação de populações de nematóides. Enquanto que o manejo de nematóides é usado quando são necessárias táticas empregadas para a redução do número de nematóides a níveis não injuriosos, pelo emprego de procedimentos múltiplos de controle (CAMPOS, 1999).

Para atender aos produtores rurais, no que diz respeito ao manejo de nematóides, têm sido desenvolvidas pesquisas com o uso de plantas antagônicas, uso de materiais orgânicos, variedades resistentes e produtos naturais obtidos de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) e feijão de porco (*Canavalia* spp.) (SILVA et al., 2002). Para a rotação de cultura destacam-se algumas espécies de leguminosas, compostas e gramíneas, que podem ser utilizadas em plantio intercalar, em rotação e sucessão de culturas ou como adubo verde. Essas plantas não prejudicam os inimigos naturais dos nematóides (WALLACE, 1973) e podem fornecer resultados mais rápidos que as plantas simplesmente não-hospedeiras, oferecendo, inclusive, a possibilidade de controle na presença do hospedeiro (plantio intercalar) (RODRÍGUEZ-KÁBANA & CANULLO, 1992). Quando empregadas na forma de adubação verde, essas plantas melhoram as condições físico-químicas do solo e a decomposição da matéria orgânica incorporada favorece a proliferação de inimigos naturais, além de liberar substâncias com efeito nematicida (BADRA et al., 1979).

Diferentemente da agricultura convencional, na agroecologia os processos empregados no controle de doenças de plantas baseiam-se no equilíbrio da planta e do ambiente, buscando-se maior resistência do vegetal pela atividade biodinâmica do solo (MEDEIROS, 2001). Assim, somente se esse tipo de controle não for suficiente é que se deve lançar mão de defensivos naturais ou outra ação (OSTERROHT, 2000).

### **2.3.1 Variedades resistentes**

O controle de doenças e pragas por meio de resistência genética vem assumindo um papel de destaque na agricultura, notadamente em países subdesenvolvidos, onde há escassez de recursos, assistência técnica, instrumentos de política agrícola ou incentivos governamentais com vistas a adotar outros métodos de controle.

De acordo com critérios estabelecidos por Taylor (1971), as plantas hospedeiras podem se classificar como suscetíveis, resistentes ou imunes, segundo a capacidade que os nematóides têm de se reproduzir nelas. Resistência a nematóides

refere-se à relativa habilidade do nematóide em reproduzir-se no hospedeiro, enquanto que tolerância refere-se ao relativo crescimento e produção da variedade, quando cultivada em solo infestado (DUNCAN, 1991). O termo tolerância foi definido como a capacidade da planta para suportar o desenvolvimento do patógeno, sem apresentar uma redução significativa na produtividade ou na qualidade do produto. Um cultivar é considerado tolerante, quando produz mais do que outro com igual ou maior quantidade de doença (PRABHU & MORAIS, 1993).

O que ocorre nas plantas resistentes, é que o ciclo biológico dos nematóides pode ser maior que nas suscetíveis ou, ainda, somente uma pequena proporção dos nematóides completa o ciclo biológico, ou produz ovos. Nas plantas imunes, os nematóides, apesar de penetrar e passar por várias fases, não produzem ovos férteis. Já as plantas tolerantes são capazes de crescer satisfatoriamente e dar um bom rendimento, mesmo sendo hospedeiras dos nematóides (TAYLOR, 1971).

Para Duncan (1991), o emprego de variedades ou cultivares resistentes em rotação, além de reduzir a população de fitonematóide, oferece ainda outra vantagem para o produtor, que é o cultivo da cultura que mais se ajusta à sua estrutura física e de mercado. O uso de variedades resistentes é, segundo Lopes (2000), a maneira mais clássica e econômica de se controlar doenças de plantas.

Embora o nematóide das galhas tenha uma ampla gama de hospedeiros, muitas espécies de plantas apresentam resistência a estes fitoparasitas (ROBERTS, 1995). As plantas reconhecidamente resistentes apresentam um gene dominante que confere resistência. Algumas variedades cultivadas de tomate possuem o gene de resistência contra três das mais importantes espécies de nematóides das galhas da raiz: *M. arenaria*, *M. javanica* e *M. incognita*, desta última derivou o nome do gene de resistência: o gene *Mi* (ROBERTS & THOMASON, 1986), no entanto, nem todas as espécies de *Meloidogyne* são avirulentas ao gene *Mi*, como ocorre com *M. hapla* (HUANG et al., 2004).

Práticas culturais de manejo que levam a alterações nutricionais nos hospedeiros também podem influenciar nos mecanismos de resistência. A nutrição da planta influencia a resistência e a suscetibilidade às doenças, o nitrogênio, por exemplo, é um elemento essencial para a síntese de substâncias como fenóis, fitoalexinas e proteínas, envolvidas em diversos mecanismos da resistência das

plantas (PRABHU & MORAIS, 1993), ademais, o uso de nematicidas pode levar a um aumento de nematóides resistentes devido a pressão de seleção e como consequência a inutilização de solos contaminados para a tomaticultura (WILLIANSO, 1998).

Atualmente, no contexto nacional e internacional, cresce a necessidade de medidas de controle não químico de pragas e doenças, e o gene *Mi* é um excelente exemplo de uso de resistência do hospedeiro para reduzir efetivamente a necessidade do uso de pesticidas (MEDINA-FILHO & TANKSLEY, 1983).

Pesquisas de melhoramento genético no Brasil para desenvolver resistência a nematóides, principalmente ao nematóide das galhas, já vêm sendo feitas há muitos anos e resultaram em algumas variedades com boa aceitação no mercado, como é a cenoura ‘Brasília’, a soja ‘Tropical’, os tomates ‘Nemadoro’, ‘IPA-1’, ‘IPA-2’, ‘IPA-3’ e vários genótipos de cana-de-açúcar, de café e pêssego (FREITAS et al., 1999a). A tolerância tem sido usada como base para a produção das chamadas variedades resistentes, que são variedades que formam galhas muito pequenas quando são atacadas e possuem um sistema radicular grande que compensam os danos causados pelos nematóides (TAYLOR, 1971).

A natureza da resistência é uma das questões mais importantes para futuras investigações nematológicas. Como afirma Taylor (1971), a fisiologia da resistência é complicada e sutil. Uma espécie de nematóide pode se reproduzir normalmente em uma variedade de planta e não em outra variedade similar.

As variedades imunes ou altamente resistentes aos nematóides são de grande importância, já que constituem possíveis fontes de resistência genética que, através do melhoramento, podem incorporar-se às variedades de cultivo hoje suscetíveis aos nematóides (TAYLOR, 1971).

A busca de novas fontes de resistência em espécies selvagens e/ou espécies crioulas ainda pouco modificadas, conjuntamente com formas alternativas de manejo de solo utilizando tecnologias limpas têm sido alvo de pesquisas no mundo todo. A estratégia de identificação do gene *Mi* e a busca por linhagens resistentes podem ser extremamente úteis, considerando-se o volume significativo de perdas em lavouras comerciais decorrentes de infestações ocasionadas pelo ataque de nematóides (CARELLI, 2003).

O sucesso da utilização da resistência genética, como mecanismo de controle das doenças, depende da procura contínua de linhagens ou populações resistentes, do acúmulo de genes maiores e menores, da utilização contínua dos métodos de genética quantitativa no melhoramento da resistência às doenças e da determinação da estabilidade da resistência obtida nos cultivares, antes de seu lançamento (PRABHU & MORAIS, 1993).

Sistemas de manejo com cultivares tolerantes aos nematóides poderão ser empregados no futuro, apesar de menos recomendados, pois estes concorrerão para aumentar bastante o inóculo na área, afetando a cultura subsequente, desta forma, recomenda-se o uso de cultivares resistentes dentro de um programa de manejo integrado.

### **2.3.2 Controle biológico com fungos nematófagos**

Os exemplos de supressão de nematóides, em certo número de solos e a proibição de alguns nematicidas reavivaram o interesse no controle biológico. O suporte financeiro do governo e das indústrias tem aumentado nos últimos anos com relação aos antagonistas de solo, mas até o momento, os agentes de controle biológico não têm assumido um papel de destaque nas estratégias de manejo integrado. Entretanto, alguns trabalhos vêm sendo realizados no sentido de buscar agentes potenciais para o controle biológico de nematóides (CARNEIRO, 1992).

Para Cook & Baker (1983), controle biológico é a redução da soma de inóculo ou das atividades determinantes da doença provocada por um patógeno, realizada por um ou mais organismos. Essas atividades determinantes da doença envolvem crescimento, efetividade, virulência, agressividade e outras qualidades do patógeno ou processos que determinam infecção, desenvolvimento de sintomas e reprodução.

O controle biológico através do uso de microrganismo é uma das práticas mais eficientes no controle de patógenos de solo, notadamente sobre fitonematóides. Organismos como fungos, bactérias, vírus, protozoários, ácaros, colêmbolas, tardígrados, anelídeos e nematóides predadores têm sido identificados como parasitas

ou predadores de nematóides (VAN GUNDY, 1985; SAYRE & WALTER, 1991; CARNEIRO, 1992). Mais de 200 espécies de antagonistas têm sido mencionadas na literatura como possíveis agentes para o controle biológico de nematóides no solo, sendo que, 75% deles são fungos que predam ou parasitam ovos, juvenis, adultos ou cistos, ou ainda que produzem substâncias tóxicas aos nematóides merecendo, desta forma, maior atenção dos pesquisadores (SANTOS, 1991; SAYRE & WALTER, 1991).

As pesquisas com controle biológico de fitonematóides vêm sendo assunto de inúmeros trabalhos, dentre os agentes de controle biológico mais estudados estão os fungos *Paecilomyces lilacinus* (Bainier), *Arthrobotrys oligospora* (Fres), *Hirsutella rhossiliensis* (Minter & Brady), *Verticillium chlamidosporium* (Goddard), *Pochonia chlamidosporia* (Goddard) Zare & Gams e *Monacrosporium* (Oudemans) (SANTOS, 1991; CARNEIRO, 1992; VIAENE & ABAWI, 2000; CASTRILLÓN et al., 2002; CORBANI & SANTOS, 2003; KHAN et al., 2005; MENDONÇA, 2005; SOARES et al., 2005; CADIOLI et al., 2005; KERRY et al., 2005; SOARES et al., 2006).

Em experimento conduzido por Khan et al. (2005) em microparcelas no campo durante 2 anos, avaliou-se o efeito de *M. incognita* sobre três espécies de ornamentais e o seu controle biológico com *Pochonia chlamidosporia*, *Pseudomonas fluorescens* (Migula) e *Bacillus subtilis* (Cohn 1872). *Pochonia chlamidosporia* reduziu o número de galhas e a massas de ovos em 37 %, aumentando a emissão de flores em 29 %.

Soares et al. (2006) ao avaliar o controle biológico de *M. javanica* em tomateiro, utilizaram os fungos *Arthrobotrys oligospora*, *Dactylella leptospora* (Drechsler), *Monacrosporium* sp. e *Paecilomyces lilacinus*. Todos os fungos testados apresentaram potencial como agentes de controle biológico de *M. javanica*, reduzindo o número de galhas e massas de ovos na raiz bem como o número de juvenis no solo.

Corbani & Santos (2003) ao avaliarem a patogenicidade de *Arthrobotrys oligospora* a *Tylenchulus semipenetrans* (Cobb) *in vitro*, confirmaram a predação de 100 % dos juvenis, fêmeas jovens e machos de *T. semipenetrans* no período de 24

horas após a adição dos nematóides às culturas de *A. oligospora*, evidenciando o antagonismo e seu potencial como agente de controle biológico.

Em trabalho realizado por Pria & Ferraz (1996) em casa de vegetação, testou-se a eficiência de seis espécies de *Monacrosporium*, isolados ou combinados com *Verticillium chlamydosporium* sobre *M. incognita* em tomateiro. *Monacrosporium* sp. e *M. ellipsosporium* ((Grove) Cooke & Dickinson) reduziram significativamente o número de galhas/g de raiz. *Verticillium chlamydosporium* teve efeito negativo sobre o número de juvenis eclodidos. Os dois gêneros de fungos apresentaram efeito satisfatório somente quando utilizados isoladamente, porém, quando inoculados juntos, não foram eficientes, sugerindo um possível antagonismo entre esses fungos.

Resultados obtidos por Viaene & Abawi (2000) ao avaliarem os fungos nematófagos *Hirsutella rhossiliensis* e *Verticillium chlamydosporium*, mostraram que ambos têm potencial para redução da população de *Meloidogy hapla* em alface, porém, sob baixas densidades do patógeno. Os autores sugerem que a aplicação de *V. chlamydosporium* e *H. rhossiliensis* em campo comercial de alface pode ser eficiente quando *M. hapla* está presentes no solo em baixa densidade, ou quando são usados em combinação com outras formas de manejo.

