



**MANEJO DO SOLO E DA ÁGUA NO
CONTROLE DE NEMATÓIDES DE GALHAS
(*Meloidogyne* sp.) E ESTUDOS “IN VITRO” DA
TEMPERATURA E UMIDADE NA
INFECTIVIDADE DESSES PATÓGENOS.**

MARCOS ROBERTO DUTRA

2002

53323
37692MFN

MARCOS ROBERTO DUTRA

**MANEJO DO SOLO E DA ÁGUA NO CONTROLDE DE NEMATÓIDES
DE GALHAS (*Meloidogyne* sp.) E ESTUDOS "IN VITRO" DA
TEMPERATURA E UMIDADE NA INFECTIVIDADE DESSES
PATÓGENOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras como parte das exigências do Curso
de Mestrado em Agronomia, área de
concentração em Fitopatologia, para obtenção
do título de "Mestre".

Orientador

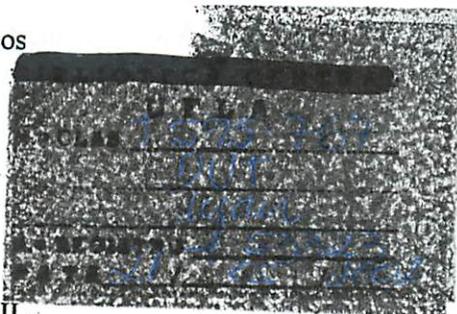
DESCARTADO Prof. Vicente Paulo Campos

M. Dutra
ASSINATURA

Data 17 / 4 / 17

BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA
UFLA

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2002



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

Dutra, Marcos Roberto

Manejo do solo e da água no controle de nematóides de galhas (*Meloidogyne* sp.) e estudos "In Vitro" da temperatura e umidade na infectividade desses patógenos / Marcos Roberto Dutra. -- Lavras : UFLA, 2002.

131 p. : il.

Orientador: Vicente Paulo Campos.

Dissertação (Mestrado) -- UFLA.

Bibliografia: 17

1. *Meloidogyne*. 2. Manejo do solo. 3. Temperatura. 4. Umidade. 5. Infectividade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-595.767
-631.45

MARCOS ROBERTO DUTRA

**MANEJO DO SOLO E DA ÁGUA NO CONTROLDE DE NEMATÓIDES
DE GALHAS (*Meloidogyne* sp.) E ESTUDOS “IN VITRO” DA
TEMPERATURA E UMIDADE NA INFECTIVIDADE DESSES
PATÓGENOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de Lavras como parte das exigências do Curso
de Mestrado em Agronomia, área de
concentração em Fitopatologia, para obtenção
do título de “Mestre”.

APROVADA em 8 de março de 2002

Prof. Dr. Edson Ampélio Pozza

UFLA

Prof. Dr. Nilson Salvador

UFLA

Prof. Dr. Vicente Paulo Campos

UFLA

(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

DEDICO

A minha família, especialmente ao futuro dos meus filhos.

OFEREÇO

Aos meus pais, Maria Lúcia e Roberto

Aos meus irmãos, Renata, Rogério, Pedro e Francisco.

Aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas dificuldades colocadas na minha vida.

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade de superá-las.

À FAPEMIG pelo patrocínio.

Ao prof. Dr. Vicente Paulo Campos por todo o incentivo.

Ao amigo Ronaldo Vilas Boas Silva pelo apoio na decisão.

Aos Docentes e Funcionários pelos ensinamentos.

Aos funcionários Cleber, Tarlei e Tales por toda ajuda nos trabalhos

Aos colegas do Curso, Andreia, Cristiano, Deila, Florisvalda, Graciela, Gleiber, Luiz Henrique, Moab e Ricardo pelo companheirismo, apoio, críticas e compreensão nos dias de luta.

Aos companheiros de trabalho, Cacilda, Fernando, Hercules, João, Rose, Sonia, e Valdir pela convivência.

Aos alunos de graduação, Cristian, Keiti, Lorena, Luciene, Márcia, Pedro, Regis e Sara pela grande ajuda na realização das tarefas; especialmente ao meu amigo Paulo José pelas inúmeras contribuições de vida.

Ao prof. Daniel Furtado Ferreira e a minha grande amiga Livia pela ajuda na compreensão e realização das análises estatísticas.

Ao funcionário “Sr. Geraldinho” pelo exemplo de trabalho e dedicação.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para superação desta fase da minha vida.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	v

CAPÍTULO 1: Manejo do solo e da água no controle de nematóides de galhas (<i>Meloidogyne</i> sp.) e estudos “in vitro” da temperatura e umidade na infectividade desses patógenos	1
1 Introdução geral	2
2 Referencial teórico	4
2.1 <i>Meloidogyne</i> spp. e a relação com o meio ambiente em que vive	4
2.2 Temperatura	7
2.2.1 Efeito no ciclo de vida	7
2.2.2 Efeito no desenvolvimento embrionário e na eclosão do juvenil segundo estágio (J ₂)	8
2.2.3 Temperaturas limites para migração, infectividade e reprodução	11
2.3 Umidade do solo	13
2.4 Alqueive ou pousio, arranquio e queima do sistema radicular infestado e revolvimento do solo	15
2.5 Reservas energéticas corporais	18
3 Referências bibliográficas	20

CAPÍTULO 2: Manejo do solo e da irrigação como nova tática de controle de <i>Meloidogyne incognita</i> em feijoeiro e a sua infectividade após períodos de privação alimentar no solo em diferentes temperaturas e umidades	27
1 Resumo	28
2 Abstract	30

3 Introdução	32
4 Material e métodos	34
4.1 Efeito da irrigação e revolvimento do solo na infestação de <i>Meloidogyne incognita</i> e no desenvolvimento e produção do feijoeiro no campo	34
4.2 Privação alimentar do juvenil do segundo estágio (J ₂) de <i>Meloidogyne incognita</i> e sua infectividade sob condições controladas	38
5 Resultados e discussão	41
5.1 Efeito da irrigação e revolvimento do solo na infestação de <i>Meloidogyne incognita</i> e no desenvolvimento e produção do feijoeiro no campo	41
5.2 Privação alimentar do juvenil do segundo estágio (J ₂) de <i>Meloidogyne incognita</i> e sua infectividade sob condições controladas	51
6 Conclusões	57
7 Referências bibliográficas	58

CAPÍTULO 3: Manejo do solo e da irrigação no controle de <i>Meloidogyne javanica</i> do quiabeiro no campo e a infectividade de ovos de <i>M. incognita</i> incubados em água em diferentes temperaturas	60
1 Resumo	61
2 Abstract	63
3 Introdução	64
4 Material e métodos	66
4.1 Efeito do revolvimento e irrigação do solo na população de <i>M. javanica</i> em quiabeiros no campo	66
4.2 Incubação de ovos de <i>M. incognita</i> em água em diversos períodos de tempo e a infectividade em mudas de tomate	68
5 Resultados e discussão	71

5.1 Efeito do revolvimento e irrigação do solo na população de <i>M. javanica</i> em quiabeiros no campo	71
5.2 Incubação de ovos de <i>M. incognita</i> em água em diversos períodos de tempo, temperaturas e a sua infectividade em mudas de tomate	76
6 Conclusões	83
7 Referências bibliográficas	84

CAPÍTULO 4: Manejo do solo e da irrigação como tática de controle de <i>Meloidogyne javanica</i> em alface e a infectividade de juvenis do segundo estágio (J₂) de <i>M. incognita</i> após períodos de privação alimentar em diferentes temperaturas	86
1 Resumo	87
2 Abstract	89
3 Introdução	91
4 Material e métodos	93
4.1 Efeito do revolvimento e irrigação do solo na infestação de <i>M. javanica</i> em alface no campo	93
4.2 Privação alimentar do juvenil do segundo estágio (J ₂) de <i>Meloidogyne incognita</i> em água e sua infectividade em condições controladas	96
5 Resultados e discussão	98
5.1 Efeito do revolvimento e irrigação do solo na infestação de <i>M. javanica</i> em alface no campo	98
5.2 Privação alimentar do juvenil do segundo estágio (J ₂) de <i>M. incognita</i> em água e sua infectividade em condições controladas.....	103
6 Conclusões	109
7 Referências bibliográficas	110

CAPÍTULO 5: Manejo do solo e da irrigação na população e infectividade de <i>Meloidogyne incognita</i> em cultivo protegido e viabilidade de galhas e ovos como inóculo após a incubação no solo em diversas temperaturas	112
1 Resumo	113
2 Abstract	114
3 Introdução	115
4 Material e métodos	117
4.1 Efeito do revolvimento e irrigação do solo na população e infectividade de <i>M. incognita</i> em casa de vegetação	117
4.2 Incubação de galhas de <i>M. incognita</i> no solo e a sua viabilidade como inóculo em condições controladas	119
4.3 Incubação de ovos de <i>M. incognita</i> no solo e a sua viabilidade como inóculo em condições controladas	121
5 Resultados e discussão	122
5.1 Efeito do revolvimento e irrigação do solo na população e infectibilidade de <i>M. incognita</i> em casa de vegetação	122
5.2 Incubação de galhas de <i>M. incognita</i> no solo e a sua viabilidade como inóculo em condições controladas	125
5.3 Incubação de ovos de <i>M. incognita</i> no solo e a sua viabilidade como inóculo em condições controladas	127
6 Conclusões	129
7 Referências bibliográficas	130

RESUMO

DUTRA, Marcos Roberto. Manejo do solo e da água no controle de nematóides de galhas (*Meloidogyne* spp.) e estudos “in vitro” da temperatura e umidade na infectividade desses patógenos. 2002. 131p. Dissertação Mestrado em Fitopatologia – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A flutuação populacional de juvenis do segundo estágio (J_2) de *Meloidogyne incognita* e sua infectividade através de bioteste foram estudadas em solo revolvido com ou sem irrigação, ou apenas irrigado, comparados com aquele sem revolvimento nem irrigação considerado testemunha, 14 dias antes da semeadura do feijoeiro no campo. No solo apenas irrigado e na testemunha, a semeadura foi realizada com equipamento próprio sem nenhum tipo de revolvimento prévio. “In vitro”, estudou-se a infectividade de J_2 de *M. incognita* após incubação em solo seco ou úmido por 6 dias, a temperaturas de 8, 18 e 28°C. No campo, aos 2 dias, ocorreu maior redução ($P \leq 0,01$) na população de J_2 no solo apenas revolvido. A infectividade, contudo, foi menor ($P \leq 0,01$) quando se revolveu e irrigou o solo comparado com aquele apenas revolvido, porém elevada onde apenas se irrigou e na testemunha. Aos 14 dias a menor ($P \leq 0,01$) população de J_2 , dentre todos os tratamentos, foi observada no solo revolvido e irrigado, seguido do revolvido, e elevada naquele apenas irrigado e na testemunha. A infectividade do inóculo do solo aos 14 dias foi diferente ($P \leq 0,01$) entre todos os tratamentos, continuando a mais baixa no solo revolvido e irrigado. No campo, aos 45 dias após a semeadura do feijão, a população de J_2 no solo também diferiu ($P \leq 0,01$) entre todos os tratamentos, continuando a mais baixa ($P \leq 0,01$) onde o solo foi revolvido e irrigado 14 dias antes da semeadura. O número de ovos por feijoeiro no campo aos 90 dias também foi mais baixo ($P \leq 0,01$) no solo revolvido e irrigado. O peso das raízes e da parte aérea dos feijoeiros no campo foi igual ($P \leq 0,01$) nas plantas semeadas em solo apenas revolvido, e revolvido e irrigado conjuntamente, e maior ($P \leq 0,01$) do que nos demais tratamentos. A maior ($P \leq 0,01$) produção de feijão ocorreu no solo revolvido e irrigado simultaneamente, com produção quatro vezes maior que a testemunha, porém todos os tratamentos diferiram entre si. A aração seguida da irrigação 14 dias antes do plantio do feijão em áreas infestadas pelos nematóides de galhas já está sendo empregada por muitos produtores de feijão em pivô central. O número de galhas, ovos e massa de ovos por planta diminuiu com o aumento do período de privação alimentar e com o aumento da temperatura de

* Comitê de Orientação: Vicente Paulo Campos – UFLA (Orientador) e Nilson Salvador – UFLA.

incubação dos J_2 . A redução da umidade do solo de 30 para 5% no período de incubação do J_2 reduziu também ($P \leq 0,01$) o número de galhas, ovos e massa de ovos por planta no bioteste. A incubação do J_2 no solo a 8 e 28°C proporcionou maior e menor infectividade, respectivamente, em qualquer período. O número de ovos por planta no bioteste foi mais reduzido em qualquer período de privação alimentar do que a massa de ovos ou galhas por planta, indicando retardamento no ciclo do nematóide ou menor poder de reprodução após cada período de privação alimentar. A variação populacional de juvenis do segundo estágio (J_2) de *Meloidogyne javanica* no campo e a sua infectividade através de bioteste foram estudadas em amostras de solo revolvido com ou sem irrigação, comparadas com áreas sem irrigação e revolvimento chamadas de testemunha ou parcelas apenas irrigadas, durante o período de 14 dias antes do transplantio do quiabo e aos 45 dias após. Ovos de *M. incognita* raça 3 foram incubados por 2, 4, 6, 8 e 10 dias a 8, 18 e 28°C e em seguida inoculados em mudas de tomateiro e mantidos em câmara climatizada. Antes da inoculação avaliou-se o desenvolvimento embrionar, o qual, subtraído daquele na testemunha, proporcionou a obtenção do índice de desenvolvimento embrionar do período de incubação. Nas parcelas apenas revolvidas e naquelas revolvidas seguidas de irrigação, a população de J_2 no solo foi menor ($P \leq 0,01$) e comparação com aquelas apenas irrigadas e as testemunhas, porém não diferiu entre as parcelas apenas irrigadas e testemunhas, tanto aos 7 quanto aos 14 dias após esses manejos. A infectividade do inóculo no solo colhido aos 7 dias após diferiu ($P \leq 0,01$) entre todos os tratamentos, com nível mais baixo ($P \leq 0,01$) nas parcelas revolvidas e irrigadas simultaneamente. Nível mais baixo ($P \leq 0,01$) de infectividade ocorreu também aos 14 dias nas parcelas revolvidas e irrigadas simultaneamente. O revolvimento do solo reduziu significativamente a infectividade do inóculo do solo, comparado com parcelas apenas irrigadas ou testemunhas. A população do J_2 no solo e o número de ovos ou massas de ovos por quiabeiro no campo, aos 45 dias após o transplantio nas parcelas submetidas aos diferentes tratamentos, tiveram comportamento semelhante ao inóculo inicial, com população mais baixa ($P \leq 0,01$) nas parcelas revolvidas e irrigadas, seguidos por aquelas apenas revolvidas, e foram diferentes ($P \leq 0,01$) daquelas testemunhas e apenas irrigadas, as quais foram sempre mais elevadas. O tempo de incubação dos ovos diminuiu progressivamente o número de galhas, ovos e massas de ovos por tomateiro; entretanto, maiores valores foram obtidos quando se incubou a 18°C, e menores, a 28°C. Contudo, o desenvolvimento embrionar foi mais elevado a 28°C e quase nulo a 8°C. A partir do sexto dia, ovos incubados a 28°C tiveram redução drástica na infectividade, com queda de 99% em relação à testemunha, porém a 18°C mantiveram boa infectividade até o final do ensaio. A flutuação populacional de juvenis do segundo estágio (J_2) de *Meloidogyne javanica* e sua infectividade através de bioteste foram estudadas em solo revolvido com ou sem irrigação, comparados com aquele apenas

irrigado e com parcelas não revolvidas e nem irrigadas consideradas testemunhas, 14 dias antes do transplântio da alface no campo. "In vitro", estudou-se a infectividade de J_2 de *M. incognita* raça 3 após incubação em água com ou sem borbulhamento de ar por 6 dias a temperaturas de 8, 18 e 28°C. Aos 7 dias após o revolvimento do solo no campo, a população de J_2 foi menor ($P \leq 0,01$) do que aquela em solo revolvido e irrigado. As maiores populações ($P \leq 0,01$) ocorreram na testemunha e no solo apenas irrigado. A infectividade, contudo, foi menor ($P \leq 0,01$) no solo revolvido e irrigado, porém todos os tratamentos diferiram ($P \leq 0,01$) entre si. Aos 14 dias a menor ($P \leq 0,01$) população de J_2 ocorreu em solo revolvido e irrigado, seguido daquele apenas revolvido. Populações elevadas de J_2 ocorreram na testemunha e no solo apenas irrigado. A infectividade do inóculo no solo aos 14 dias foi igualmente baixa ($P \leq 0,01$) no solo revolvido e irrigado, bem como naquele apenas revolvido, devido à chuva que ocorreu no campo no 8º dia após o revolvimento. A infectividade foi elevada tanto no inóculo do solo testemunha como naquele apenas irrigado, porém menor ($P \leq 0,01$) neste último. Aos 45 dias após o transplântio da alface no campo, a população de J_2 no solo e de ovos por planta foi a menor ($P \leq 0,01$) quando o solo foi revolvido e irrigado, dentre todos os tratamentos. O peso das raízes e das cabeças de alface aos 45 dias após o transplântio foram semelhantes nas parcelas revolvidas e irrigadas e naquelas apenas revolvidas. O aumento na produtividade de alface cultivado em solo revolvido e irrigado 14 dias antes do transplântio foi 2,16 vezes maior que na testemunha. A porcentagem de J_2 de *M. incognita* imobilizado aumentou com o período de incubação em água e com a temperatura. O borbulhamento diminuiu a infectividade e aumentou ($P \leq 0,01$) a imobilização do J_2 . A 8°C, a imobilização do J_2 foi a mais baixa e a infectividade mais alta, dentre as temperaturas testadas em qualquer período de incubação. Entretanto, a 28 °C ocorreu a maior porcentagem de imobilização e a menor infectividade dos J_2 em qualquer período de incubação, dentre as temperaturas testadas. O borbulhamento diminuiu a infectividade do J_2 incubado em água e aumentou a sua imobilização em qualquer período de incubação apenas nas temperaturas de 18 e 28°C. A flutuação populacional de J_2 de *M. incognita* e sua infectividade através de bioteste foi estudada em solo revolvido com ou sem irrigação, comparado com aquele não revolvido e nem irrigado considerado testemunha e com aquele apenas irrigado, em casa de vegetação até 14 dias após. "In vitro", estudou-se a infectividade do inóculo resultante da incubação de ovos e de galhas provocadas por *M. incognita* em solo seco e úmido em temperaturas de 8, 18 e 28°C durante 15 dias. Aos 7 dias, dentre todos os tratamentos, apenas ocorreu redução ($P \leq 0,01$) na população de J_2 no solo nas parcelas revolvidas. A infectividade avaliada em bioteste, entretanto, foi menor ($P \leq 0,01$) apenas quando o solo foi revolvido e irrigado, indicando perda da capacidade patogênica de elevada população de J_2 induzida à eclosão pela

irrigação. Aos 14 dias, em todos os tratamentos ocorreu redução da população e infectividade dos J_2 devido ao período de privação alimentar. Maior redução na população de J_2 no solo aos 14 dias ocorreu com o revolvimento do solo, seguido daquele revolvido e irrigado. A infectividade de *M. incognita*, dentre todos os tratamentos, foi mais baixa ($P \leq 0,01$) quando o solo foi revolvido e irrigado, porém todos os tratamentos diferiram ($P \leq 0,01$) entre si. A infectividade do inóculo resultante da incubação tanto de galhas como ovos em solo foi menor ($P \leq 0,01$) em solo seco, comparado com o úmido, durante todo o período do ensaio, e decrescente com o tempo de incubação em qualquer temperatura. Logo aos 5 dias de incubação já ocorreu grande redução na infectividade do inóculo tanto de galhas como de ovos, porém com efeito semelhante nas diversas temperaturas de incubação, e em maior intensidade no solo seco. Aos 10 dias, contudo, a incubação a 18°C proporcionou melhor infectividade, e em 8°C, a pior. Aos 15 dias, embora o nível de infectividade do inóculo em qualquer temperatura de incubação do solo tenha sido baixo, as temperaturas de 8 e 28°C causaram as maiores reduções.