Quando um fungo nematófago é inoculado no solo para controle de fitonematóides o seu sucesso é afetado por muitos fatores. Um organismo não é facilmente estabilizado em um ambiente no qual há competição, antibiose e hiperparasitismo dos microrganismos nativos do solo. Alguns fungos nematófagos podem parasitar e destruir os nematóides sob certas condições, mas o seu desenvolvimento inicial no solo e sua eficácia como biocontrolador depende, não somente da sua habilidade de parasitismo, mas também, da sua habilidade de competir como saprófita no solo. Geralmente a habilidade saprófita de um fungo nematófago pode ajudá-lo a estabilizar-se no solo (WANG et al., 2004a).

Segundo Mariano et al. (2005), o motivo de muitos organismos suprimirem doenças em condições controladas e não serem eficientes no campo, pode ser explicado pela interação do agente de biocontrole com a comunidade microbiana e outras características do habitat da raiz, como nutrição e microclima, as quais não são

reproduzidas em laboratório ou casa de vegetação. O sucesso da proteção biológica depende da habilidade de disseminação do antagonista sobre a superfície ou no interior do solo, semente, ou outra parte da planta, e da capacidade competitiva por um ou mais nutrientes da superfície das raízes. De acordo com Carneiro (1992), a habilidade de um fungo em sobreviver saprofiticamente é uma característica primordial na seleção de agentes com potencial de controle biológico.

Segundo Wilkinson et al. (1960), para que a aplicação de um ou mais antagonistas tenha eficiência no desalojamento do patógeno, é necessário que este processo se dê antes do início do ciclo da doença e com tempo suficiente para que o antagonista se estabeleça como co-habitante.

Várias práticas culturais podem ser manipuladas, e, mostram ter uma correlação positiva ou negativa com a atividade de inimigos naturais e com o declínio de populações de nematóides. A investigação dos efeitos benéficos dos inimigos naturais pela alteração do ambiente do solo é o principal objetivo dos nematologistas interessados no biocontrole (SAYRE & WALTER, 1991).

Pesquisas sugerem que reações durante a decomposição de vários compostos orgânicos com a formação de substâncias tóxicas resultam em um aumento de espécies antagônicas que atuam no controle de nematóides (MILLER et al., 1968; SAYRE & WALTER, 1991; RIEGEL et al., 1996; RITZINGER & MCSORLEY, 1998). Altas umidades reduzem o oxigênio do solo, sobre essas condições, fungos tolerantes a baixas concentrações de oxigênio podem tornar-se antagônicos a fitonematóides. Geralmente sobre stress de oxigênio, nematóides são mais suscetíveis ao ataque de fungos, particularmente de fungos oportunistas. (SAYRE & WALTER, 1991).

Nos últimos anos, alguns trabalhos vêm sendo realizados no sentido de integrar os agentes de controle biológico à matéria orgânica e resíduos industriais (CHEN et al., 2000; CASTRILLÓN et al., 2002; MENDONÇA & SILVA, 2005).

Ao avaliar o efeito de *Paecilomyces lilacinus*, isolado ou combinado com resíduo orgânico e material quitinoso, sobre o parasitismo de *M. incognita* em tomateiro, Mendonça (2005) obteve os melhores resultados, refletidos nos índices de galhas e massas de ovos, quando o fungo foi associado a algum tipo de suplemento. Ainda em pesquisas realizadas pela mesma autora, desta vez com o fungo

*Arthrobotrys conoides* (Drechsler) isolado ou associado a material quitinoso, foi observado que isoladamente o fungo não causou efeito significativo no controle de *M. incognita*, porém, quando associado à fonte de quitina, este mostrou-se eficaz na redução dos índices de galhas e massas de ovos bem como no incremento da massa fresca da planta. Esses resultados confirmam o que outros autores já constataram, que a eficiência no controle de nematóides através de fungos nematófagos está relacionado com as características físicas, químicas e microbiológicas do solo.

Com o objetivo de avaliar a eficiência de algumas espécies e isolados de *Arthrobotrys* no controle de *M. incognita*, Dias & Ferraz (1994) utilizaram duas formas de inoculação, uma veiculando os fungos em milho triturado e, outra, utilizando suspensão de conídios. No ensaio em que se introduziram os fungos crescendo em milho triturado, houve redução acentuada no número de galhas por grama de raízes. Entretanto, não foi possível separar o efeito dos fungos do efeito do substrato. Baker et al. (1984) chamaram a atenção para este problema, ao afirmarem que compostos orgânicos adicionados ao solo podem resultar na melhoria da estrutura do solo e da nutrição de plantas. De acordo com Hayes & Blackburn (1966), fungos predadores quando sujeitos a estresse nutricional, resultante da competição por nutrientes com a microflora, passam a capturar e a colonizar os nematóides.

Campos & Campos (1996) testaram em casa de vegetação o efeito de casca de café e esterco de curral como fonte de matéria orgânica, associadas a quatro espécies de fungos nematófagos, *Arthrobotrys conoides*, *Arthrobotrys musiformis* (Drechsler), *Paecilomyces lilacinus* e *Verticillium chlamydosporium*, e formas de inoculação, no biocontrole de *Meloidogyne incognita* raça 2. Todos os fungos testados e os diferentes tipos de matéria orgânica incorporados reduziram significativamente a população total do nematóide. A inoculação dos fungos através de grãos de trigo infestados foi mais eficiente no controle de *M. incognita* que a inoculação através de suspensão de esporos. Tal efeito se aplica pela base alimentar proporcionada pelo grão de trigo no estabelecimento, esporulação e desenvolvimento mais rápido dos fungos no solo. Tais resultados condizem com as afirmações de Willcox & Tribe (1974) e Kerry (1987) quando dizem que nenhum controle foi obtido quando suspensões de hifas e conídios de *V. chlamydosporium* foram

inoculados em solo esterilizado ou autoclavado. Entretanto, quando aplicado sobre suporte de grão de aveia foi mais efetivo que *P. lilacinus* reduzindo os danos causados por *M. arenaria* em abóbora (GODOY et al., 1983).

Em experimento realizado por Freitas et al. (1999b), mudas de tomateiro foram produzidas em associação com o fungo *P. lilacinus* para que, ao serem transplantadas, introduzissem o fungo no solo. Houve uma redução significativa do número de galhas nas raízes, causadas por *M. javanica*. Portanto, o método de introdução desse fungo por sementeira e/ou viveiro pode ser uma alternativa viável e econômica no manejo integrado de *Meloidogyne* spp.

### 2.3.3 Uso de resíduos orgânicos

É bem conhecido na literatura, que solos enriquecidos com matéria orgânica são desfavoráveis ao desenvolvimento de infecções causadas por *Meloidogyne* (MULLER & GOOCH, 1982). A adição de matéria orgânica ao solo com o objetivo de suprimir nematóides tem sido assunto bastante explorado (SILVA et al., 2002; KIMPINSKI et al., 2003; WANG et al., 2004b). Diversas são as fontes de matéria orgânica comumente utilizadas, dentre elas a casca de caranguejo (MENDONÇA, 2005; MENDONÇA & SILVA, 2005), resíduos agroindustriais (NICO et al., 2004; MENDONÇA, 2005; AGUIAR et al., 2005; SILVA et al., 2006) e plantas ou parte delas (MATSUMOTO et al., 2002; DIAS-ARIEIRA et al., 2003a; LOPES et al., 2005). Pesquisas sugerem que reações durante a decomposição de vários compostos orgânicos conduzem à proliferação de microorganismos saprófitas (fungos, bactérias, protozoários), muitos deles antagonistas aos nematóides fitoparasitas e que acabam atuando no controle destes organismos (MILLER et al., 1968; SAYRE & WALTER, 1991).

A incorporação de matéria orgânica ao solo, à medida que melhora suas características, consegue fazer com que possa expressar toda a sua potencialidade (BROISLER, 1997). Desta forma, as plantas tornam-se menos suscetíveis ao ataque de patógenos, pois disponibilizarão substâncias sintetizadas em menor quantidade. Tal fato se explica porque os patógenos, de modo geral, são ineficientes quanto à

síntese de substâncias de alta complexidade, proteínas, por exemplo, e que são essenciais à sua sobrevivência, logo, estes organismos buscam nos vegetais a forma simplificada destas substâncias, geralmente aminoácidos, que estarão bem mais disponíveis em solos tratados com substâncias de alta solubilidade como adubos ou defensivos químicos (SOUZA,1999).

Segundo afirmam Café Filho & Lobo Júnior (2000), a adição de matéria orgânica ao solo altera sua estrutura física, teores de nitrogênio, celulose e lignina, sólidos solúveis totais, pH e deposição de toxinas que alteram o perfil da microbiota do solo, tornando o ambiente impróprio à sobrevivência de patógenos, ao mesmo tempo em que favorece o aumento das populações de microrganismos benéficos.

De acordo com Dias et al. (2000), a incorporação de matéria orgânica de diversos tipos, tais como esterco bovino, cama de frango e resíduos vegetais ao solo, já foi registrada como prática eficiente para o controle de nematóides parasitos de plantas. Geralmente, os resíduos orgânicos mais efetivos para o controle de nematóides são os que possuem altas concentrações de nitrogênio ou os que possuem metabólitos tóxicos. Alguns dos mecanismos de controle dos nematóides são a toxicidade de nitratos, trocas de pH do solo e maior atividade da urease no solo. (GONZÁLEZ & CANTO-SÁENZ, 1993).

Segundo Rossi (2002), a adição de matéria orgânica ao solo, tanto como adubo verde, quanto como composto orgânico, causará uma redução nas populações de nematóides e, conseqüentemente, do dano associado. Além das modificações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, ocorrerá uma redução nos fatores ligados ao estresse, o que proporcionará maior resistência da planta ao parasitismo. Torta de mamona, esterco de frango ou palha de café, são resíduos orgânicos eficientes no controle de fitonematóides.

Ao avaliar o efeito da incorporação de sementes trituradas de feijão de porco (*Canavalia ensiformis*) ao solo sobre o parasitismo de *M. incognita* em tomateiro, Silva et al. (2002) obtiveram bons resultados na redução dos índices de galhas e massa de ovos. Segundo os autores, a adição de feijão de porco, rico em lectinas, pode ter modificado a constituição química dos exsudatos do tomateiro e, com isso, afetado a recepção dos estímulos quimiorreceptores dos juvenis, o que explicaria a baixa penetração e posterior formação de galhas nas raízes.

Ritzinger & McSorley (1998) testaram a eficiência do resíduo orgânico vegetal triturado no controle da população de *M. arenaria*, em solos naturalmente infestados. Resíduos de soja, mucuna, feijão, sorgo, couve e arroz, foram incorporados ao solo, sendo comparados com tratamentos que não receberam os resíduos. O número de nematóides e a produção de quiabo foram avaliados em cada ensaio, testando-se o efeito dos materiais sob as formas fresca e seca. O resultado mais significativo foi verificado na interação do solo com o resíduo orgânico seco, sugerindo-se que tal fato se deva a fatores envolvidos com a relação Carbono/Nitrogênio dos materiais. Segundo Rossi (2002), o processo de decomposição da matéria orgânica forma um substrato propício ao desenvolvimento de microrganismos (fungos actinomicetos e bactérias) que são inimigos naturais dos nematóides. Algumas espécies destes microrganismos formam estruturas capazes de capturar o patógeno, outras, simplesmente, se aderem ao seu corpo, penetrando, colonizando e, conseqüentemente, causando-lhe a morte.

A adição de matéria orgânica ao solo visando o controle de nematóides tem apresentado resultados inconsistentes. Ao testar a incorporação da parte aérea de quatro gramíneas forrageira ao solo, no controle de *M. incognita*, *M. javanica* e *Heterogera glycinis* (Ichinohe), Dias-Arieira et al. (2003a) não obtiveram resultados positivos. Não obstante, alguns trabalhos utilizando a parte aérea de gramíneas no controle de nematóides apresentarem resultados satisfatórios. Redução na reprodução de *M. javanica* em tomateiro, estimada a partir do número de galhas e massa de ovos, foi obtida quando incorporado resíduos da parte aérea de capim elefante (*Pennisetum purpureum* (Schumach) cv. Camerom) ao solo (MATSUMOTO et al., 2002). A incorporação das gramíneas *Triticum aestivum* (L.) cv Blizzard e *Lolium multiflorum* (Lam.) cv Álamo reduziu significativamente a população de *M. javanica* (SIPES & ARAKAKI, 1997). Tais resultados foram atribuídos à liberação de compostos tóxicos pela decomposição da matéria orgânica e aumento da população de inimigos naturais.

Os benefícios da incorporação de matéria orgânica ao solo, soma-se à crescente preocupação em se reduzir os custos de produção e com isso, de se manter a competitividade e a sustentabilidade da produção agrícola e à necessidade do uso racional de resíduos agroindustriais, o que corresponde à demanda em crescimento

dos produtos orgânicos. Neste sentido, as propostas alternativas para o controle de fitopatógenos terão maiores chances de sucesso se as pesquisas levarem em consideração a complexidade do sistema solo, as estratégias de sobrevivência dos patógenos neste sistema, a dinâmica das populações de microrganismos e a epidemiologia das doenças com seu nicho causal (CAFÉ FILHO & LOBO JÚNIOR, 2000).

#### **2.3.4 Rotação de cultura**

Rotação de cultura é uma das mais antigas práticas culturais para manutenção da biodiversidade dos agroecossistemas, refletindo no aumento da microfauna do solo, o que ajuda a minimizar a pressão de seleção para patógenos altamente agressivos (HALBRENDT & LaMONDIA, 2004).

Essa é uma prática bastante eficiente para o controle de patógenos de solo, traz como vantagem a diversificação das culturas em tempo e espaço, particularmente em pequenas áreas, limitando assim, o potencial de inóculo e mantendo a população de nematóides abaixo do nível de dano econômico (MARTINELE, 1993). Tal eficiência se dá porque as plantas constituem-se na única fonte de nutrientes para a alimentação dos fitonematóides, como na planta não hospedeira não ocorre a relação nematóide/planta a população de nematóides no solo declina após o seu plantio, uma vez que privando-os de se alimentarem eles serão levados à morte por falta de alimento. Dessa forma a falta de alimento afeta a reprodução (CAMPOS, 1999).

Em uma rotação de cultura, devem-se empregar culturas não hospedeiras ou más hospedeiras com relação ao fitonematóides de importância econômica que ocorra no local do plantio (CAMPOS, 1999). Segundo McSorley (1999), o conhecimento da cultura a ser usada em rotação é essencial para o sucesso desse método. A ampla gama de hospedeiros da maioria das espécies de nematóides das galhas limita a escolha da cultura para a rotação, que pode ser antagônica ou não hospedeira dessas espécies de nematóides.

Infelizmente, a demanda por várias culturas nem sempre é uma constante, e isso passa a ser uma limitação à prática da rotação. Independente desse aspecto, Martinele (1993) sugere ao agricultor cultivar diferentes variedades de uma mesma espécie em diferentes áreas, tendo o cuidado de selecionar dentre elas, as mais resistentes.

Por outro lado, Garcia et al. (1999) sugere a utilização não só de cultivares resistentes, como também suscetíveis, em rotação com uma espécie não hospedeira. Segundo ele, essa prática tem a função de diminuir a pressão de seleção das cultivares resistentes na população do nematóide, evitando a mudança de raça.

Em áreas de cultivo de hortaliças o manejo do nematóide das galhas vem sendo feito com rotação com milho. Porém, pesquisas indicam que variedades resistentes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) são boa opção para o manejo desses nematóides, diversos genótipos de feijão-caupi e feijão de metro (*Vigna sesquipedalis* L.) já foram testados com sucesso para a utilização em programa de rotação de cultura e mostraram-se altamente promissores apresentando um elevado nível de resistência a *M. incognita* raça 1 (SILVA, 2003; SILVA et al., 2007).

A rotação de cultura com plantas antagônicas para o controle de nematóides, especialmente do gênero *Meloidogyne*, tem despertado o interesse de muitos pesquisadores. A maior parte de trabalhos realizados com plantas antagônicas concentra-se na utilização de *Crotalaria* spp., *Mucuna* spp., *Guandu* spp., *Vedélia* [*Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski (Syn.: *Wedelia trilobata* L.)] e *Tagetes* spp. (SILVA et al., 1990; McSORLEY, 1999; WANG et al., 2003 e 2004b; ADEDIRAM et al., 2005; INOMOTO et al., 2006; SILVA et al., 2008). No entanto, vários trabalhos relatam o efeito positivo das gramíneas em rotação na redução da população dos nematóides das galhas (MATSUMOTO et al., 2002; DIAS-ARIEIRA et al., 2003a e 2003b; KRATOCHU et al., 2004).

Algumas espécies de gramíneas têm mostrado efeito antagonista sobre fitonematóides, podendo, em certas circunstâncias ser muito adequadas. Elas se encaixam bem em esquemas de rotação com plantas anuais e, para perenes, elas podem ser usadas como cultura de cobertura (FERRAZ & FREITAS, 2004). Como relata Valle et al. (1996), no Brasil gramíneas usadas como forrageiras podem ser viáveis como espécies para rotação com soja, proporcionando pastagem para o gado,

que tem se tornado uma alternativa atraente para os sojicultores com problemas de nematóides na lavoura.

Dias-Arieira et al. (2003b) ao avaliarem o efeito de 15 espécies de gramíneas em rotação com tomate sobre a população de *M. incognita* e *M. javanica* em casa de vegetação, obtiveram significativa redução da população desses nematóides com as cultivares de *Panicum maximum* (Jacq.) e as espécies de *Brachiaria brizantha* (Stapf (Hoch ex A. Rich)) e *B. decumbens* Stapf.

Ao avaliar o potencial de nove espécies vegetais para redução das populações de *M. arenaria*, *M. incognita* e *M. javanica*, McSorley (1999) verificou a supressão dos nematóides nos tratamentos em que foram cultivados mamona, feijão-caupi, *Crotalaria spectabilis* (Roth) e significativa redução das populações com o cultivo de *Tagetes minuta* (L.) e *Crotalaria juncea* (L.)

A eficiência de várias espécies do gênero *Crotalaria* na redução das populações de nematóides já foi confirmada por vários pesquisadores. Silva et al. (1990) verificaram que *C. spectabilis* e *Crotalaria breviflora* suprimiram a população de *M. javanica* do solo ao serem usadas em rotação com plantas suscetíveis a *Meloidogyne* sp.

Inomoto et al. (2006) confirmaram o antagonismo das crotalárias, ao verificarem que *C. breviflora* e *C. spectabilis* reduziram as populações de *M. javanica* em experimento em casa de vegetação. Neste mesmo trabalho, foi constatada também a eficiência de outras leguminosas como guandu e mucuna, sugerindo essas três espécies como promissoras em programa de rotação de cultura em solo infestado com nematóides das galhas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em condições de casa de vegetação do Laboratório de Fitopatologia, do Núcleo de Biotecnologia Agronômica da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, e constaram de duas etapas, sendo elas: 1 - avaliação da resistência de materiais, onde foram testados 15 cultivares de tomate (incluindo a testemunha suscetível), quanto à sua resistência à *M. incognita* e 2 - avaliação de métodos alternativos de controle, por meio de controle biológico com o fungo nematófago *Paecilomyces lilacinus*, uso de matéria orgânica através da incorporação ao solo da parte aérea fresca e triturada de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz e mamona (*Ricinus communis* L.) e rotação de cultura com 10 espécies de plantas.

#### 3.1 Obtenção da população de *Meloidogyne incognita*

A população de *Meloidogyne* utilizada nos experimentos foi obtida de raízes de pimentão coletadas no município de Dom Pedro – MA. Após a sua multiplicação em tomateiros, durante 30 dias, fêmeas foram retiradas das raízes e preparadas para identificação da espécie e raça.

O estudo da configuração da região perineal de fêmeas maduras, mais a morfologia de juvenis (L<sub>2</sub>) comprovou ser a população pertencente à espécie *M. incognita* (Taylor & Sasser (1978). Para a identificação de raças, plantas indicadoras (Algodão ‘Deltapine 61’, Pimentão ‘Califórnia Wonder’ e Fumo ‘NC 95’), foram inoculadas com 5000 ovos do nematóide extraídos pelo método de Hussey & Barker (1973), tomateiros cv Santa Cruz Kada Gigante foram inoculados para confirmar a viabilidade do inóculo.

Após 30 dias da inoculação, as plantas foram retiradas dos vasos e avaliadas quanto a presença de galhas no sistema radicular. As reações apresentadas confirmaram ser a raça 2 de *M. incognita* de acordo com Hartman & Sasser (1985).

### **3.2 Obtenção do inóculo de *Meloidogyne incognita***

Para obtenção do inóculo de *M. incognita*, raízes de tomateiro com 30 dias de idade, cultivados em solo infestado com *M. incognita* raça 2, foram cuidadosamente retiradas e lavadas. Posteriormente, foram trituradas em liquidificador para extração dos ovos pelo método de Hussey & Barker (1973) e efetuada a contagem dos mesmos sob microscópio. A suspensão obtida foi ajustada para a concentração de 500 ovos/ml.

### **3.3 Produção de mudas de tomate**

Para a produção das mudas de tomate utilizadas no presente trabalho, foi usado o substrato Plantimax®. As sementes foram semeadas em bandejas de polietileno com 128 células, mantidas em casa de vegetação, irrigadas duas vezes por dia, e o transplante, para cada experimento, foi efetuado 20 dias após a germinação.

### **3.4 Avaliação da resistência de cultivares de tomateiro à *Meloidogyne incognita* raça 2**

Para esse experimento foram utilizadas 15 cultivares de tomate, sendo elas: Enduro, Santa Clara, Clarisse, Ipa 6, Gaúcho, Hector, Majestade, Cascade, Toro Cumbre, Laura, Saladete, Italiano, CN 38 D, Drica e como testemunha Santa Cruz Kada Gigante (variedade suscetível). Para medir os níveis de resistência adotou-se como parâmetro os índices de galhas e massa de ovos, determinando-se através destes, o grau de resistência de acordo com Hadisoeganda & Sasser (1982): 0,0 – 0,1= altamente resistente – AR; 1,1 – 3,0= muito resistente – MR; 3,1 - 3,5= moderadamente resistente – MoR; 3,6 – 4,0= levemente resistente – LR e 4,1 – 5,0= suscetível – S.

As mudas foram produzidas conforme metodologia já descrita e, transplantadas para vasos com capacidade de 1L contendo solo previamente

autoclavado a temperatura de 120 °C/2h e infestado com 10 ml de suspensão de ovos de *M. incognita* raça 2, com concentração aproximada de 500 ovos/ml, deixando-se uma planta por vaso. O experimento foi conduzido em casa de vegetação.

As avaliações foram feitas 30 dias após o transplântio, retirando-se as plantas e lavando-se cuidadosamente o sistema radicular. Após a lavagem, as raízes foram coradas com fucsina ácida, de acordo com Silva et al. (1988) para facilitar a contagem das massas de ovos nas raízes. Os números de galhas e massa de ovos obtidos na contagem foram transformados em índices, de acordo com Taylor & Sasser (1978), e as médias comparadas pelo teste de Tukey, através de análise estatística. O experimento obedeceu a um delineamento estatístico inteiramente casualizado, com 15 tratamentos e 8 repetições.

### **3.5 Avaliação de métodos alternativos de controle de *Meloidogyne incognita* raça 2 em tomateiro.**

Para a avaliação de métodos alternativos de controle de *M. incognita* raça 2, foram testados o uso do fungo nematófago *P. lilacinus*, a incorporação da parte aérea fresca e triturada de mamona e mandioca e a rotação de cultura.

#### **3.5.1 Biocontrole de *Meloidogyne incognita* raça 2 com o fungo *Paecilomyces lilacinus*.**

Para este ensaio, foram testadas duas metodologias de aplicação do fungo. Uma através da produção de mudas em solo infestado com o fungo *P. lilacinus* veiculado em arroz e a outra forma, a aplicação do fungo veiculado em arroz e em suspensão de esporos produzidos em meio de cultura, diretamente ao solo onde o tomateiro seria cultivado.

### 3.5.1.1 Produção de inóculo de *Paecilomyces lilacinus* em meio de cultura

O isolado de *P. lilacinus* utilizado na pesquisa foi o PL 13 AC, proveniente da coleção de fungos do Laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual do Maranhão.

O fungo foi inicialmente cultivado em placas de Petri com meio de cultura BDA (Batata Dextrose Agar) e incubado em estufa B.O.D., com fotoperíodo de 12 horas e a temperatura de  $25\text{ °C} \pm 1$ , para estimular a esporulação. Para obtenção do inóculo foram utilizadas culturas com aproximadamente 21 dias de idade, adicionando-se à placa, contendo a colônia do fungo, água destilada e esterilizada e desalojando-se os conídios através da raspagem superficial da colônia com um pincel. A suspensão foi então recolhida e ajustada para concentração de  $4,24 \times 10^9$  esporos/ml.

### 3.5.1.2 Produção de inóculo de *Paecilomyces lilacinus* em grãos de arroz

O fungo *P. lilacinus* foi inicialmente cultivado durante 20 dias em meio de cultura BDA em estufa do tipo B.O.D. com fotoperíodo de 12 horas à temperatura de  $25\text{ °C}$ .

Para produção de inóculo do fungo *P. lilacinus* em arroz, foram utilizados Erlenmeyes de 250 ml onde adicionou-se 50 g de arroz tipo 1, embebido em água destilada por 10 minutos. Em seguida, o excesso de água foi retirado e os frascos com o arroz, autoclavados a  $120\text{ °C}$  /30 minutos por dois dias consecutivos. Após resfriados, foram transferidos para cada frasco, dois discos de micélio com 4 mm de diâmetro, obtidos das bordas de culturas do fungo *P. lilacinus*. O substrato infestado foi mantido em estufa a  $25\text{ °C}$  no escuro por 21 dias, para que esse fosse colonizado pelo fungo. Os frascos foram agitados diariamente, para promover a aeração e a colonização uniforme do substrato.