ABSTRACT

DUTRA, Marcos Roberto. Soil and water management for controlling root knot nematodes (*Meloidogyne* sp.) and "in vitro" studies on temperature and humidity on their infectivities. 2002. 131p. Dissertation Master Program in Phytopathology – Universidade Federal de Lavras - Lavras, MG.*

Meloidogyne incognita second stage juvenil (J_2) population fluctuations and its biotest infectivity were studied in plowed soil with or without irrigation, compared to non-plowed and non-irrigated soil considered as control, and to irrigated plots only, 14 days before bean planting in the field. The population fluctuation of *M. incognita* was also studied during bean life cycle. "In vitro", the infectivity of *M. incognita* J_2 was studied after 6 days incubation in dry and wet soils at 8, 18 and 28°C. In the field, two days after plowing, the J_2 population was least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots and lower ($P \leq 0,01$) than control and non-irrigated plots. The infectivity, however, was lower ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots than in plowed soil only. Higher ($P \leq 0,01$) J_2 population occurred in control and irrigated plots. At 14 days, the least ($P \leq 0,01$) J_2 population was observed in plowed-irrigated plots, among all treatments, followed by plowed soil. Higher ($P \leq 0,01$) J_2 population was also found in control and only irrigated plots. The infectivity at 14 days was different ($P \leq 0,01$) among all treatments, but least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots. In the field, at 45 days after bean planting, the J_2 population in soil was, also, different ($P \leq 0,01$) among all treatments, but still the least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated soil 14 days before seeding. At 90 days, in the field, the number of eggs and egg-masses per bean plant, and number of J_2 in soil were also the least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots. The root and shoot weight of field bean in plowed and plowed-irrigated plots were equally ($P \leq 0,01$) high, but higher ($P \leq 0,01$) than in control and only irrigated plots. Greatest ($P \leq 0,01$) bean production occurred in plowed-irrigated plots 14 days before seeding with an increase productivity of four times compared to control, but production was different ($P \leq 0,01$) among all treatments. Plowing and simultaneous irrigation 14 days before seeding is becoming a widespread control tactic of root knot nematodes among bean farmers in Brazil. Galls, eggs and egg mass number per tomato plant in the biotest decreased with J_2 starvation period and also with J_2 incubation temperature increases. Soil humidity decrease from 30 to 5%, during J_2 incubation period, reduced ($P \leq 0,01$) galls, egg and egg mass numbers per plant in the biotest. J_2 incubation at 8°C gave the greatest ($P \leq 0,01$) infectivity

* Guidance Committee: Vicente Paulo Campos – UFLA (Major Professor) e Nilson Salvador – UFLA.

level in any incubation period, but the least at temperature of 28°C. The number of egg per plant, in the biotest, was greatly reduced in any starvation periods than egg mass or galls per plant, indicating, maybe, a delay on the nematode life cycle or even a reduction in the reproduction rate after each starvation period. Field population density variation of *M. javanica* second stage juveniles (J₂) and its biotest infectivity were studied in plowed soil with or without irrigation, compared to non-plowed and non-irrigated soil considered as control and to only irrigated, 14 day before okra seeding and 45 days after, as well. "In vitro" *M. incognita* eggs were incubated in water for 2, 4, 6, 8 and 10 days at 8, 18 and 28°C followed by tomato seedlings inoculation and kept in temperature and humidity controlled room. Before and after egg incubation, the embryonic development was evaluated and subtracted by the value in control, and thereafter, the incubation period embryonic development index was obtained. In plowed and plowed-irrigated plots the J₂ population was lower ($P \leq 0,01$) than that in irrigated or in control, although no difference was found between irrigated and control plots and also between, plowed and plowed-irrigated plots, at 7 and 14 days after these management. At 7 days, soil inoculum infectivity in tomato seedlings was different among all treatments but lowest ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots. Also, lowest ($P \leq 0,01$) infectivity occurred at 14 days in plowed-irrigated plots. The soil plowing reduced ($P \leq 0,01$) the soil inoculum infectivity compared to only irrigated and controlled plots. The J₂ population, number of eggs or egg-mass per okra plant at 45 days after seeding were related to the initial inoculum with lowest values ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots followed by plowed, but both were different ($P \leq 0,01$) from those in irrigated and control plots, which had, always, highest values. Increasing egg incubation time in any temperature tested, decreased the number of galls, egg masses per tomato seedling. However, greatest and lowest values were obtained when incubated at 18 and 28°C, respectively. The embryonic development was highest at 28°C but quite null, at 8°C. After sixth day, incubated eggs at 28°C had greatest infectivity reduction as much as 99% compared to control, but at 18°C good infectivity was kept until the end of the assay. *M. javanica* second stage juvenile population fluctuation and its infectivity by bioteste were studied in plowed soil with or without irrigation, compared to non-plowed and non-irrigated soil considered as control, and to irrigated plots only, 14 days before lettuce planting in the field. *M. javanica* population fluctuation was also studied during the lettuce life cycle. "In vitro", the infectivity of *M. incognita* J₂ was studied after 6 day water incubation periods at 8, 18 and 28°C. Seven days after plowing the soil, the J₂ population was less ($P \leq 0,01$) than in plowed-irrigated soil. The greatest ($P \leq 0,01$) J₂ population occurred in control and in only irrigated soil. The infectivity, however, was least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated soil, although differences occurred among all treatments. At 14 days, least ($P \leq 0,01$) J₂ population occurred

in plowed-irrigated soil followed by only plowed soil. Highest ($P \leq 0,01$) J_2 population occurred, also in control and in only irrigated soil. The inoculum infectivity after 14 days, was equally ($P \leq 0,01$) low in plowed-irrigated and only plowed soil, due to a rain occurred at the eighth day after plowing. Highest infectivity level occurred either in control or in only irrigated plots, but lower ($P \leq 0,01$) in only irrigated soil. At 45 days after lettuce planting in the field, *M. javanica* J_2 population in soil and eggs per plant were least in plowed-irrigated soil 14 days before planting compared to all treatments. The root weigh and lettuce production 45 days after planting were similar ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated and only plowed soil but greater ($P \leq 0,01$) than in control and only irrigated plots. The lettuce production increase in plowed-irrigated plots was 2,16 times compared to control. *M. incognita* immobilized J_2 percentage increased with incubation period and with temperature. The infectivity, however, avaliated by numbers de galls/tomato root biotest decreased with the increase of incubation period and temperature. Air bubbling decreased ($P \leq 0,01$) the infectivity and increased the J_2 immobilization. At 8°C the J_2 immobilization was least, and the infectivity highest among all tested temperatures in any incubation period. At 28°C the immobilization percentage was greatest and the infectivity least, in any incubation period, among all tested temperatures. The air bubbling decreased the water incubated J_2 infectivity and increased the immobilization in any incubation period at 18 and 28°C only. *M. incognita* second stage juveniles (J_2) population fluctuation and its infectivity by biotest were studied in plowed greenhouse soil, irrigated or not, compared to plot without plowing nor irrigation called control and to plots irrigated only, during 14 days. "In vitro", the inoculum infectivity avaliated by bioteste, was studied after incubation of *M. incognita* galls or eggs in dried or wet soils at temperatures of 8, 18 and 28°C, during 15 days. At 7 days, among all treatments, *M. incognita* J_2 population reduction ($P \leq 0,01$) in soil occurred in plowed plots, only. The infectivity, however, avaliated by biotest, was least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated soil, indicating losses of pathogenic capacity of high J_2 population resulted from hatch induction by irrigation. At 14 days, reduction in J_2 population level in soil occurred in all treatments due to starvation in this period, but least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots, followed by plowed soil. Equally ($P \leq 0,01$) high J_2 population in soil occurred in control and only irrigated soil. The infectivity, in this time period, was different ($P \leq 0,01$) among all treatments, although least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots followed by plowed plots. The inoculum infectivity resulted from *M. incognita* incubated galls or eggs in soil was lower in dried than wet soil during the entire time period in all tested temperatures. Decrease on infectivity occurred at 5 days of galls and eggs incubation in soil, in all temperature tested, but greater in dried soil. At 10 days, however, the incubation of galls or eggs at 18°C gave the best infectivity, but the

worst at 8°C. At 15 days, although the inoculum infectivity level in any incubation temperature was low, the 8 and 28°C incubation temperatures caused the greatest reductions.

Capítulo 1

Manejo do solo e da água no controle de nematóides de galhas (*Meloidogyne* sp.) e estudos “in vitro” da temperatura e umidade na infectividade desses patógenos.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A sobrevivência do nematóide no solo varia em função das adversidades ambientais, fatores abióticos e interações com o hospedeiro, afetando, entre outros aspectos, o período de desenvolvimento embrionário dentro do ovo, a eclosão e a infectividade (Fonseca & Jaehn, 1998; Dropkin, 1976; Van Gundy, 1985; Evans, 1987). Dos fatores ambientais, a temperatura e umidade estão entre os mais importantes, alterando o ciclo de vida de *Meloidogyne* spp., bem como a eclosão e a infectividade na planta (Perry, 1987; Decker, 1989; Qiu & Bedding, 2000; Taylor & Sasser, 1978; Goodell & Ferris, 1989; Campos et al., 2001). As adversidades ambientais causam alterações fisiológicas nos nematóides, que exercitam mecanismos de sobrevivência enquadrados em quiescência ou criptobiose (Cooper & Van Gundy, 1971; Perry & Wright, 1998). Entretanto, a atividade muscular diminui a energia acumulada em forma de lipídeos, glicogênio ou proteínas (Van Gundy et al., 1967; Lee & Atkinson, 1977; Perry & Wright, 1998).

Tem-se comprovado a eficácia da rotação de culturas e do alqueive durante seis meses como tática de controle de nematóides (Huang e Silva, 1980; Ponte, 1988; Campos, 1987; Di Vito & Carella, 1985; Vieira, 1983); contudo, abreviar esse tempo tem sido a busca de muitos pesquisadores. Campos (1987), e Di Vito & Carella (1985) alcançaram redução de 63% e 86,7% nas populações de *M. javanica* do tomateiro e *M. incognita* do pimentão, respectivamente, aos 30 dias após a eliminação das plantas infectadas.

Goodell & Ferris (1989) observaram desenvolvimento embrionário lento em ovos de *Meloidogyne* sp. em condições de seca, mas sem ocorrer a eclosão, adiantando, desta forma, o desenvolvimento do embrião na ausência do hospedeiro.

A irrigação do terreno no período de pousio pode levar à redução populacional dos nematóides de galhas, segundo hipótese formulada por Apt. (1976) e Wallace (1968c) e apoiada em estudos “in vitro” de Goodell & Ferris (1989), porém ainda não foi testada em campo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Meloidogyne* spp. e a relação com o meio ambiente em que vive

Os nematóides do gênero *Meloidogyne* são os de maior importância nos países tropicais, pois causam grandes prejuízos à exploração econômica das culturas e têm, em sua gama de hospedeiros, incluída a maioria das espécies exploradas economicamente (Campos, 1985). Seus danos são reflexos de seu processo de parasitismo, causando muitas alterações nos tecidos da planta em que se alimentam, as quais podem ser expressas como galhas, lesões, redução e morte de raízes. No sistema radicular infestado ocorre redução das raízes absorventes, o que pode alterar toda a fisiologia da planta (Lordello, 1984). Portanto, populações altas destes patógenos concorrem para o depauperamento das plantas, seca da folhagem, redução na qualidade da produção, deformações em tubérculos, digitamento em raízes, redução no crescimento e sintomas de deficiências nutricionais induzidas pela ineficiência do sistema radicular, conseqüentemente ocorrendo a queda na produção e na qualidade do produto colhido, afetando diretamente o lucro do produtor.

O ciclo de vida desses nematóides pode ser dividido em dois períodos: no primeiro, o organismo desenvolve-se dentro do ovo, onde pode retardar o seu ciclo de vida e sobreviver sob condições ambientais adversas por até 6 meses (Campos, 1992); no segundo, os nematóides estarão associados às raízes de plantas, retirando nutrientes para o seu desenvolvimento e reprodução (Campos et al., 2001).

Os juvenis do segundo estágio (J_2) que estiverem viáveis no solo no ato do plantio irão, portanto, atacar as primeiras raízes da cultura. Após a penetração, o J_2 sofrerá a segunda ecdise, passando a terceiro estágio; e a seguir, sofrerá a terceira e a quarta ecdises 14 dias após a penetração, passando ao

quarto estágio juvenil e adulto, respectivamente (Campos et al., 2001), iniciando a sua reprodução e dando origem a novas populações. Entretanto, a capacidade de penetração do J₂ depende da sua reserva corporal, da sua posição em relação à raiz e do ambiente no solo, incluindo temperatura, umidade e fatores edáficos (Gourd et al., 1993).

Vários fatores abióticos podem influenciar o desenvolvimento embrionário dentro dos ovos, bem como a sobrevivência. De acordo com Wallace (1966), a eclosão de J₂ de *M. javanica* é estimulada em solos com altos níveis de nutrientes, porém é inibida sob potencial osmótico acima de 2,5 atmosferas. Quanto ao pH, a eclosão máxima de J₂ ocorre entre 6,4 e 7,0 e é inibida em pH abaixo de 5,2. Para outras espécies de *Meloidogyne*, essa taxa de pH pode estar entre 5,0 e 8,0 (Shepherd & Clarke, 1971). A eclosão do J₂ é proporcional também ao tamanho de poros no solo (Wallace, 1968b) e não ocorre na ausência de oxigênio (Wallace, 1968a). Exposição de ovos a condição anaeróbica por uma semana é letal para os embriões (Van Gundy, 1985). O J₂ de *M. javanica* dentro do ovo é mais resistente a baixas tensões de oxigênio do que o estágio multicelular (Wallace, 1968b).

A habilidade de sobrevivência de fitonematóides a condições ambientais diversas varia entre as espécies e entre os estádios de desenvolvimento da mesma espécie (Evans, 1987) e esse retardamento na eclosão dos J₂ pode chegar até a 90 dias. Fatores abióticos também interferem no nematóide, na planta e na interação entre ambos, podendo alterar o período de desenvolvimento embrionário dentro do ovo, a eclosão do J₂, a alimentação e a reprodução (Fonseca & Jaenh, 1998; Dropkin, 1976; Van Gundy, 1985). Desses fatores, a temperatura, umidade e oxigênio estão entre os mais importantes que afetam o ciclo de vida de *Meloidogyne* spp. (Perry, 1987; Decker, 1989; Qiu & Bedding, 2000).

Num período de 14 dias em boas condições de temperatura e umidade ocorrem o desenvolvimento pré-embrionar e a formação de J₂ (Lee & Atkinson, 1977; Campos et al. 2001). Na natureza, entretanto, nem sempre ocorrem estas condições, o que pode causar variações na longevidade e sobrevivência da população ou de uma espécie de nematóide (Evans, 1987; Zheng & Ferris, 1991). Muitos nematóides, entretanto, podem passar a um estado de completa inatividade, em que o metabolismo se mantém muito baixo ou reversivelmente nulo, permitindo-lhes a sobrevivência por longo tempo sob condições adversas, tais como falta de água (anidrobiose), falta de oxigênio (anoxibiose) ou temperaturas muito baixas (criobiose), sendo este processo denominado de dormência. A atividade muscular, para manter a vida, talvez diminua bastante a fonte de energia acumulada no desenvolvimento embrionário, ou seja, lipídeos, glicogênio ou proteínas (Van Gundy et al., 1967; Lee & Atkinson, 1977).

Os nematóides de galhas são patógenos do sistema radicular e o inóculo se acumula no solo (Campos et al., 2001). Sua população dentro do ano agrícola tem ponto máximo no outono e mínimo na primavera, em razão da alta multiplicação no verão e baixa no inverno (Starr & Jeguer, 1985). Entretanto, a sua população no inverno é menos prejudicial às culturas (Ornat et al., 1999).

Quanto ao tipo de solo, Prot & Van Gundy (1981) verificaram que maior migração de J₂ ocorreu em solo com menor quantidade das frações de argila e silte do solo, ou seja, mais arenoso. Observaram-se 32,7% de migração em solo menos argiloso em comparação com aquele mais argiloso, em que ocorreram apenas 14%. A migração também não ocorreu em solo com mais de 30% de argila e silte, demonstrando que ela está mais associada a solos arenosos. Os J₂ movem-se entre os espaços das partículas de solo, no qual estão as fases líquida e gasosa. Assim, quanto mais líquido, há menos oxigênio. Os nematóides, de modo geral, apresentam boa atividade em solos com níveis de umidade entre 40-60% da capacidade de campo (Van Gundy, 1985). A taxa populacional de J₂ de

M. incognita na cultura do algodão é maior em solo argiloso de textura fina, quando comparado com solo arenoso, pela maior dificuldade de movimentação dos J₂ no solo (Koenig et al., 1996).

2.2 Temperatura

2.2.1 Efeito no ciclo de vida

O fator temperatura controla o desenvolvimento embrionário dentro dos ovos e a habilidade do J₂ em romper e liberar a casca do ovo (Lee e Atkinson, 1977). A temperatura de 15 a 30°C possibilita o desenvolvimento da maioria das espécies de *Meloidogyne*. Fora destes limites, suas atividades vitais são retardadas, podendo chegar à morte (Lordello, 1982). O ciclo de vida desses nematóides se completa em 25 dias sob temperatura constante de 27°C, mas pode tornar-se mais longo em temperaturas mais baixas (Agrios, 1997).

À temperatura de 25,8°C, o nematóide *Meloidogyne exigua* completa seu ciclo em 25 dias, já em 22,1°C, esse tempo se eleva a 37 dias (Lordello, 1982). Em condições normais, os J₂, após a penetração, chegam ao estágio adulto em 14 a 15 dias (Lima, 1984). Davide & Triantaphyllou (1967) encontraram estágio adulto sem ovos de *M. incognita* aos 10 dias, quando em temperatura de 30 a 35°C. Nessas temperaturas, fêmeas com ovos apareceram aos 13 dias. A 20°C, as fêmeas sem ovos e com ovos foram observadas aos 19 dias e aos 30 dias respectivamente; e a 15°C, demoraram 38 e 60 dias, respectivamente. Entretanto, Decker (1989) observou que na temperatura de 16,5°C o ciclo de vida de *M. incognita* foi concluído em 87 dias.

2.2.2 Efeito no desenvolvimento embrionário e na eclosão do juvenil do segundo estágio (J₂).

A temperatura controla a habilidade do J₂ em sair do ovo, bem como a sua locomoção e penetração no hospedeiro (Wallace, 1971). Em boas condições de temperatura do solo ocorre um bom desenvolvimento embrionário, levando muitos embriões ao estágio de J₂ dentro do ovo (Starr, 1993). A taxa de embriogênese em *M. javanica* sob temperatura de 15°C foi aproximadamente 4 a 5 vezes menor do que aquela em 30°C (Bird, 1972). A taxa de eclosão foi insignificante abaixo de 12°C e 15°C para *M. incognita* e *M. javanica*, respectivamente (Bird & Wallace, 1965; Goodell & Ferris, 1989). A eclosão de J₂ de *M. incognita* e *M. javanica* é máxima em 28 a 30°C (Freire & Ferraz, 1977; Alves, 2000; Bird, 1972; Vrain, 1978).

Goodell & Ferris (1989); Vrain & Barker (1978) e Bird & Wallace (1965) observaram que a eclosão de J₂ de *Meloidogyne incognita* ocorre em temperaturas de 18°C, porém é restrita a 12°C e inibida a temperaturas abaixo de 10°C. No entanto, *M. chitwoodi* e *M. hapla* apresentaram taxas de eclosão satisfatórias mesmo em temperaturas próximas de 10°C (Santo & O'Bannon, 1981). Vrain & Barker (1978) verificaram porcentagens de ovos anormais ou não viáveis a 16 e 20°C em 20 e 30% para as duas espécies no fim do período de desenvolvimento. A 10 e 12°C, entretanto, as porcentagens de ovos não viáveis ou anormais de *M. incognita* foram de 47 e 66%, enquanto as de *M. hapla* mantiveram-se na mesma faixa encontrada nas temperaturas superiores. Deve-se salientar, contudo, que *M. hapla* é um nematóide que ocorre em locais com temperaturas baixas.

Nos estudos de Jaehn (1989), ovos de *M. incognita* demoraram 18 dias para atingir 80% de eclosão, quando incubados a 20°C; 12 dias, a 24°C; e apenas 11 dias, a 28°C. Entretanto, na temperatura de 32°C, começou a haver uma

inversão no período de tempo, sendo necessário 15 dias para atingir o mesmo nível de eclosão. No campo, devido às variações do ambiente, com temperatura média de $21,9^{\circ}\text{C} \pm 1,9$, observaram-se apenas 50% de eclosão aos 21 dias, e aos 29 dias cessou a eclosão.