### 3.5.1.3 Implantação do experimento

Mudas de tomate ‘Santa Cruz Kada’ foram produzidas em copos descartáveis de 150 ml contendo o substrato Plantimax® infestado com grãos de arroz colonizados com o fungo *P. lilacinus*. As dosagens avaliadas foram 1 g, 5 g e 10 g de arroz colonizado/150g de substrato, com as respectivas concentrações  $4,24 \times 10^9$ ,  $2,12 \times 10^{10}$  e  $4,24 \times 10^{10}$  esporos,

Após 20 dias, essas mudas foram transplantadas, juntamente com o substrato, para vasos contendo 1 L de solo previamente autoclavado e recém-infestado com 10 ml de suspensão de ovos de *M. incognita* raça 2 com concentração aproximada de 500 ovos/ml.

Para testar a outra forma de aplicação do fungo, vasos com capacidade para 1 L, contendo solo previamente autoclavado, foram infestados com 10 g de arroz colonizado com o fungo *P. lilacinus* na concentração aproximada de  $4,24 \times 10^{10}$  esporos ou 10 ml da suspensão do fungo produzido em meio de cultura BDA, na mesma concentração, sete dias antes do plantio das mudas de tomateiro. Em ambos os casos, os vasos foram cobertos com jornal. Após esse período, o solo foi infestado com suspensão de ovos de *M. incognita* na mesma concentração da etapa anterior e, uma muda de tomate com vinte dias de idade, produzida em substrato estéril, foi transplantada para cada vaso.

A avaliação dos experimentos foi efetuada 45 dias após, retirando-se as plantas e lavando-se cuidadosamente o sistema radicular. As raízes foram coradas com fucsina ácida e efetuada a contagem do número de galhas e massa de ovos, sendo transformados em índices para análises estatísticas. O experimento obedeceu a um delineamento estatístico inteiramente casualizado com seis tratamentos, incluindo a testemunha (sem fungo), e oito repetições.

### 3.5.2 Efeito da incorporação de resíduo vegetal ao solo no controle de *Meloidogyne incognita* raça 2.

Esse ensaio teve como objetivo avaliar o efeito da incorporação ao solo da parte aérea fresca triturada de mandioca e mamona sobre a população de *M. incognita* raça 2.

O trabalho foi realizado em duas etapas, sendo que na primeira testou-se o efeito da mandioca e na segunda, da mamona, em ambos os casos, nas seguintes proporções: 10 g, 20 g, 30 g e 40 g de folhas trituradas por Kg de solo. Solo sem adição de folhas serviu como testemunha. Nas duas etapas testou-se dois períodos de incubação, 7 e 14 dias.

Vasos com 2 L de capacidade foram cheios com a mistura de solo e folhas trituradas nas concentrações supracitadas e a eles foi adicionado 10 ml da suspensão de ovos de *M. incognita* raça 2 com concentração aproximada de 500 ovos/ml. Uma muda de tomate 'Santa Cruz' foi transplantada para os vasos, 7 e 14 dias após a infestação do solo conforme o período de incubação já mencionado.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito repetições e os tratamentos originaram um arranjo fatorial do tipo 2 x 5 (dois períodos de incubação e cinco diferentes dosagens).

A avaliação do experimento foi realizada 45 dias após o transplante das mudas, retirando-se as plantas cuidadosamente dos vasos e procedendo a lavagem do sistema radicular. Foi efetuada imediatamente a pesagem da parte aérea e do sistema radicular e este último, corado com fucsina ácida, de acordo com Silva et al. (1988), para facilitar a contagem do número de galhas e massas de ovos, após a contagem, os valores foram transformados em índices segundo Taylor & Sasser(1978).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do programa estatístico SPSS (Statistic Package Social Science).

### 3.5.3 Rotação de cultura

Nesse experimento buscou-se avaliar o potencial de algumas culturas usadas em rotação com tomate, para o controle de *M. incognita* raça 2. As culturas escolhidas foram mamona ‘BRS 149’ e ‘BRS 188 Paraguaçu’; feijão-caupi ‘TE 97 299 G-10’, ‘BR 17 Gurguéia’, ‘Canapuzinho’ e ‘Vita 7’; guandu (*Cajanus cajan* L.); mucuna preta (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Merr.) crotalária (*Crotalaria breviflora* DC.) e o tomate ‘Santa Cruz Kada Gigante’, como testemunha suscetível.

Vasos com capacidade de 2 L foram preenchidos com solo previamente autoclavado e infestado com 10 ml de uma suspensão contendo aproximadamente 500 ovos/ml de *M. incognita* raça 2. Foram semeadas três sementes/vaso de cada uma das culturas a serem testadas, com exceção do tomate e da crotalária, para as quais foram transplantadas mudas produzidas em substrato estéril. Após a germinação das sementes, foi feito o desbaste deixando-se apenas uma planta/vaso. Foram realizadas adubações quinzenais com adubo foliar 10:10:10 e depois de 90 dias procedeu-se o corte da parte aérea e visualização do sistema radicular, o qual, em seguida, foi reincorporado ao solo. Em seguida foi transplantada uma muda de tomateiro ‘Santa Cruz Kada Gigante’ com 20 dias de idade. Trinta dias depois, as plantas foram cuidadosamente retiradas e o sistema radicular, depois de lavado, corado com fucsina ácida para contagem das massas de ovos. Os números de galhas e massa de ovos foram transformados em índices e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% através de análises estatísticas. Os experimentos obedeceram a um delineamento inteiramente casualizado com 10 tratamentos e 8 repetições.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação da resistência de cultivares de tomateiro à *Meloidogyne incognita* raça 2

A Tabela 1 apresenta os resultados para resistência de cultivares de tomateiro a *M. incognita* raça 2. Com relação ao parasitismo do nematóide, apontado pelos índices de galhas, sete cultivares comportaram-se como muito resistentes ('Italiano', 'IPA-6', 'Majestade', 'Hector', 'Gaúcho', 'Toro Cumbre' e 'Laura') e uma foi moderadamente resistente ('Santa Clara') todas diferindo da testemunha suscetível ('Santa Cruz Kada Gigante'). Em relação à reprodução do patógeno, expressa pelos índices de massa de ovos, nove mostraram-se muito resistentes, incluindo-se aí, 'Santa Clara' e 'Clarisse' e uma mostrou-se moderadamente resistente ('Enduro') Figura 1.

Tabela 1. Reação de resistência de cultivares de tomateiro a *Meloidogyne incognita* raça 2\*.

CULTIVAR	Índices		REAÇÃO	
	Galhas*	Massa de ovos*	IG**	IMO**
Santa Cruz	5,0 a	5,0a	S	S
CN 38 D	5,0 a	5,0 a	S	S
Cascade	5,0 a	5,0 a	S	S
Saladete	5,0 a	5,0 a	S	S
Drica	4,9 a	4,9 a	S	S
Clarisse	4,7 a	3,7 b	S	LR
Enduro	4,5 a	3,4 bc	S	MoR
Santa Clara	3,4 b	3,0 c	MoR	MR
Italiano	2,8 bc	1,8 de	MR	MR
IPA – 6	2,4 cd	2,0 d	MR	MR
Majestade	2,2 cd	2,2 d	MR	MR
Hector	2 de	2,0 d	MR	MR
Gaúcho	1,9 de	1,2 e	MR	MR
Toro Cumbre	1,9 de	1,4 e	MR	MR
Laura	1,4 e	1,4 e	MR	MR
CV(%)	10,81	11,01		

\* Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

\*\* Reações referentes aos índices de galhas (IG) e aos índices de massa de ovos (IMO).

MR – MUITO RESISTENTE; MoR – MODERADAMENTE RESISTENTE; LR – LEVEMENTE RESISTENTE; S – SUSCETÍVEL;

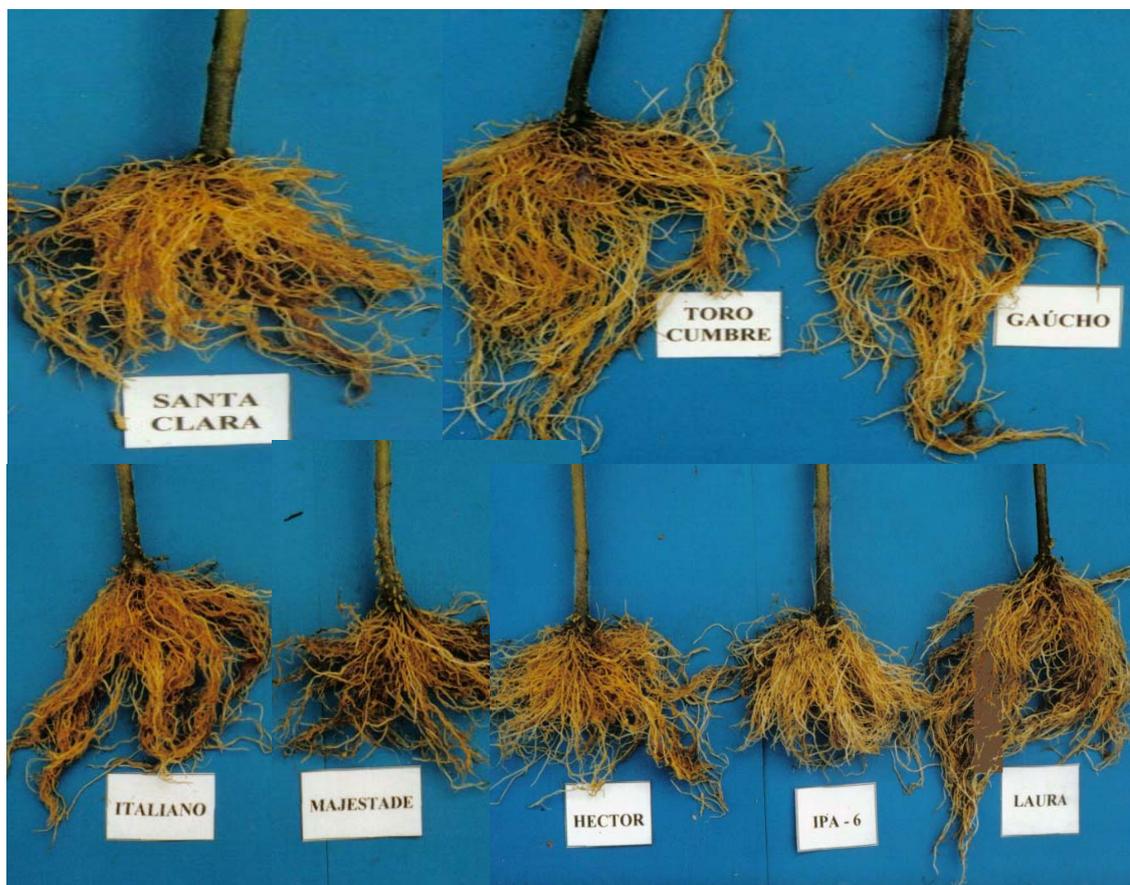


Figura 1. Sistema radicular de cultivares de tomateiro inoculados com *Meloidogyne incognita* raça 2 apresentando reação de resistência.

Os cultivares Drica, Cascade, Enduro, Clarisse, Saladete, e CN – 38 D foram suscetíveis à população de *M. incognita* raça 2 testada nesse ensaio, não diferindo estatisticamente da testemunha com relação ao parâmetro índice de galhas, evidenciando assim, serem boas hospedeiras do nematóide com alto nível de infestação e índices variando de 4,5 a 5,0 (Figura 2).

Com relação à reprodução do patógeno, expressa pelos índices de massa de ovos, as mesmas cultivares, com exceção de Enduro e Clarisse apresentaram índices variando de 4,9 a 5,0 não diferindo, dessa forma, da testemunha suscetível.



Figura 2. Sistema radicular de cultivares de tomateiro cultivados em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2 apresentando reação de suscetibilidade.

A resistência genética desponta como a mais viável ferramenta no manejo de doenças, no entanto, a sua utilização no controle de nematóide das galhas não é ainda prática generalizada, segundo Carneiro & Moraes (1993) isso se deve a dois fatores. Primeiro, o fato de os cultivares que possuem resistência não serem bem aceitos no mercado devido às suas características agronômicas não desejáveis; o segundo fator é a presença de patótipos ou raças de *Meloidogyne* capazes de quebrar a resistência genética.

Dentre os cultivares testados que apresentaram resistência à população do nematóide testada, ‘IPA - 6’ e ‘Gaúcho’ são bem aceitos no mercado maranhense, sendo ‘IPA - 6’ um dos mais cultivados nos pólos agrícolas de São Luís. No entanto, a utilização de vários cultivares se torna de fundamental importância, pois o uso repetido de um cultivar resistente pode selecionar raças com capacidade para parasitar plantas resistentes, principalmente quando a resistência presente é do tipo monogênica, como é o caso da resistência a *Meloidogyne* em tomate. Conforme relata Smith (1944), essa resistência é condicionada por um único gene dominante (gene *Mi*) caracterizando o tipo de herança monogênica.

Poucos são os trabalhos objetivando a seleção de cultivares de tomate resistentes aos nematóides das galhas. Visando a obtenção de linhagens de tomateiro com resistência múltipla a nematóide das galhas e tospovírus, Carvalho et al. (1999) testaram 109 genótipos, dos quais 58, foram caracterizados como resistentes ao nematóide.