O efeito da temperatura em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cvs Rico 23 e 37-R, na eclosão de J_2 de *M. incognita* e de *M. javanica* foi estudado por Freire & Ferraz (1977). Observou-se máxima eclosão a 28°C , seguindo-se, em ordem decrescente de eficiência, as temperaturas de 24, 32, 20 e 16°C .

A temperatura do solo exerce grande influência na sobrevivência de J_2 de *M. incognita*. A 10°C , aproxima-se do ponto ótimo para sobrevivência de ovos e J_2 . Os ovos foram mais resistentes que os J_2 às temperaturas inferiores a 10°C , mas sobreviveram somente 25 a 50% da população em relação àqueles a 10°C . Em temperaturas superiores a $15,5^{\circ}\text{C}$, ou seja, $21,1^{\circ}\text{C}$, $26,6^{\circ}\text{C}$ e $32,2^{\circ}\text{C}$, a eclosão atingiu o pico entre o quarto e o sétimo dia. A $15,5^{\circ}\text{C}$, a taxa de eclosão permaneceu quase constante durante todo o período de 47 dias (Bergerson, 1959). Starr & Jeguer (1985) observaram que ovos de *M. arenaria* e *M. incognita* têm maior capacidade de sobrevivência a baixas temperaturas que J_2 . Submetendo massas de ovos de *M. incognita* a baixas temperaturas, observou-se porcentagem de ovos em diapausa maior que o número de J_2 não eclodidos e de ovos com embriões mortos (Guiran, 1980). Expondo massas de ovos de *M. incognita* e *M. hapla* em solo, a temperaturas variando de 20 a -8°C Vrain (1978) verificou que os J_2 no interior dos ovos de ambas as espécies foram mais resistentes às baixas temperaturas do que os estádios embrionários. Aproximadamente 85% dos ovos de *M. javanica* submetidos à temperatura de 8°C por 30 dias apresentaram retardamento da eclosão dos J_2 (Huang e Pereira, 1994). A resistência dos embriões e de J_2 dentro dos ovos de *M. incognita* ao resfriamento pode ser induzida com um período de aclimação, o que ocorre pela diminuição do grau de saturação do lipídio na hipoderme (Vrain, 1978).

Maior sobrevivência de embriões e de J₂ dentro dos ovos de *M. incognita* e de *M. arenaria* durante o inverno, no Texas-EUA, foi observada em maior profundidade no solo (Starr & Jeguer, 1985), provavelmente pela aclimação do nematóide, durante o resfriamento, que ocorre mais lentamente. Entretanto, na Itália, estudos com grão-de-bico concluíram que a idade da massa de ovos é um fator de maior importância para a eclosão de J₂ de *M. artiellia* do que ovos submetidos à diapausa ou ao pré-tratamento ao frio (Di Vito & Greco, 1988), pois a diapausa ou pré-tratamento em baixas temperaturas não influenciaram ou não foram necessários para estimular a eclosão dos J₂. É sabido, também, que a matriz gelatinosa é constituída de glicoproteínas. Assim, os ovos e J₂ embebidos nela podem sobreviver melhor quando submetidos a um super resfriamento, a temperaturas abaixo de -4°C (Vrain, 1978). Segundo Van Gundy (1985), o tempo de pré-tratamento em baixas temperaturas pode ser também um fator importante para a adaptação do nematóide ao resfriamento, sendo que a susceptibilidade do J₂ de *Meloidogyne* à morte sob temperaturas baixas está relacionada com a fase de transição e a posição de lipídeos na hipoderme do nematóide. Massas de ovos submetidas a 22°C por 10 minutos, seguidos de incubação a 25°C por 8 dias, deram origem a 1290 J₂. Utilizando-se da mesma metodologia, porém submetendo massas de ovos a 45 e a 60°C, obtiveram-se 884 e 2 J₂, respectivamente (Madulu & Trudgil, 1994).

No campo, a temperatura não permanece baixa durante todo o período de inverno e se alterna com temperaturas mais adequadas ao desenvolvimento embrionário, o que leva grande parte da população a J₂ dentro do ovo, sem eclodir devido às restrições de temperatura e/ou umidade (Campos et al., 2001). Havendo eclosão dos J₂, é preciso ter hospedeiros, pois este juvenil tem pequeno período de viabilidade.

Uma prática muito comum na Horticultura é a cobertura dos canteiros com lona plástica de cor preta. Esta cobertura aumenta a temperatura de 3 a 4°C

na camada de 0 a 30cm de solo, além de proporcionar maior duração do período de temperatura alta, podendo chegar a 45°C. Entretanto, a irrigação do solo antes da cobertura concorre para amenizar a temperatura, aumentando a sobrevivência do nematóide (Madulu & Trudgill, 1994). A mortalidade de J₂ de *M. incognita* foi reduzida em mais de 90% quando exposto por períodos acima de 500 graus-dia, utilizando temperatura base de 10°C (= 500 DD10 = somatório da temperatura média diária acima de 10°C) (Goodell & Ferris, 1989).

2.2.3 Temperaturas limites para migração, infectividade e reprodução.

A temperatura afeta também a migração de nematóides. Prot & Van Gundy (1981), estudando a migração vertical de J₂ de *M. incognita* para raízes de tomateiro *Lycopersicon esculentum* L., verificou que à temperatura de 18°C, cerca de 2% dos J₂ migravam 20cm e penetravam nas raízes do tomateiro, sendo que, a 20 e 22°C, a migração aumentou para 30%. *M. hapla*, contudo, foi capaz de migrar a temperaturas mais baixas. Os autores observaram que 17% dos J₂ de *M. hapla* colocados em temperatura de 18°C foram hábeis em migrar 20cm e infectar raízes de tomate em 10 dias.

O tempo de exposição do nematóide à baixa temperatura também pode influenciar grandemente a capacidade de parasitismo em seu hospedeiro (Fan & Hominick, 1991). A motilidade de J₂ de *M. incognita* foi reduzida em mais de 90% quando exposto por período acima de 500 graus-dia, com temperatura base de 10°C (Goodell & Ferris, 1989). Verificou-se também que a motilidade de J₂ de *M. incognita* foi significativamente maior a 26°C.

A temperatura tem proporcionado maior influência na capacidade de penetração de J₂ de várias espécies de *Meloidogyne* (Gourd et al., 1993). Maior taxa de penetração de J₂ de *M. javanica*, *M. incognita* e *M. arenaria* em plantas

de soja ocorreu em temperatura média de 25°C (Herman et al., 1991; Gourd et al., 1993; Pedrosa et al., 1996). O tempo de penetração de J₂ de *Meloidogyne* em soja susceptível variou entre as espécies. *M. incognita* e *M. javanica* foram mais ágeis em penetrar quando comparadas com *M. arenaria* e *M. hapla* sob temperaturas entre 25 e 30°C (Gourd et al., 1993). Em raízes de grão-de-bico, a penetração de J₂ de *M. artiellia* não foi favorável sob condições de temperatura mais alta, aproximadamente 30°C, quando comparada a 15 e 25°C (Di Vito & Greco, 1988). O declínio na taxa de habilidade de uma população em encontrar ou penetrar no seu hospedeiro foi de 0,2% por grau-dia, com temperatura base de 10°C (Goodell & Ferris, 1989). Os efeitos de temperaturas sobre J₂ e suas reservas corporais causam, também, dificuldades em induzir o sítio de alimentação (Endo, 1971), dificultando a sua patogênese.

O efeito da temperatura durante a sobrevivência de embriões dentro dos ovos também pode influenciar drasticamente a habilidade do J₂ de *Meloidogyne* em infectar seu hospedeiro. Ovos de *M. incognita* e *M. hapla* expostos à temperatura de 0°C em condições de solo insaturado, ou seja, com menor teor de umidade, proporcionaram, posteriormente, maior infectividade em comparação com o solo saturado, no qual foi insignificante a sua sobrevivência.

A influência de altas temperaturas na eclosão e infectividade de J₂ de *M. javanica* e *M. incognita* raça 3 foi estudada por Alves (2000), em solo aquecido a 29-30°C, obteve-se maior eclosão dos J₂ de *M. incognita*, além de maior penetração e reprodução de *M. javanica* e *M. incognita* em raízes de alface. Em solo aquecido também se observou que *M. javanica* reproduziu tanto em tomateiro selvagem resistente quanto em suscetível Santa Cruz, e que *M. incognita* teve mesma reprodução em tomateiro resistente Nemadoro e suscetível.

Tronconi et al. (1986), trabalhando com *M. exigua* em mudas de cafeeiro, observaram que o número de ovos por sistema radicular ocorre numa

regressão quadrática, pela qual a máxima reprodução ocorre na temperatura de 22,9°C no solo, com 11.070 ovos por sistema radicular.

2.3 Umidade do solo

Trabalhando com tensão de umidade no solo, Goodell & Ferris (1989) observaram que em 500 DD10, com umidade na capacidade de campo, 90% dos J_2 de *M. incognita* se tornaram imóveis. A porcentagem de eclosão decresce drasticamente de forma linear de -100 a -300KPa. -200KPa reduz grandemente a eclosão, e abaixo de -300KPa, ou seja, em condições de seca, ocorre a inibição na eclosão dos J_2 . Essa redução na eclosão é condição que leva à sobrevivência de embriões dentro dos ovos. Sob condições moderadas de seca, os mecanismos de resistência do nematóide lhe permitem o desenvolvimento embrionário, mas não a eclosão, preservando, assim, a sua infectividade. A umidade de -110KPa foi o melhor nível para a eclosão de J_2 de *M. incognita*, proporcionando uma taxa de 57%. Em solo seco (450KPa), Goodell & Ferris (1989) observaram 93% de redução na eclosão, se comparada com a do solo úmido (-110KPa).

A umidade do solo, mantida acima de 22% nas camadas internas do solo, não impede as atividades vitais dos nematóides, podendo ocorrer eclosão e movimentação de J_2 no solo; em consequência, ocorre consumo de energia e talvez morte deste J_2 por inanição (Huang & Porto, 1981)

A fase embrionária e o primeiro estágio juvenil são mais resistentes a perdas de água do que o J_2 ainda dentro do ovo; isso ocorre porque há mudanças na membrana do ovo após a primeira ecdise (Van Gundy, 1985). Em ambiente seco, a matriz gelatinosa mantém a umidade e funciona também como barreira na perda de água pelos ovos (Wallace, 1968c; Lee & Atkinson, 1977) devido à sua baixa permeabilidade à água. A fina estrutura da matriz gelatinosa pode,

também, manter o desenvolvimento de embriões dentro dos ovos mesmo em ambiente constantemente seco (Orion et al., 1994).