Carneiro & Moraes (1993), em ensaios realizados em estufa plástica testaram oito cultivares de tomateiro quanto à resistência a *Meloidogyne* spp. das quais, três foram consideradas resistentes, com base nos índices de galhas e peso de frutos.

Segundo Borém (1997) a utilização de cultivar resistente em sistema de monocultivo em grandes áreas agrícolas, induz à quebra de resistência pelo patógeno, visto que o uso de um único cultivar por anos seguidos propicia uma elevada pressão de seleção sobre os patógenos prevalentes na região, podendo resultar na vulnerabilidade desse cultivar e conseqüente “quebra” da resistência, mediante o surgimento de nova raça virulenta (TODA FRUTA, 2006). Uma estratégia eficiente é a utilização de diferentes cultivares em rotação dentro de um plano de manejo integrado.

#### 4.2 Biocontrole de *Meloidogyne incognita* raça 2 com o fungo *Paecilomyces lilacinus*

Em todos os tratamentos em que se adicionou o fungo *P. lilacinus* ao substrato, houve redução na reprodução da população de *M. incognita*, expressa nos índices de massa de ovos, diferindo da testemunha sem adição do fungo (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito do fungo nematófago *Paecilomyces lilacinus* nos índices de galhas e de massa de ovos de *Meloidogyne incognita* raça 2 em tomateiro cv. Santa Cruz Kada Gigante.

Tratamentos	Índices	
	Galhas	Massa de ovos
Testemunha (tomateiros cultivados em solo infestado com nematóide sem o fungo).	5,0 a	5,0 a
Tomateiros cultivados em solo infestado com nematóide + 10g de arroz colonizado com o fungo.	5,0 a	2,6 b
Tomateiros cultivados em solo infestado com nematóide + 10 ml de suspensão do fungo cultivado em meio BDA.	5,0 a	2,5 bc
Mudas produzidas em substrato contendo 1g de arroz colonizado com fungo e cultivadas em solo infestado com nematóide.	2,5 b	2,5 bc
Mudas produzidas em substrato contendo 5g de arroz colonizado com fungo e cultivadas em solo infestado com nematóide.	2,3 b	2,1 bc
Mudas produzidas em substrato contendo 10g de arroz colonizado com fungo e cultivadas em solo infestado com nematóide.	2,2 b	2,0 c
CV(%)	9,7	14,3

\* Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

No parâmetro índice de galhas, apenas os tratamentos em que as mudas de tomateiro foram produzidas em substrato colonizado com o fungo, tiveram efeito sobre o nematóide, não havendo diferença quanto à concentração do inóculo (Tabela 2 e Figura 3 A). Enquanto que nos tratamentos em que o fungo foi adicionado ao solo de cultivo, tanto na forma de suspensão de conídios, quanto veiculado em grãos de arroz, não houve redução nos índices de galhas, não diferindo da testemunha (Figura 3 B).



Figura 3. Sistema radicular de tomateiro cv. Santa Cruz Kada Gigante, cultivado em substrato infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2, e fungo *Paecilomyces lilacinus*. A: T 1- Testemunha (solo infestado c/ nematóide sem o fungo); T 2- Muda produzida em substrato contendo 1g de arroz colonizado com fungo e cultivada em solo com nematóide; T 3- Muda produzida em substrato contendo 5g de arroz colonizado com fungo e cultivada em solo com nematóide; T 4- Muda produzida em substrato contendo 10g de arroz colonizado com fungo e cultivada em solo com nematóide. B: T 1- Testemunha (solo infestado c/ nematóide sem o fungo); T 5- Tomateiro cultivado em solo infestado com nematóide + 10 ml de suspensão do fungo; T 6- Tomateiro cultivado em solo infestado com nematóide + 10g de arroz colonizado com o fungo.

Foi observada diferença entre os índices de galhas e de massa de ovos nos tratamentos em que o fungo foi adicionado diretamente nos vasos em que as plantas foram posteriormente cultivadas. Nesses tratamentos, embora os índices de massa de ovos tenham sido bem inferiores à testemunha e iguais estatisticamente aos tratamentos em que as mudas foram produzidas em substrato com o fungo, os índices de galhas foram bastante elevados.

Ao se comparar a metodologia de aplicação do fungo, observa-se que a aplicação de *P. lilacinus* na sementeira teve efeito superior revelando menores índices de galhas, variando entre 2,2 a 2,5 diferindo da testemunha, que apresentou índice 5 de galhas. Ao se comparar as duas metodologias de aplicação, observa-se que nos tratamentos T 4 (sementeira), T 5 e T 6 (solo) a concentração do fungo, utilizada foi a mesma, no entanto, nos tratamentos em que o fungo foi adicionado diretamente ao solo de cultivo, houve maiores índices de galhas, não diferindo da testemunha. Observa-se ainda, não haver diferença entre a aplicação do fungo veiculado em arroz e veiculado em suspensão de conídios cultivados em meio de cultura, a julgar pelos tratamentos T 2 (fungo veiculado em arroz) e T 3 (fungo veiculado em suspensão de conídios cultivado em BDA), os quais não mostraram diferença significativa entre eles.

Quanto à utilização do arroz como veículo para o fungo, parece ter interferido apenas no crescimento do sistema radicular, ao observar a Figura 4, onde nos três tratamentos a concentração do fungo é a mesma, verifica-se haver um maior crescimento do sistema radicular nos tratamentos T 4 e T 6, nos quais o fungo foi veiculado em grãos de arroz.



Figura 4. Sistema radicular de tomateiro cv. Santa Cruz Kada Gigante cultivados em substrato infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2, e fungo *Paecilomyces lilacinus*. T 4 - Muda produzida em substrato contendo 10g de arroz colonizado com fungo e cultivada em solo com nematóide; T 5 - Tomateiro cultivado em solo infestado com nematóide + 10 ml de suspensão do fungo; T 6- Tomateiro cultivado em solo infestado com nematóide + 10g de arroz colonizado com o fungo.

Sendo *P. lilacinus* um fungo parasita de ovos, caracterizando-se por penetrar nos ovos dos nematóides e destruir o embrião, espera-se que não haja formação de galhas nas raízes, porém, vários fatores podem interferir para que não haja essa pronta predação, havendo tempo suficiente para a larva eclodir e penetrar na raiz, levado, dessa forma, à formação de galhas no sistema radicular da planta. No entanto, Dunn et al. (1982) afirmam que *P. lilacinus* pode exercer forte pressão na capacidade reprodutiva das fêmeas que são colonizadas e, posteriormente mortas, não havendo assim a formação de massa de ovos.

Os tratamentos que obtiveram os melhores resultados foram aqueles em que as mudas de tomateiro foram produzidas em substrato contendo arroz colonizado com o fungo, não diferindo quanto à concentração dos esporos. Ao se comparar esse tratamento com o outro em que foi adicionada a mesma quantidade de arroz

colonizado (10 g) diretamente nos vasos em que mudas de tomateiro, produzidas sem o fungo, foram transplantadas, observa-se significativa diferença tanto nos índices de galhas, quanto nos de massa de ovos.

Essa forma de aplicação do fungo na sementeira já foi testada com sucesso por Freitas et al. (1999b), mostrando-se bastante eficiente, uma vez que permite que a planta já vá para o campo protegida e com o agente já estabelecido no rizoplane, além de ter a vantagem de reduzir os custos com o inóculo.

A eficiência de *P. lilacinus* na redução da população de *Meloidogyne* é bastante documentada (KERRY, 1990; MENDONÇA, 2005; SOARES et al., 2006; SANTIAGO et al., 2006). No entanto, alguns resultados contestam a eficiência desse fungo como agente de biocontrole. Tais resultados podem estar associados à forma de aplicação e avaliação, ou a não adaptação do isolado às diferentes condições de solo.

A forma de aplicação do fungo é um dos principais fatores que influenciam no sucesso de *P. lilacinus* como agente de biocontrole. Segundo Mankau (1981), antes que o parasitismo do nematóide ocorra, os fungos devem crescer e distribuir-se pelo solo ou rizosfera, processo que exige gasto de energia, dessa forma, há a necessidade de uma fonte de energia para o fungo se estabelecer, tornado-se assim, mais eficiente o parasitismo quando é adicionado com alguma fonte de matéria orgânica, conforme foi verificado por Mendonça (2005) e Freitas et al. (1999b).

Pria & Ferraz (1996) ao avaliarem quatro espécies do fungo *Monacrosporium* utilizando milho triturado como veículo, verificaram que todas as espécies do fungo reduziram significativamente o número de galhas nas raízes de tomateiros, porém, quando utilizaram as mesmas espécies inoculadas em suspensão de conídios, apenas uma espécie diferiu da testemunha sem fungo. Também Dias & Ferraz (1994) ao avaliarem espécies de *Arthrobotrys* para o controle de *M. incognita* observaram que quando se utilizou o milho triturado como veículo para o fungo, houve redução do número de galhas em raízes de tomateiro em relação à testemunha, fato que não foi observado quando os fungos foram inoculados em suspensão.

Os fungos parasitas de ovos como *P. lilacinus* não dependem da presença dos nematóides para sobreviver no solo, dessa forma, podem ser aplicados em substratos estéreis para a produção de mudas. Segundo Carneiro (1992), esses fungos

precisam sobreviver muito tempo no solo em concentração suficiente para controlar as novas gerações de nematóides, portanto, a época mais adequada e conveniente para a aplicação de fungos seria antes do plantio.

### **4.3 Efeito da incorporação de resíduos vegetais ao solo no controle de *Meloidogyne incognita* raça 2.**

A incorporação ao solo da parte aérea de mandioca e mamona revelou resultados animadores no tocante ao controle de *M. incognita* em tomateiro, tanto na redução da população, estimada a partir dos índices de galhas e massa de ovos em raízes de tomateiro, quanto no aumento da tolerância da planta, com base nos pesos do sistema radicular e da parte aérea de tomateiro.

- *Incorporação de resíduos da parte aérea de mandioca*

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, verificou-se a redução dos índices de galhas e massa de ovos, proporcionalmente ao aumento da concentração das folhas trituradas de mandioca. Os menores índices foram observados com as maiores dosagens. O melhor resultado foi com a adição de 40 g que resultou num índice de galhas de 2,33 e de massa de ovos de 1,88, enquanto que a testemunha foi de 5,0, no entanto, as dosagens de 10 g, 20 g e 30 g mostraram-se eficientes, com índices de galhas variando de 2,92 a 3,75 e de massa de ovos variando de 2,58 a 3,0 diferindo estatisticamente da testemunha sem adição de folhas, a qual apresentou índices de galhas e massa de ovos igual a 5,0.

O crescimento do sistema radicular e da parte aérea foi bastante significativo com a adição das folhas de mandioca (Figuras 5 e 6), diferindo da testemunha em todas as dosagens, observando-se que quanto maior a dosagem, maiores os pesos do sistema radicular e parte aérea (Figuras 7 e 8)

Merece atenção o tratamento que recebeu 20 g de folhas, que embora apresentando um índice relativamente alto de galhas (3,42), proporcionou substancial aumento na massa fresca da parte aérea da planta não diferindo, nesse parâmetro, do tratamento com 30 g de folhas (Figura 8). Esse resultado sugere um aumento na

tolerância da planta ao nematóide, uma vez que, mesmo com um número relativamente alto de galhas em suas raízes apresentou expressivo crescimento e desenvolvimento, tanto da parte aérea, quanto do sistema radicular.

Tabela 3. Efeito da incorporação ao solo de diferentes dosagens da parte aérea triturada de mandioca, sobre os índices de galhas e massas de ovos em raízes de tomateiro cv Santa Cruz Kada Gigante, cultivado em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2.

Dosagens (g)	Índice de Galhas*	Índice de Massa de Ovos*
40	2,33 a	1,83 a
30	2,92 b	2,58 b
20	3,42 c	2,83 b
10	3,75 c	3,00 b
0	5,00 d	5,00 c
CV(%)	10,04	15,28

\* Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Figura 5. Parte aérea de tomateiros cv Santa Cruz Kada Gigante, cultivados em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2 e suplementado com 10g, 20g, 30g e 40g de folhas trituradas de mandioca, com período de incubação de sete dias.



Figura 6. Sistema radicular de tomateiros cv Santa Cruz Kada Gigante cultivados em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2 e suplementado com folhas de mandioca. A - Período de Incubação de 7 dias: T1 - 0g; T2 - 10g; T3 - 20g; T4 - 30g; T5 - 40g; B - Período de Incubação de 14 dias: T6 - 0g; T7 - 10g; T8 - 20g; T9 - 30g; T10 - 40g.

Os dados relativos ao período de incubação não mostraram diferenças relevantes, observando-se apenas um leve aumento no peso do sistema radicular e redução nos índices de massa de ovos nos tratamentos com 14 dias de incubação em relação aos com 7 dias, os quais diferiram estatisticamente apenas nesses dois

parâmetros. Quanto aos índices de galhas e peso da parte aérea, não houve diferença estatística entre os períodos avaliados (Tabela 4).