Maior queda no número de ovos e J_2 por massa de ovos em solo úmido foi observada por Starr (1993), comparando com solo seco, sendo que a porcentagem de eclosão dos J_2 declinou linearmente com o tempo, a potenciais matriciais de solo de -100 e -300 KPa. Observou-se também que baixa umidade do solo inibe a eclosão do J_2 antes de afetar o desenvolvimento embrionário, possibilitando maior população de ovos com J_2 . O declínio na população de ovos é maior no solo mais úmido (-10 e -30 KPa) do que em solo mais seco (-100 a -400 KPa) (Starr, 1993).

Em solos com baixa umidade, ocorre maior preservação dos ovos, evidenciado por uma inibição na eclosão de J_2 (Evans, 1987 e Starr 1993). Massas de ovos não deterioram rapidamente no solo, o que evidencia que estas são importantes estruturas de sobrevivência no inverno seco. Starr (1993) verificou que a viabilidade de ovos foi afetada quando massas de ovos foram expostas por 10 semanas a diferentes umidades. Massas de ovos que permaneceram em solo com potencial matricial de -400 KPa, ou seja, alta condição de seca, apresentou, posteriormente, 40% de eclosão. Entretanto, quando colocadas em condições ideais de umidade (-100 KPa), houve 32% de eclosão. As massas de ovos que permaneceram a -10 KPa, ou seja, maior umidade, proporcionaram apenas 27% de eclosão. Mais rápido declínio na população de ovos em solo úmido ocorreu devido ao desenvolvimento e eclosão de J_2 durante quatro semanas, em temperaturas de solo de 20 a 25°C , aumentando, assim, o inóculo prontamente infeccioso, porém reduzindo o inóculo futuro de nematóides no solo (Starr, 1993).

O J_2 de *Meloidogyne* em anidrobiose apresenta-se com aparência espiralada e imóvel quando em solo seco. Assim, 65 e 88% de J_2 espiralados foram observados sob potencial hídrico de -1500 e -8195 KPa, respectivamente,

após 15 e 32 dias. No entanto, menores porcentagens foram encontradas em potencial hídrico de -17 e -60KPa (Towson & Apt, 1983). Em solos muito úmidos, a emergência e o movimento do J₂ dentro do ovo foram inibidos pela falta de oxigênio (Taylor & Sasser, 1978).

Os J₂ não eclodidos são mais resistentes à falta de umidade (abaixo de -1500KPa) que embriões dentro dos ovos, preservando, assim, a sua infectividade até que haja condições ideais de umidade (Wallace, 1966), o que pode coincidir com o plantio da cultura pelo produtor.

As condições ótimas para a eclosão do J₂, movimento, invasão do hospedeiro e reprodução de *Meloidogyne* sp. ocorrem quando a maioria dos poros do solo está livre de água, isto é, na capacidade de campo (Wallace, 1971).

2.4 Alqueive ou pousio, arranquio e queima do sistema radicular infestado e revolvimento do solo.

Os termos alqueive e pousio têm sido utilizados como sinônimos. Segundo Ferraz (1992), a eficiência do alqueive ou pousio consistirá na manutenção do solo limpo, sem qualquer vegetação, podendo ser realizado via mecanização, através de arações ou capinas, ou química, por pulverização com herbicidas, em que os nematóides morrerão por inanição devido à ausência de hospedeiro. Plantas daninhas remanescentes após o plantio podem garantir a sobrevivência dos nematóides (Antônio & Dall'Agnol, 1983). Ponte (1988) verificou alta incidência de *M. incognita* em tomateiros cultivados em área cuja vegetação de plantas daninhas cresceu livremente no intervalo de seis meses entre cultivos.

O alqueive ou pousio do solo pode ser a primeira opção para combater nematóides em grandes áreas. Entretanto, deve-se levar em conta os prejuízos

decorrentes do fato de a terra permanecer sem produzir. Huang e Porto (1981) demonstraram redução de mais de 75% da população de nematóides das galhas em campo durante os dois primeiros meses de pousio, e menos de 10% de sobrevivência após três meses.

O período de alqueive no inverno, ou seja, maior tempo de exposição em baixas temperaturas, é mais eficiente na redução da população de *M. arenaria* do que o mesmo período de alqueive no verão, já que a temperatura do solo aumenta a partir da primavera, e com a emergência de plantas hospedeiras, o desenvolvimento e a reprodução dos nematóides sobreviventes são acelerados, aumentando o dano potencial para a cultura (Ornat et al., 1999).

O revolvimento do solo é uma prática muito comum entre os agricultores para o controle de plantas daninhas, além de contribuir grandemente para a redução do inóculo de nematóides no solo (Paula Junior & Zambolim, 1998). A redução populacional dos nematóides das galhas (*Meloidogyne* sp.) pode ser conseguida pela ausência do hospedeiro, pois são parasitas obrigatórios. Desta forma, o arranquio e destruição do sistema radicular de plantas infestadas levam à redução populacional drástica, pois a maior parte da população dos nematóides concentra-se na rizosfera das plantas (Almeida et al., 1987). Campos (1987) e Di Vito & Carella (1985) alcançaram redução de 63% e 86,7% nas populações de *M. javanica* do tomateiro e *M. incognita* do pimentão, respectivamente, aos 30 dias após a eliminação das plantas atacadas. Di Vito & Carella (1985) constataram redução de 93,5% da população de ovos de *M. incognita* aos seis meses após a eliminação de plantas de pimentão atacadas no campo.

O J₂, quando sai do ovo, necessita de uma película constante de água em volta do corpo, cuja perda o leva à morte. Seu período de vida sem se alimentar do hospedeiro é de poucos dias. Portanto, esta fragilidade o torna incapaz de

sobreviver em períodos frios e secos, na ausência do hospedeiro (Campos et al., 2001).

O revolvimento do solo combinado com a destruição das raízes, reduz a população de nematóides porque deixa o terreno sem plantas hospedeiras, além de aumentar a temperatura e a perda de umidade do solo. Entretanto, apesar de muito eficaz no controle de nematóides, esta prática tem sido evitada, pois favorece a erosão do solo e não possibilita nenhum retorno econômico durante sua realização. No Brasil, tem sido realizada com maior frequência nos períodos de entressafra de cultivos anuais (Ferraz, 1992). Verificou-se também que o revolvimento do solo combinado com a destruição das raízes é mais eficiente na redução da densidade populacional de *M. arenaria* raça 2 e *Pratylenchus neglectus* (Omat et al., 1999).

Lordello (1984) ressalta que o revolvimento do solo por arações, gradagens e sulcamento leva à redução da população de nematóides pela exposição ao sol, ao ressecamento provocado pelo vento e à inanição pela privação alimentar. Dutra & Campos (1998) verificaram que o simples revolvimento do solo eliminou 54% da população de *Meloidogyne javanica* num período de apenas 72 horas.

O revolvimento do solo tem efetiva redução na população de nematóides das galhas (Omat et al, 1999), além de ação direta na porosidade, estrutura, aeração e potencial osmótico do solo. Estes fatores também influenciam diretamente a atividade e sobrevivência de J₂ de *Meloidogyne* (Van Gundy, 1985).

A sobrevivência do nematóide é correlacionada negativamente com o período após o revolvimento do solo e possui maior oscilação populacional no campo do que em casa de vegetação (Omat et al, 1999). Trabalhando com diversas culturas, verificou-se que o número de J₂ declinou em todos locais e épocas durante o período de revolvimento do solo entre as culturas, com redução

média de 54% na ocorrência de J₂ no campo durante períodos de 5 a 15 semanas, compreendido entre a exploração de uma cultura e outra. Em casa de vegetação, observou-se redução média de 36% em períodos de 7 a 11 semanas. Não foram verificadas diferenças na sobrevivência do nematóide durante o alqueive no inverno e no verão, no campo e em casa de vegetação, todavia a sobrevivência tende a ser mais alta em casa de vegetação que em campo.

2.5 Reservas energéticas corporais

As principais reservas energéticas corporais dos nematóides são: lipídios, glicogênio e proteínas (Lee & Atkinson, 1977). O J₂ de *M. javanica* eclode do ovo e se movimenta pelo solo com aproximadamente 30% do peso de seu corpo em lipídios como reserva de energia. A utilização dessa energia ocorre de acordo com a temperatura, umidade, taxa de oxigênio e outros fatores (Lee & Atkinson, 1977; Van Gundy et al., 1967).

Os fitonematóides armazenam menos glicogênio do que lipídios como fonte de energia. Em nematóides que habitam o solo, o conteúdo de glicogênio pode variar entre 3,3 a 8% do seu peso seco (Lee & Atkinson, 1977).

As proteínas são componentes da estrutura da cutícula, músculos e de outros tecidos do nematóide. Entretanto, o conteúdo de proteína total em nematóides ainda é pouco conhecido, mas a quantidade pode variar, aproximadamente, entre 50 e 80% do peso seco corporal (Lee & Atkinson, 1977).

A tolerância maior ou menor do J₂ de *Meloidogyne* a temperaturas adversas está relacionada com a concentração de lipídeos na hipoderme do nematóide (Van Gundy, 1985).

Fitonematóides têm lenta disseminação ativa no solo (Zuckerman et al., 1971). Entretanto, a movimentação do J₂ de *M. javanica* faz com que eles percam metade da reserva energética corporal entre 4 e 16 dias, sob temperatura de 15°C ou totalmente, após 16 dias sob temperatura de 30°C (Van Gundy et al., 1967), tornando inviabilizada a sua penetração no hospedeiro; verificou-se também que a diminuição na capacidade de infestação do J₂ esta associada a redução na mobilidade e nas reservas do corpo. A sobrevivência do J₂ é maior em solo do que em água e está associada com a retenção de reservas do corpo, observando-se que a motilidade e a capacidade de infestação “in vitro” foram independentes até terem sido perdidos cerca de 50-60% das reservas energéticas (Van Gundy et al., 1967). As reservas do J₂ são gastas mais rapidamente a temperaturas mais elevadas, e conservadas a baixas temperaturas. A 29°C, a atividade muscular requer grande utilização de energia, além da manutenção da respiração (Goodell & Ferris, 1989). Bergerson (1959) verificou que 10°C se aproximam do ponto ótimo para a sobrevivência de ovos e J₂ de *M. incognita* por causa do seu baixo metabolismo e da utilização de reservas.