Nas interações entre dosagens e período de incubação os resultados apresentados na Tabela 5 indicam que não houve diferença estatística entre os períodos de incubação em relação às dosagens estudadas em nenhum parâmetro avaliado.

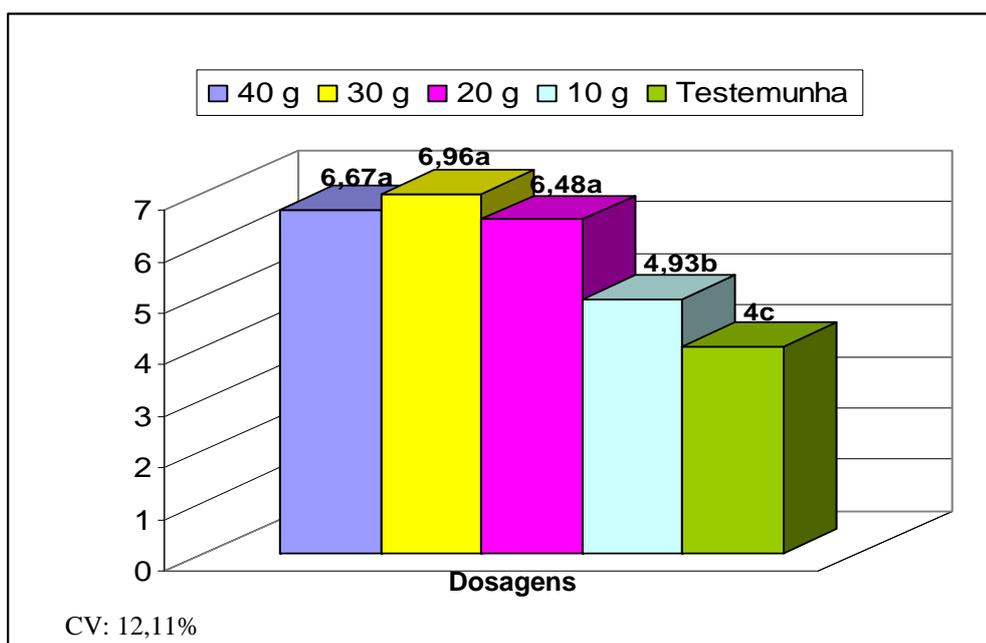


Figura 7. Peso fresco do sistema radicular de tomateiros cv Santa Cruz Kada Gigante, cultivados em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2 e suplementado com folhas trituradas de mandioca.

Letras distintas referem-se a diferença estatística pelo Teste de Tuckey a 5%.

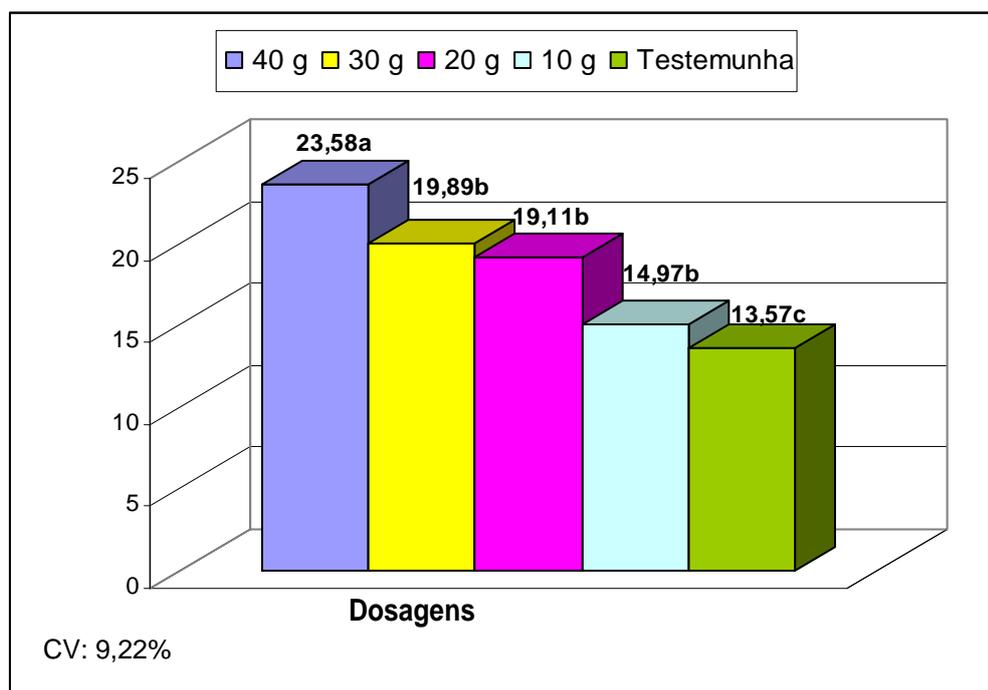


Figura 8. Peso fresco da parte aérea de tomateiros cv Santa Cruz Kada Gigante, cultivados em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2 e suplementado com folhas trituradas de mandioca.

Letras distintas referem-se a diferença estatística pelo Teste de Tuckey a 5%.

Tabela 4. Influência de dois períodos de incubação nos índices de galhas e massa de ovos e na massa fresca do sistema radicular e parte aérea de tomateiro cv. Santa Cruz Kada Gigante cultivado em solo infestado com *Meloidogyne incognita* e suplementado com folhas trituradas de mandioca.

Período de incubação	Peso fresco (g)		Índices	
	Sistema radicular*	Parte aérea*	Galhas*	Massa de ovos*
14 dias	6,08 a	18,21 a	3,50 a	2,73 a
7 dias	5,53 b	18,24 a	3,47 a	3,37 b
CV(%)	22,84	37,54	28,30	37,54

\* Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 5. Efeito da interação de diferentes períodos de incubação e dosagens de folhas trituradas de mandioca, sobre os índices de galhas e massa de ovos e na massa fresca do sistema radicular e parte aérea de tomateiro cv. Santa Cruz Kada Gigante cultivado em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2.

Tratamentos	Peso fresco (g)		Índices	
	Sistema radicular*	Parte aérea*	Galhas*	Massa de ovos*
40g/14dias	7,28 a	24,93 a	2,33 a	1,67 a
40g/7dias	7,04 a	22,22 ab	2,33 a	2,00 ab
30g/14dias	6,85 a	20,89 ab	2,83 ab	2,17 ab
30g/7dias	6,64 a	19,67 b	3,00 abc	2,33 abc
20g/14dias	6,29 a	18,90 b	3,67 c	2,50 bc
20g/7dias	6,11 a	18,55 b	3,17 bc	3,00 c
10g/14dias	5,18 b	15,26 c	3,67 c	3,16 c
10g/7dias	4,66 b	14,69 c	3,83 c	3,67 c
Testemunha	3,95 b	14,12 c	5,00 d	5,00 d
CV(%)	23,17	21,86	28,21	38,85

\*Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

- *Incorporação de resíduos da parte aérea de mamona*

A adição da parte aérea de mamona ao solo mostrou-se eficiente em reduzir os índices de galhas e massa de ovos nas dosagens de 30g e 40g, as quais diferiram estatisticamente da testemunha. A melhor dosagem, notadamente foi a de 40g, que apresentou índices de galhas e massa de ovos de 2,83, enquanto que a testemunha apresentou índices 5, tanto para galhas quanto para massa de ovos (Tabela 6).

O tratamento 10g não diferiu da testemunha nos dois parâmetros citados, apresentando índices de galhas e massa de ovos 4,83. No tratamento em que se adicionou 20g de folhas, embora tenha diferido estatisticamente da testemunha, apresentou elevados índices de galhas e massa de ovos resultantes do alto grau de infestação e multiplicação do nematóide (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito da incorporação ao solo de diferentes dosagens da parte aérea triturada de mamona, sobre os índices de galhas e massas de ovos em raízes de tomateiro cv Santa Cruz Kada Gigante, cultivado em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2.

Dosagens (g)	Índice de Galhas*	Índice de Massa de Ovos*
40	2,83 a	2,83 a
30	4,17 b	3,67 b
20	4,58 cd	4,58 c
10	4,83 de	4,83 cd
0 (testemunha)	5,00 e	5,00 de
CV(%)	10,42	8,52

\* Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Resultados animadores são observados quando se reporta aos parâmetros de pesos do sistema radicular e parte aérea das plantas, nos quais se verifica um expressivo aumento nos tratamentos com folhas, evidenciando a eficácia das folhas de mamona no aumento da tolerância da planta ao fitopatógeno (Figuras 9 e 10).

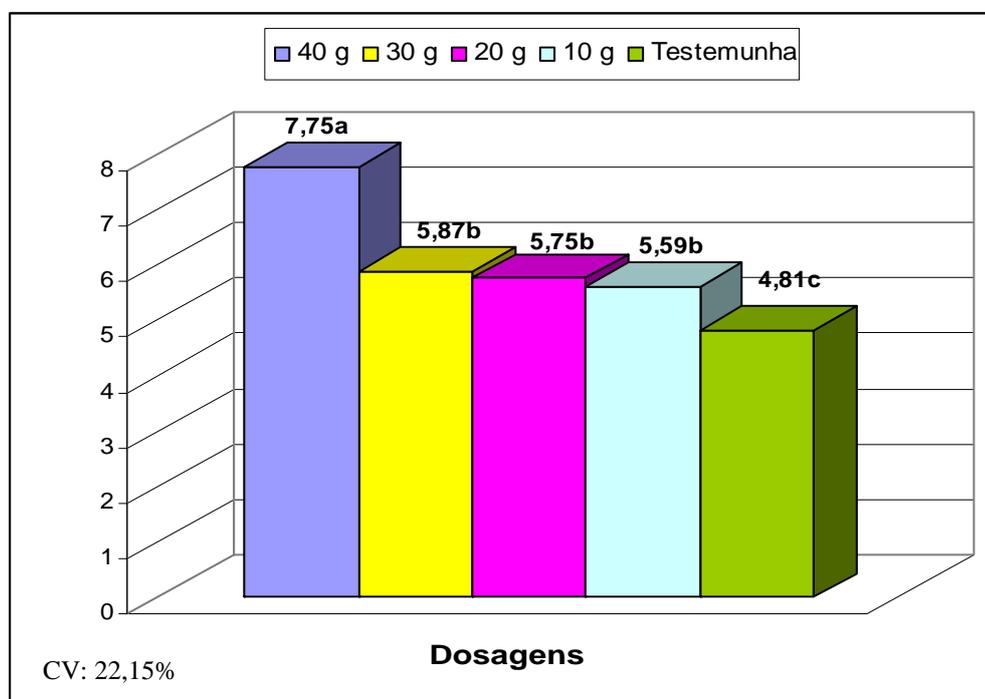


Figura 9. Peso fresco do sistema radicular de tomateiros cv Santa Cruz Kada Gigante, cultivados em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2 e suplementado com folhas trituradas de mamona.

Letras distintas referem-se a diferença estatística pelo Teste de Tuckey a 5%.

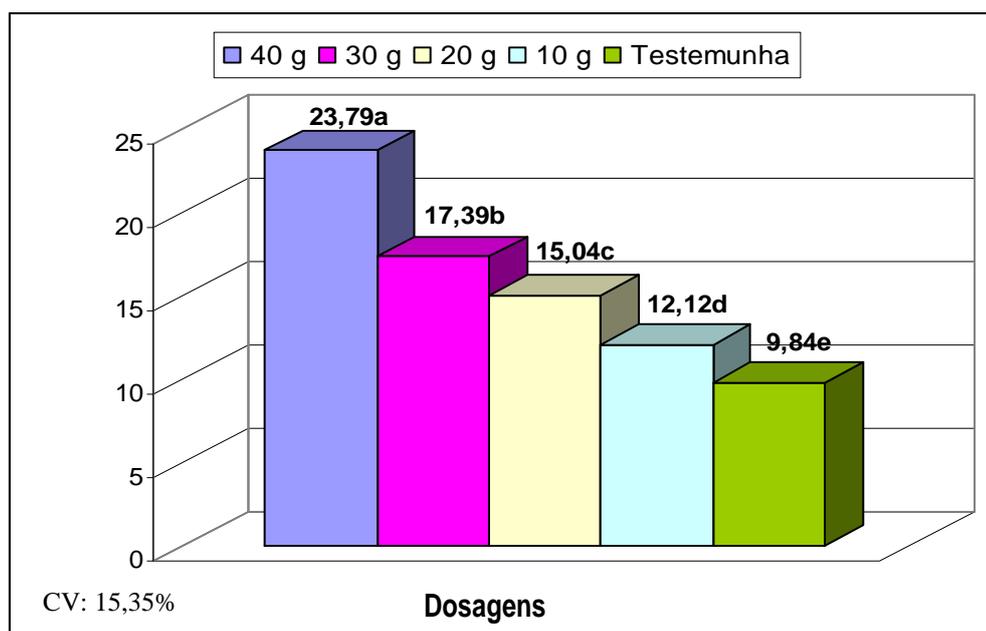


Figura 10. Peso fresco da parte aérea de tomateiros cv Santa Cruz Kada Gigante, cultivados em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2 e suplementado com folhas trituradas de mamona.

Letras distintas referem-se a diferença estatística pelo Teste de Tuckey a 5%

Um considerável aumento no peso do sistema radicular foi observado no período de incubação de 7 dias, diferindo estatisticamente do período de incubação de 14 dias, o que pode ser justificado ao se observar os dados da Tabela 7, pelo elevado número de galhas nas raízes neste tratamento. Esse fato também poderá justificar o aumento do peso da parte aérea nos tratamentos com 14 dias de incubação, que por apresentarem menor número de galhas nas raízes poderá ter facilitado uma maior translocação de nutrientes da raiz à parte aérea.

Com relação ao período de incubação, os resultados não mostraram diferenças relevantes, observando-se apenas um leve aumento no peso da parte aérea e redução nos índices de galhas e massa de ovos nos tratamentos com 14 dias em relação aos com 7 dias (Tabela 7).

Tabela 7. Influência de dois períodos de incubação nos índices de galhas e massa de ovos e na massa fresca do sistema radicular e parte aérea de tomateiro cv. Santa Cruz Kada Gigante cultivado em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2 e suplementado com folhas trituradas de mamona.

Período de incubação	Peso fresco (g)		Índices	
	Sistema radicular*	Parte aérea*	Galhas*	Massa de ovos*
7 dias	7,03 a	14,44 a	4,60 b	4,40 b
14 dias	4,87 b	16,83 b	3,97 a	3,97 a
CV(%)	19,83	32,34	20,63	21,17

\* Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

Ao se analisar os dados das interações entre dosagens e período de incubação na Tabela 8, verificou-se que as mais eficientes, para redução do parasitismo e reprodução de *M. incognita*, expressos nos índices de galhas e massa de ovos, foram 40 g independente do período de incubação e 30 g com período de incubação de 14 dias, as quais não diferiram entre si. No entanto, ao se comparar as dosagens de 30 g verifica-se que elas diferem entre si, de acordo com o período de incubação, o qual com 7 dias mostrou-se sem efeito supressivo, não diferindo dos demais tratamentos, inclusive da testemunha.

Os pesos do sistema radicular e parte aérea sofreram diferenças em relação ao período de incubação. Os dados mostrados na Tabela 8 revelam discrepâncias em relação a esses dois parâmetros, uma vez que os pesos do sistema radicular, independente da dosagem, foram maiores no período de incubação de 7 dias e os pesos da parte aérea, contrariamente, foram maiores no período de 14 dias em todas as dosagens. Os tratamentos com adição de 10 g, 20 g e 30 g de folhas, com 14 dias de incubação foram estatisticamente iguais à testemunha, em relação ao peso do sistema radicular.

Os tratamentos de 40 g/14 dias e 40 g/7 dias foram estatisticamente superiores às demais dosagens, evidenciando o efeito benéfico da matéria orgânica no crescimento da planta e aumento da tolerância às doenças.

Tabela 8. Efeito da interação de diferentes dosagens e períodos de incubação da parte aérea triturada de mamona, sobre tomateiros inoculados com *Meloidogyne incognita* raça 2.

Tratamentos	Peso fresco (g)		Índices	
	Sistema radicular	Parte aérea	Galhas	Massa de ovos
40g/14dias	6,02 b	25,86 a	2,67 a	2,67 a
40g/7dias	9,48 a	21,72 b	3,00 ab	3,00 ab
30g/14dias	4,87 c	18,35 c	3,33 b	3,33 b
30g/7dias	7,25 b	16,43 c	4,00 c	5,00 d
20g/14dias	4,55 c	16,83 c	4,17 c	4,17 c
20g/7dias	6,94 b	13,25 d	5,00 d	5,00 d
10g/14dias	4,49 c	14,67 cd	4,67 cd	4,67 cd
10g/7dias	6,74 b	9,58 e	5,00 d	5,00 d
Testemunha	4,43 c	7,10 f	5,00 d	5,00 d
CV(%)	27,98	34,62	21,95	21,78

\* Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A incorporação ao solo de resíduos vegetais com o objetivo de suprimir nematóides já é bem documentada na literatura. Inúmeros tipos de resíduos vegetais já foram testados para este fim, dentre eles pode-se citar plantas ou partes de plantas (WANG et al., 2004b; TSAY et al., 2004; SILVEIRA & RAVA, 2004; LOPES et al., 2005; CANUTO et al., 2006; SILVA et al., 2006), sementes trituradas, ou resíduos de sementes (SILVA et al., 2002; RITZINGER et al., 2004; AGUIAR et al., 2005), extratos (COIMBRA et al., 2006; CANUTO et al., 2006) e resíduos do processamento da mandioca (manipueira) (PONTE & FRANCO, 1983; PONTE et al., 1995).

A despeito do reconhecido potencial da matéria orgânica na supressão de fitonematóides, alguns trabalhos têm apresentado resultados inconsistentes (SCHMID et al., 1993; McSORLEY & GALLAHER, 1995; DIAS-ARIEIRA et al.,

2003a), no entanto, resultados positivos foram obtidos em outras pesquisas com o objetivo de controle de *Meloidogyne* sp através da incorporação de resíduos vegetais (TSAY et al., 2004; MENDONÇA, 2005; SILVA et al., 2006).

Dentre as pesquisas que envolvem o uso de resíduos orgânicos na supressão de nematóides, a utilização de resíduos de diversas partes de mamona tem mostrado resultados animadores, mesmo em pequenas dosagens, o que não foi observado nesse trabalho. Tais divergências podem ser atribuídas à espécie do nematóide estudada, bem como à cultivar da planta utilizada.

Ritzinger & McSorley (1998) obtiveram satisfatória redução nos números de galhas, massas de ovos e larvas no solo ao adicionar a parte aérea triturada de mamona em solo inoculado com *M. arenaria*, mesmo em dosagens bem inferiores às utilizadas neste trabalho.

O potencial de resíduos de mamona na supressão de nematóides também foi estudado por outros autores. Aguiar et al. (2005) obtiveram redução de 73 % e 85 % respectivamente, nos números de galhas e massas de ovos quando utilizaram torta de mamona incorporada ao solo, no controle de *M. exigua*. Lopes et al. (2005) obtiveram redução de 48,9 % e 69,29 % respectivamente, nos números de galhas e massas de ovos de *M. javanica* com a incorporação ao solo de folhas secas de mamona, com período de incubação de sete dias.

As diferenças nos resultados do presente trabalho, com os supracitados, apontam para algumas suposições. No caso do primeiro trabalho, foi utilizada a torta da mamona, resíduo que possui uma concentração de ricina bem maior que as folhas, já no segundo trabalho, onde foi utilizada a folha da mamona, pode-se supor que a diferença deva estar na dosagem, na espécie do nematóide, na variedade da planta utilizada, bem como na sua idade e fase fenológica, ou ainda, na metodologia de aplicação. Fatores climáticos também podem interferir nos resultados.

O mecanismo de ação de *R. communis* envolvido na supressão de nematóides ainda não é conhecido. Resultados obtidos por Costa et al. (2000) em teste de eclosão, mobilidade e mortalidade de juvenis de segundo estágio de *M. exigua* e *M. incognita*, *in vitro*, evidenciaram a presença de substâncias tóxicas aos nematóides em extrato aquoso de folhas de mamona.

Ainda em estudos visando o controle de *M. exigua* em cafeeiro, Dutra et al. (2004) confirmaram a eficiência da mamona sobre a mortalidade de juvenis. Segundo estes autores, a eficiência do resíduo se deve provavelmente à ação do complexo ricina – ricinina presente na torta de mamona que pode ter apresentado toxicidade aos nematóides e, ainda, à ação nutricional promovida pela torta de mamona.

A ação direta dos resíduos de mamona aos nematóides pode ser atribuída às diversas substâncias presentes na planta, e sua concentração depende da parte da planta utilizada, do tecido, bem como da fase fenológica.

Fonseca (2001) aponta como presente as seguintes classes de substâncias: alcalóides, esteróides, flavonóides, saponinas, taninos e compostos fenólicos. Dentre as classes de substâncias citadas, compostos fenólicos como tanino, já foram relatados em outros trabalhos que visam a supressão de nematóides pela incorporação de matéria orgânica (RITZINGER & McSOLEY, 1998; NICO et al., 2004; TSAY et al., 2004; RITZINGER & FANCELLI, 2006).

O que se supõe, é que estas substâncias podem agir em conjunto, ou isoladamente na supressão dos nematóides. Seus mecanismos de ação, bem como o estágio de vida do patógeno que é afetado por elas, ainda não foram elucidados. O que se tem de registro na literatura, é a suposta ação das substâncias sobre alguns microrganismos. Rodrigues et al. (2002) relatam que as folhas de *R. communis* possuem propriedades antimicrobianas, acaricidas, filaricidas, moluscicidas e anti-virais.

A atividade filaricida das folhas de mamona é confirmada por Conley (1990). Ducke (1987) reforça que entre as propriedades biocidas do vegetal estão a atividade inseticida, larvicida e vermífuga.

Há na literatura alguns trabalhos que relatam a eficiência desta espécie na supressão de nematóides, especialmente pelo uso do resíduo líquido do beneficiamento da raiz (manipueira) (PONTE et al., 1979; PONTE & FRANCO, 1983; FRANCO, 1986; FRANCO & PONTE, 1988) e extratos de folhas (COIMBRA et al., 2006).

Coimbra et al. (2006), em ensaios *in vitro* testaram a toxicidade de extratos de folhas de mandioca ao nematóide *Scutellonema bradys* (Steiner & LeHew), e concluíram que o extrato teve efeito nematostático e nematicida sobre o patógeno.

A ação dos resíduos sobre os nematóides provavelmente está associada às substâncias presentes na planta. Dentre essas substâncias estão os glicosídeos cianogênicos (linamarina e lotaustralina) que, ao sofrerem hidrólise, liberam ácido cianídrico (CORREA et al., 2002), a presença do cianeto explica os efeitos nematicidas da mandioca (PONTE, 1992).

A ação dessas substâncias sobre os nematóides são mais eficientes em extratos ou em resíduos triturados, visto que a liberação do ácido cianídrico é acarretada pela ação da enzima linamarase em plantas cujos tecidos foram danificados mecanicamente (CORREA et al., 2002).

Além dos efeitos nematicidas dos resíduos de mandioca, evidenciado neste trabalho e consubstanciados por Ponte et al. (1979), Ponte & Franco (1983), Franco (1986), Franco & Ponte (1988) e Coimbra et al. (2006), as folhas de *M. esculenta* representam uma excelente fonte de proteína vegetal, com conteúdo de proteína bruta variando de 15 % a 40 % de massa fresca (DAMASCENO, 2006), evidenciando expressivo aporte de nitrogênio ao solo através do seu uso como adubação verde.

Tal efeito pode ser notado no incremento dos pesos da parte aérea e sistema radicular das plantas que receberam doses crescentes dos resíduos de mandioca no presente trabalho. Com relação a esses parâmetros, os resultados observados nos dois ensaios, estão de acordo outros trabalhos registrados na literatura (RITZINGER & McSORLEY, 1998; MATSUMOTO et al., 2002; WANG et al., 2004b; MENDONÇA, 2005; SILVA et al., 2006). É unânime entre os pesquisadores, a teoria que o aporte de matéria orgânica pode, por si só, promover a redução dos danos causados às plantas por fitonematóides, bem como a diminuição da população desses patógenos ou ainda, aumento da produção da planta, independente da população destes.

Segundo Ritzinger & Fancelli (2006), o mecanismo de ação da matéria orgânica na supressão de fitonematóides tem sido atribuído, na maioria das vezes, à melhoria da estrutura física e química do solo, resultando em benefícios às plantas com relação à sua nutrição, bem como favorecer a manutenção da umidade do solo

diminuindo o estresse hídrico, podendo, dessa forma, induzir na planta, tolerância à presença dos fitoparasitas. Ademais, o aporte de matéria orgânica no solo, poderá alterar o perfil da sua microbiota ajudando a equilibrar a microfauna nativa, tornando o ambiente impróprio à sobrevivência de patógenos, o que favorece o aumento das populações de microrganismos benéficos, elevando assim seu potencial de controle e, conseqüentemente, desenvolvendo uma planta sadia e resistente (CAFÉ FILHO & LOBO JÚNIOR, 2000; ZAMBERLAN & FRONCHETI, 2002).

Embora a incorporação de matéria orgânica ao solo possa mudar as qualidades bióticas e abióticas do solo e induzir elementos ou toxinas que podem ser prejudiciais à população de nematóides, um período de incubação é necessário para obter melhores resultados das adubações orgânicas. O período de incubação difere com a natureza do material adicionado e pode ser especialmente importante em culturas com épocas de crescimento relativamente curtas (MANION et al., 1994), além disso, alguns tipos de matéria orgânica podem apresentar fitotoxidez às plantas requerendo assim, um período entre a sua aplicação e a implantação da cultura.