As reservas nutricionais do J₂, aliadas à temperatura adequada e à compatibilidade com o hospedeiro, também podem proporcionar maior rapidez de penetração e estabelecimento do sítio de alimentação (Endo, 1987; Windham & Wilians, 1994; Griffin & Jensen, 1997; Anvar & McKenry, 2000).

Bergerson (1959) verificou que alguns J₂ de *M. incognita* sobreviveram e foram infestantes em solo mantido a 10°C pela redução no seu metabolismo. Entre 10 e 15,6°C, a atividade dos J₂ e a utilização de suas reservas nutritivas aumentaram, diminuindo em 50% a sua sobrevivência. Juvenis do segundo estágio (J₂) submetidos a 15,6°C não foram mais infectantes após 4 meses. A 26,7°C, o declínio na capacidade de infecção do J₂ foi muito rápido já nos dois primeiros meses.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, G. N. *Plant pathology*. 4. ed. San Diego, California: Academic Press, 1997. 635p.
- ALMEIDA, V. F. de; CAMPOS, V. P.; LIMA, R. D. Flutuação populacional de *Meloidogyne exigua* na rizosfera do cafeeiro. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, n. 11, p. 159-175, 1987.
- ANTÔNIO, H.; DALL'AGNOL, A. Suscetibilidade de plantas daninhas a três espécies de nematóides, segundo três métodos de avaliação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA, 1983, Brasília. Resumos... Brasília, 1983. 49p.
- ALVES, F. R. Efeito da temperatura na reprodutividade e no controle biológico de *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood e *M. incognita* raça 3 (Kofoid e White) Chitwood. 2000. 98p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- ANVAR, S. A.; Mc KENRY, M. V. Penetration, development and reproduction of *M. arenaria* on two new resistant *Vitis* spp. *Nematropica*, De Leon Springs, v. 30, n. 1, p. 9-17, June 2000.
- APT, W. J. Survival of reniforme nematodes in desiccated soils. *Journal of Nematology*, De Leon Springs, v. 8, n. 4, p. 278, Oct. 1976.
- BERGERSON, G. B. The influence of temperature on the survival of some species of the genus *Meloidogyne* in the absence of a host. *Nematologica*, Leiden, v. 4, n. 4, p. 344-354, Dec. 1959.
- BIRD, A. F. Influence of temperature on embryogenesis in *M. javanica*. *Journal of Nematology*, St. Paul, v. 4, n. 3, p. 206-213, July 1972.
- BIRD, A. F.; WALLACE, H. R. The influence of temperature on *M. hapla* and *M. javanica*. *Nematologica*, Leiden, v. 11, n. 4, p. 581-589, Dec. 1965.
- CAMPOS, V. P. Doenças causadas por nematóides. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 11, n. 122, p. 21-28, fev. 1985.

CAMPOS, V. P. Implicações da sobrevivência dos nematóides em solo e raízes de plantas no controle destes fitopatógenos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 172, p. 15-16, 1992.

CAMPOS, V. P. Sobrevivência de *Meloidogyne javanica* no solo e em raízes de tomateiros. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 13, n. 3/4, p. 191-196, jul./dez. 1987.

CAMPOS, V. P.; CAMPOS, J. R.; SILVA, L. H. C. P.; DUTRA, M. R. Manejo de nematóides em hortaliças. In: SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, J. R.; NOJOSA, G. B. A. **Manejo integrado: doenças e pragas em hortaliças**. Lavras: UFLA, 2001. p.125-158.

COOPER, A. F.; VAN GUNDY, S. D. Senescence, quiescence, and cryptobiosis. In: ZUCKERMAN, B. M.; MAI, W. F.; ROHDE, R. A. **Plant parasitic nematodes**. New York: Academic Press, 1971. v. 2, p.297-318.

DAVIDE, R. G.; TRIANTAPHYLLOU, A. C. Influence of the environment on development and sex differentiation of root-knot nematodes. **Nematologica**, Leiden, v. 13, n. 1, p. 102-109, 1967.

DECKER, H. **Plant nematodes and their control (Phytonematology)**. New York: Brill, 1989. 540p.

DI VITO, M. N. G.; CARELLA, A. Population densities of *Meloidogyne incognita* and yield of *Capsicum annum*. **Journal of Nematology**, Lawrence, v. 17, n. 1, p. 45-49, Jan. 1985.

DI VITO, M. N. G.; GREGO, N. Investigation on the biology of *M. artiella*. **Revue de Nematologie**, Paris, v. 11, n. 2, p. 223-227, 1988.

DROPKIN, V. H. Nematode parasites of plants, their ecology and the process of infection. In: HERTEFUSS, R.; WILLIAMS, P. H. **Physiological plant pathology**. New York, 1976. p.222-246.

DUTRA, M. R.; CAMPOS, V. P. Efeito do preparo do solo na população dos nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 21., 1998, Maringá. **Anais... Maringá**, 1998. p.45.

- ENDO, B. Y. Histopathology and ultrastructure of crops invaded by certain sedentary endoparasitic nematodes. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. (Ed.). *Vistas on nematology*. Hyattsville, M.D.: Society of Nematologists, 1987. p.196-210.
- ENDO, B. Y. Nematode-induced syncytia (giant cells). Host-parasite relationships of Heteroderidae. In: ZUCHERMAN, B. M.; MAI, W. F.; RHODE, R. A. *Plant Parasitic nematodes*. New York: Academic Press, 1971. v. 2, p.91-117.
- EVANS, A. A. F. Diapause in nematodes as a survival strategy. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. (Ed.). *Vistas on nematology*. Hyattsville, M.D.: Society of Nematologists, 1987. p.180-187.
- FAN, X.; HOMINICK, W. M. Effects of low storage temperature on survival and infectivity of two *Steinernema* species (Nematoda: Steinematidae). *Revue de Nématology*, Paris, v. 14, n. 3, p. 407-412, 1991.
- FERRAZ, L. C. C. B. Métodos alternativos de controle de fitonematóides. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 16, n. 172, p. 23-26, 1992.
- FONSECA, H. S.; JAEHN, A. Influência da temperatura no desenvolvimento embrionário de *M. javanica*. *Nematologia Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 2, p. 32, 1998.
- FREIRE, F. das C. O.; FERRAZ, S. Resistência de cultivares de feijoeiro a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* e influência da temperatura e exudados radiculares sobre a eclosão de suas juvenis. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 24, n. 133, p. 247-260, maio/jun. 1977.
- GOODELL, P. B.; FERRIS, H. Influence of environmental factors on the hatch and survival of *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 21, n. 3, p. 328-334, July 1989.
- GOURD, J. R.; SCHMITT, D. P.; BARKER, K. R. Penetration rates by second-stage juveniles of *Meloidogyne* spp. and *Heterodera glycines* into soybean roots. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 25, n. 1, p. 38-41, Mar. 1993.
- GRIFFIN, G. D.; JENSEN, K. B. Importance of temperature in the pathology of *M. hapla* and *M. chitwoodi* on legumes. *Journal of Nematology*, Hanover, v. 29, n. 1, p. 112-116, Mar. 1997.

GUIRAN, G. de. Facteurs induisant chez *Meloidogyne incognita* um bloqueio do desenvolvimento dos ovos considerado como uma diapause. *Revue de Nematologie*, Paris, v. 3, n. 1, p. 61-69, 1980.

HERMAN, M.; HUSSEY, R. S.; BOERMA, H. R. Penetration and development of *M. incognita* on roots of resistant soybean genotypes. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 23, n. 2, p. 155-161, Apr. 1991.

HUANG, C. S.; PORTO, M. V. F. Efeito de alqueive na população de nematóide das galhas e na produção de cenoura. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 13, n. 3, p. 337-381, set. 1981.

HUANG, C. S.; SILVA, E. F. S. M. Interrupção do ciclo vital de *M. incognita* por *Crotalaria* spp. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 5, n. 3, p. 402-403, set. 1980

HUANG, S. P.; PEREIRA, A. C. Influence of inoculum density, host, and low-temperature period on delayed hatch of *M. javanica* eggs. *Journal of Nematology*, Hanover, v. 26, n. 1, p. 72-75, Mar. 1994.

JAEHN, A. Efeito da temperatura na biologia de três raças de *Meloidogyne incognita* (Tylenchida-Meloidogynidae) em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e estimativa do número de gerações para o estado de São Paulo. 1989. 101p. Dissertação (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

KOENNING, S. R.; WALTERS, S. A.; BARKER, K. R. Impact of soil texture on the reproductive and damage potentials of *Rotylenchus reniformis* and *M. incognita* on cotton. *Journal of Nematology*, Hanover, v. 28, n. 4, p. 527-536, Dec. 1996.

LEE, D. L.; ATKINSON, H. J. *Physiology of nematodes*. New York: Columbia University Press, 1977. 215p.

LIMA, R. D. Embriogênese, desenvolvimento pós-embriogênico e caracterização morfométrica de *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887. 1984. 59p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

- LORDELLO, R. R. A. Desenvolvimento de *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887, em raízes de cafeeiros, em três ambientes. 1982. 43p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- LORDELLO, L. G. E. Nematóides das plantas cultivadas. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 314p.
- MADULU, J. D.; TRUDGILL, D. L. Influence of temperature on the development and survival of *Meloidogyne javanica*. *Nematologica*, Leiden, v. 40, n. 2, p. 230-243, Apr. 1994.
- ORION, D.; WERGIN, W. P.; CHITWOOD, D. J.; ERBE, E. F. Low-temperature scanning electron microscope observation of the *M. incognita* egg mass: the gelatinous matrix and embryo development. *Journal of Nematology*, Hanover, v. 26, n. 4, p. 402-411, Dec. 1994.
- ORNAT, C.; VERDEJO-LUCAS, S.; SORRIBAS, F. J.; TZORTZAKAKIS, E. A. Effect of fallow and root destruction on survival of root-knot and root-lesion nematodes in intensive vegetable cropping systems. *Nematropica*, Auburn, v. 29, n. 1, p. 5-16, June 1999.
- PAULA JUNIOR, T. J. de; ZAMBOLIM L. Doenças. In: **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1998. p.373-433.
- PEDROSA, E. M.; HUSSEY, R. S.; BOERMA, H. R. Penetration and post-infectious development and reproduction of *M. arenaria* race 1 and 2 on susceptible and resistant soybean genotypes. *Journal of Nematology*, Hanover, v. 28, n. 3, p. 343-351, Sept. 1996.
- PERRY, R. N. Host-Induced hatching of phytoparasitic nematode eggs. In VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. **Vistas on nematology**. Hyattsville: Society of Nematologists. 1987. p.159-164.
- PERRY, R. N.; WRIGHT, D. J. **The physiology and biochemistry of free-living and plant-parasitic nematodes**. London: CAB, 1998
- PONTE, J. J. da. Comparação entre dois métodos de alqueive, químico e mecânico, no controle de nematóides das galhas. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, v. 12, p. 93-102, 1988.