Os resultados concernentes ao período de incubação, no presente trabalho, revelam no geral, que o período de incubação maior foi mais eficiente em reduzir a reprodução do nematóide, expressa pelos índices de massa de ovos. Segundo Manion et al. (1994), um maior período de incubação pode reforçar o efeito do resíduo sobre o patógeno, uma vez que um dos mecanismos envolvidos na supressão destes consiste na liberação de metabólitos tóxicos durante a decomposição da matéria orgânica, como os compostos fenólicos,  $\text{NH}_3$ , ou nitrito.

#### **4.4 Rotação de cultura**

Das nove espécies testadas para a utilização em programas de rotação de cultura com tomateiro, em solo infestado com *M. incognita*, os dois cultivares de mamona BRS 149 e BRS 188 Paraguaçu e três cultivares de feijão-caupi TE97 299 G 10, BR17 Gurguéia e Canapuzinho mostraram-se ineficientes, elevando a população a níveis prejudiciais à cultura subsequente.

O plantio posterior de tomateiro, nos vasos cultivados com essas plantas, demonstrou o potencial destas para a multiplicação de *M. incognita*, evidenciado pelos altos índices de galhas e massa de ovos nas raízes das plantas de tomate nesses tratamentos, que foram de 5, não havendo diferença estatística quando comparados com a testemunha suscetível, que também apresentou índice 5 para galhas e massa de ovos (Tabela 9 e Figuras 11 e 12).

No entanto, o tratamento com feijão-caupi cv. Vita 7 diferiu dos demais cultivares, comportando-se como mau hospedeiro, reduzindo a população do nematóide a níveis não prejudiciais à cultura posterior, o que pode ser constatado pelos baixos índices de galhas e massas de ovos observados em tomateiros cultivados subsequentemente a este cultivar (Tabela 9 e Figuras 11 e 12).

Tabela 9. Índices de galhas e massas de ovos de *Meloidogyne incognita* raça 2 em sistema radicular de tomateiro cv Santa Cruz Kada Gigante, após o cultivo de nove espécies vegetais usadas em rotação de cultura.

Tratamentos	Índices	
	Galhas*	Massa de ovos*
Testemunha (tomateiro ‘Santa Cruz Kada Gigante’)	5,0 a	5,0 a
Mamona ‘BRS 149’	5,0 a	5,0 a
Mamona ‘BRS 188 Paraguaçu’	5,0 a	5,0 a
Feijão-Caupi ‘TE97 299 G-10’	5,0 a	5,0 a
Feijão-Caupi ‘BR17 Gurguéia’	5,0 a	5,0 a
Feijão-Caupi ‘Canapuzinho’	5,0 a	5,0 a
Feijão-Caupi ‘Vita 7’	1,8 b	1,8 b
Crotalária	0 c	0 c
Guandu	0 c	0 c
Mucuna	0 c	0 c
CV(%)	8,3	8,3

\* Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.



Figura 11. Sistema radicular de tomateiros cv Santa Cruz Kada Gigante cultivados após o plantio de: 4- Mamona BRS 149; 5- Mamona BRS 188 Paraguaçu e 6- Feijão-Caupi Vita 7 em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2.



Figura 12. Sistema radicular de tomateiros cv Santa Cruz Kada Gigante cultivados após o plantio de: 7- feijão Caupi TE97 299 G 10; 8- Feijão-Caupi BR17 Gurguéia e 9- Feijão-Caupi Canapuzinho em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2.

Os resultados concernentes à rotação com feijão caupi, concordam com outros trabalhos onde se utilizou esta espécie em rotação para redução dos nematóides das galhas (MCSORLEY, 1999; SILVA et al., 2007), os quais demonstram que a reação de caupi em relação à *Meloidogyne* varia dentro dessa espécie vegetal, havendo genótipos resistentes e suscetíveis ao nematóide.

Quanto à reação da mamona no controle de *Meloidogyne*, os resultados são conflitantes com outros encontrados na literatura, onde esta é relatada como antagonica ao nematóide das galhas, não permitindo sua multiplicação no solo (McSORLEY et al., 1994; McSORLEY, 1999; HALBRENDT & LaMONDIA, 2004; FERRAZ & FREITAS, 2004).

Substâncias químicas presentes em tecidos de plantas de mamona mostram ter efeito supressivo sobre nematóides, inclusive em resultados encontrados em outro ensaio no presente trabalho, realizado com a adição da parte aérea de mamona ao solo. No entanto, no que concerne a seu efeito em rotação de cultura, não foi encontrado na literatura relato das substâncias presentes nas raízes, não obstante, Hagan et al. (2005) constatarem, em trabalho de rotação de cultura com dois cultivares Bronze King e Hale, que o cultivo destas reduziu a sobrevivência de juvenis e a reprodução do nematóide.

Dias-Arieira et al. (2003a) sugeriram a partir de experimentos em casa de vegetação com rotação de gramíneas para o controle de *M. incognita*, *M. javanica* e *Heterodera glycines*, que a incorporação da planta ao solo, após o seu cultivo, possivelmente potencializaria seu efeito supressivo, atribuindo tal efeito à liberação de substâncias tóxicas durante a decomposição das plantas.

Com efeito, não se pode afirmar ser a espécie *R. communis* antagonica a *M. incognita*, tendo em vista que neste trabalho foi observada a formação de numerosas galhas nas raízes desta planta, além do que, o plantio desta permitiu a multiplicação do nematóide promovendo alta infestação em tomateiros plantados subsequentemente à elas. O que se pode supor, é que alguns cultivares podem ser mais resistentes, comportando-se como más hospedeiras, não permitindo assim, tal multiplicação.

Nos tratamentos onde se cultivou crotalária, guandu e mucuna em solo inoculado com *M. incognita*, observou-se que essas espécies suprimiram a população

do nematóide no solo, possibilitando que tomateiros plantados subsequentemente se desenvolvessem sem a formação de galhas nas raízes (Figura 13).



Figura 13. Sistema radicular de tomateiros cv Santa Cruz Kada Gigante cultivados após o plantio de: 1- crotalária; 2- guandu e 3- mucuna anã em solo infestado com *Meloidogyne incognita* raça 2.

É bem conhecida a eficiência da rotação de cultura no controle de fitonematóides, sendo considerada uma prática indispensável em qualquer plano de manejo integrado de nematóides, por manter a população abaixo do nível de dano econômico.

Várias espécies de plantas já foram testadas com sucesso para rotação em solos infestados com nematóides, dentre elas destacam-se algumas gramíneas (MATSUMOTO et al., 2002; DIAS-ARIEIRA et al., 2003a e 2003b; KRATOCHUL et al, 2004) e leguminosas como guandu, crotalária, mucuna e feijão-caupi (SILVA et al., 1990; McSORLEY, 1999; ADEDIRAM et al., 2005; INOMOTO et al., 2006).

O efeito benéfico de algumas leguminosas como mucuna, guandu e crotalária tanto na supressão de nematóides, quanto na fertilidade do solo, por meio do incremento de nitrogênio, é bem documentado (McSORLEY, 1999; HALBRENDT & LaMONDIA, 2004; FERRAZ & FREITAS, 2004; WANG et al., 2004b; ADEDIRAM et al., 2005; INOMOTO et al., 2006 ).

Plantas do gênero mucuna, nas suas diversas cultivares, como preta, cinza, rajada e anã têm sido estudadas quanto a seu potencial na supressão de nematóides, ademais, segundo Ferraz & Freitas (2004) é considerada uma das melhores plantas para adubação verde, produzindo cerca de 35 a 40 ton/ha de massa verde e contribuindo com 120 a 180 kg/ha de nitrogênio fixado da atmosfera.

O efeito nematicida de mucuna, aliado ao aporte de nitrogênio ao solo, têm despertado o interesse de pesquisadores para a avaliação do seu potencial em rotação com culturas hospedeiras de nematóides. Inomoto et al. (2006), ao testarem a reação de plantas usadas como adubo verde a *M. javanica* e *Pratylenchus brachyurus*, verificaram que mucuna preta, crotalária e guandu diminuíram a população de *M. javanica*.

O antagonismo de mucuna relatado por vários pesquisadores e confirmado no presente trabalho pode ser atribuído aos componentes químicos presentes nesta espécie. Segundo Ferraz et al. (1999) dentre esses componentes encontram-se o álcool triacontan-1-ol, o éster tetracosanoato de triacontila e o aminoácido L-Dopa, presentes na parte aérea da mucuna preta.

Nos tratamentos com crotalária, assim como com mucuna e guandu, foi observada a eliminação total do nematóide com índices zero de galhas e massas de ovos nas raízes de tomateiro após cultivo dessas espécies. Embora a discordância na literatura em relação à eficiência das crotalárias no controle de fitonematóides (WANG et al., 2002), o efeito positivo de algumas espécies desse gênero sobre o controle de fitonematóides já foi bem documentado na literatura, ademais, estão entre as mais estudadas como plantas de cobertura para adubação verde (INOMOTO et al., 2006).

Em ensaios em casa de vegetação, *C. spectabilis* e *C. juncea* suprimiram ou reduziram as populações de *M. incognita* raça 1, *M. javanica* e *M. arenaria* raça 1 (McSORLEY, 1999). Resultados similares a esses foram observados anteriormente por McSorley et al. (1994). Em outro experimento em casa de vegetação, Silva et al. (1990), confirmaram a eficiência das crotalárias para o uso em rotação com plantas suscetíveis a *Meloidogyne* sp. *C. spectabilis* e *C. breviflora* suprimiram a população de *M. javanica* do solo, permitindo o desenvolvimento de tomateiros cultivados posteriormente a elas, livres de galhas em suas raízes.

Resultados similares a esses foram observados recentemente por Inomoto et al. (2006), nos quais verificaram significativa redução de *M. javanica* no solo e em raízes de *C. spectabilis* e *C. breviflora*.

Trabalhos com guandu têm mostrado resultados variáveis com relação às propriedades antagonistas o que se atribui, na maioria das vezes, ao uso de diferentes cultivares.

A eficiência de guandu sobre *M. javanica* foi verificada por Costa & Ferraz (1990) que ao avaliarem o efeito antagônico de algumas espécies de plantas obtiveram o menor número de galhas e massa de ovos em raízes de guandu.

Guandu se apresenta como um hospedeiro desfavorável ao nematóide das galhas. Segundo Ferraz et al. (1999), esse tipo de planta pode ser tão ou mais eficiente em controlar nematóides, quanto plantas não-hospedeiras. O número de juvenis que eclodem e morrem durante o ciclo destas plantas, provavelmente, é muito superior ao número de ovos produzidos pelas poucas fêmeas formadas em suas raízes, portanto, o fato de uma planta permitir uma pequena multiplicação do nematóide não inviabiliza o seu uso no controle deste, no entanto, é recomendável que estas plantas sejam utilizadas em programas de rotação que incluam, também, uma planta não-hospedeira.

## 5 CONCLUSÕES

- Dos 15 cultivares de tomateiro testados quanto à resistência a *M. incognita* raça 2, ‘Santa Clara’ comportou-se como moderadamente resistente, e os cultivares Laura, Toro Cumbre, Gaúcho, Hector, Majestade, IPA – 6 e Italiano, apresentaram os menores índices de galhas e massa de ovos, comportando-se, todos, como muito resistentes;
- A produção de mudas de tomateiro em substrato infestado com *P. lilacinus* veiculado em arroz, mostrou-se eficiente na supressão de *M. incognita* raça 2, estimada a partir dos índices de galhas e massa de ovos. Não houve diferença quanto à concentração do inóculo;
- A adição do fungo *P. lilacinus* diretamente ao solo de cultivo não apresentou efeito satisfatório na redução dos índices de galhas em tomateiros cultivados em solo infestado com *M. incognita* raça 2, porém foi eficiente na redução dos índices de massa de ovos, não diferindo quanto a forma de veiculação do fungo ao solo.
- A incorporação da parte aérea de mandioca mostrou-se efetiva na redução da população de *M. incognita* testada, independente da dosagem e do período de incubação, tanto no que se refere aos índices de galhas e massa de ovos, quanto no aumento da tolerância da planta, expressa nos pesos da parte aérea e sistema radicular de plantas de tomate;
- A incorporação da parte aérea de mamona, só se mostrou efetiva na dosagem de 40 g no período de incubação de 14 dias, relativamente aos índices de galhas e massa de ovos, no entanto, todas as dosagens elevaram os pesos da parte aérea e sistema radicular das plantas.

- Dos cultivares de feijão-caupi testados para rotação com tomateiros cultivados em solo infestado com *M. incognita* raça 2, apenas ‘Vita 7’ foi eficiente, reduzindo a população do nematóide, permitindo o desenvolvimento de tomateiros plantados subsequentemente com baixos índices de galhas e massa de ovos;
- Os dois cultivares de mamona testados para rotação de cultura não mostraram-se efetivas, apresentando grande quantidade de galhas e multiplicando a população do nematóide;
- Crotalária, guandu e mucuna suprimiram a população de *M. incognita* raça 2 testada, permitindo o desenvolvimento de plantas de tomate cultivadas posteriormente, sem a formação de galhas.