PROT, J. C.; VAN GUNDY, S. D. Influence of photoperiod and temperature on migrations of *Meloidogyne* juveniles. *Journal of Nematology*, Lakekand, v. 13, n. 2, p. 217-220, 1981.

QIU, L.; BEDDING, R. A. Energy metabolism and survival of the infective juveniles of *Steinernema carpocapse* under oxygen-deficient conditions. *Journal of Nematology*, Hanover, v. 32, n. 3, p. 271-280, Sept. 2000.

SANTO, G. S.; O'BANNON, J. H. Effect of soil temperature on the pathogenicity and reproduction of *Meloidogyne chitwoodi* and *M. hapla* on Russet Burbank potato. *Journal of Nematology*, De Leon Springs, v. 13, n. 4, p. 483-486, Oct. 1981.

SHEPHERD, A. M.; CLARKE, A. J. Molting and hatching stimuli. In: ZUCKERMAN, B. M.; MAI, W. F.; RHODE, R. A. *Plant parasitic Nematodes*. New York: Academic Press, 1971. v. 2, p. 267-287.

STARR, J. L. Recovery and longevity of Egg Masses of *Meloidogyne incognita* during simulated winter survival. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 25, n. 2, p. 244-248, June 1993.

STARR, J. L.; JEGUER, M. J. Dynamics of winter survival of eggs and juveniles of *Meloidogyne incognita* and *M. arenaria*. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 17, n. 3, p. 252-256, July 1985.

TAYLOR, A. L.; SASSER, J. N. **Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species)**. International *Meloidogyne* Project. North Carolina State University Raleigh, N. C. 27607, U. S. A., 1978. 111p.

TOWSON, A. J.; APT. W. J. Effect of soil water potential on survival of *M. javanica* in fallow soil. *Journal of Nematology*, De Leon Springs, v. 15, n. 1, p. 110-114, Jan. 1983.

TRONCONI, N. M.; FERRAZ, S.; DOS SANTOS, J. M.; REGAZZI, A. J. Influência da temperatura na patogenicidade e reprodução de *Meloidogyne exigua* em mudas de cafeeiro. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, v. 10, p. 69-83, 1986.

VAN GUNDY, S. D. Ecology of *Meloidogyne* spp. – emphases on environmental factors affecting survival and pathogenicity. In: SASSER, J. N.; CARTER, C. C. *An advanced treatise on Meloidogyne*. North Carolina: Raleigh, 1985. v. 1, p.177-182.

- VAN GUNDY, S. D.; BIRD, A. F.; WALLACE, H. R. Aging and starvation in juvenile or *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans*. *Phytopathology*, St. Paul, v. 57, n. 6, p. 559-571, June 1967.
- VIEIRA, C. *Doenças e Pragas do feijoeiro*. Viçosa: UFV, 1993. 231p.
- VRAIN, T. C. Influence of chilling and freezing temperatures on infectivity of *M. incognita* and *M. hapla*. *Journal of Nematology*, De Leon Springs, v. 10, n. 2, p. 177-180, Apr. 1978.
- VRAIN, T. C.; BARKER, K. R. Influence of low temperature on development of *Meloidogyne incognita* and *M. hapla* eggs in egg masses. *Journal of Nematology*, De Leon Springs, v. 10, n. 4, p. 311-313, Oct. 1978.
- WALLACE, H. R. Abiotic influences in the soil environment. IN: ZUCKERMAN, B. M.; MAI, W. F.; RHODE, R. A. *Plant parasitic nematodes*. New York: Academic press, 1971. v. 1, p.257-280.
- WALLACE, H. R. The influence of aeration on survival and hatch of *M. javanica*. *Nematologica*, Leiden, v. 14, n. 2, p. 223-230. 1968a.
- WALLACE, H. R. The influence of moisture stress on the development, hatch and survival of eggs of *M. javanica*. *Nematologica*, Leiden, v. 12, n. 1, p. 57-69, 1966.
- WALLACE, H. R. The influence of soil moisture on survival and hatch of *M. javanica*. *Nematologica*, Leiden, v. 14, n. 2, p. 231-242, 1968b.
- WALLACE, H. R. Undulatory locomotion of the plant-parasitic nematodes, *M. incognita*. *Parasitology*, New York, v. 58, n. 2, p. 377-391, 1968c.
- WINDHAM, G. L.; WILLIAMS, W. P. Penetration and development of *M. incognita* in roots of resistant and susceptible corn genotypes. *Journal of Nematology*, Hanover, v. 26, n. 1, p. 80-85, Mar. 1994.
- ZHENG, L.; FERRIS, H. Four types of dormancy exhibited by eggs of *Heterodera schachtii*. *Revue de Nématologie*, Paris, v. 14, n. 3, p. 419-426, 1991.
- ZUCKERMAN, B. M.; MAI, W. F.; RHODE, R. A. *Plant parasitic nematodes*. New York: Academic Press, 1971. v. 1.

CAPÍTULO 2

Manejo do solo e da irrigação como nova tática de controle de *Meloidogyne incognita* em feijoeiro e a sua infectividade após períodos de privação alimentar no solo em diferentes temperaturas e umidades.

1 RESUMO

DUTRA, Marcos Roberto. Manejo do solo e da irrigação como nova tática de controle de *Meloidogyne incognita* em feijoeiro e a sua infectividade após períodos de privação alimentar no solo em diferentes temperaturas e umidades. In: Manejo do solo e da água no controle de nematóides de galhas (*Meloidogyne* sp.) e estudos “in vitro” da temperatura e umidade na infectividade desses patógenos. 2002. p.27-59. Dissertação Mestrado em Fitopatologia – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. *

A flutuação populacional de juvenis do segundo estágio (J_2) de *Meloidogyne incognita* e sua infectividade através de bioteste foram estudadas em solo revolvido com ou sem irrigação, ou apenas irrigado, comparados com aquele sem revolvimento nem irrigação, considerado testemunha, 14 dias antes da semeadura do feijoeiro no campo. No solo apenas irrigado e na testemunha, a semeadura foi realizada com equipamento próprio sem nenhum tipo de revolvimento prévio. “In vitro”, estudou-se a infectividade de J_2 de *M. incognita* após incubação em solo seco ou úmido por 6 dias, às temperaturas de 8, 18 e 28°C. No campo aos 2 dias, ocorreu maior redução ($P \leq 0,01$) na população de J_2 no solo apenas revolvido. A infectividade, contudo, foi menor ($P \leq 0,01$) quando se revolveu e irrigou o solo comparado com aquele apenas revolvido, porém elevada onde apenas se irrigou e na testemunha. Aos 14 dias, a menor ($P \leq 0,01$) população de J_2 , dentre todos os tratamentos, foi observada no solo revolvido e irrigado, seguido do revolvido, e elevada naquele apenas irrigado e na testemunha. A infectividade do inóculo do solo aos 14 dias foi diferente ($P \leq 0,01$) entre todos os tratamentos, continuando a mais baixa no solo revolvido e irrigado. No campo, aos 45 dias após a semeadura do feijão, a população de J_2 no solo também diferiu ($P \leq 0,01$) entre todos os tratamentos, continuando a mais baixa ($P \leq 0,01$) onde o solo foi revolvido e irrigado 14 dias antes da semeadura. O número de ovos por feijoeiro no campo aos 90 dias também foi mais baixo ($P \leq 0,01$) no solo revolvido e irrigado. O peso das raízes e da parte aérea dos feijoeiros no campo foi igual ($P \leq 0,01$) nas plantas semeadas em solos apenas revolvidos e revolvidos e irrigados conjuntamente, e maior ($P \leq 0,01$) do que nos demais tratamentos. A maior ($P \leq 0,01$) produção de feijão ocorreu no solo revolvido e irrigado simultaneamente, com produção quatro vezes maior que a testemunha, porém todos os tratamentos diferiram entre si. A aração, seguida da irrigação 14 dias antes do plantio do feijão em áreas infestadas pelos nematóides

* Comitê de Orientação: Vicente Paulo Campos – UFLA (Orientador) e Nilson Salvador – UFLA.

de galhas, já está sendo empregada por muitos produtores de feijão em pivô central. O número de galhas, ovos e massa de ovos por planta diminuiu com o aumento do período de privação alimentar e com o aumento da temperatura de incubação dos J₂. A redução da umidade do solo de 30 para 5% no período de incubação do J₂ reduziu também ($P \leq 0,01$) o número de galhas, ovos e massa de ovos por planta no bioteste. A incubação do J₂ no solo a 8 e 28°C proporcionou maior e menor infectividade, respectivamente, em qualquer período. O número de ovos por planta no bioteste foi mais reduzido em qualquer período de privação alimentar do que massa de ovos ou galhas por planta, indicando retardamento no ciclo do nematóide ou menor poder de reprodução após cada período de privação alimentar.

2 ABSTRACT

DUTRA, Marcos Roberto. Soil and water management as a new bean *Meloidogyne incognita* control tactic and its infectivity after (J_2) starvation in soil at different temperatures. In: **Soil and water management for controlling root knot nematodes (*Meloidogyne* sp.) and “in vitro” studies on temperature and humidity on theirs infectivities.** 2002. p.27-59. Dissertation Master Program in Phytopathology – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Meloidogyne incognita second stage juvenil (J_2) population fluctuations and its biotest infectivity were studied in plowed soil with or without irrigation, compared to non-plowed and non-irrigated soil considered as control, and to irrigated plots only, 14 days before bean planting in the field. The population fluctuation of *M. incognita* was also studied during bean life cycle. “In vitro”, the infectivity of *M. incognita* J_2 was studied after 6 days incubation in dry and wet soils at 8, 18 and 28°C. In the field, two days after plowing, the J_2 population was least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots and lower ($P \leq 0,01$) than control and non-irrigated plots. The infectivity, however, was lower ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots than in plowed soil only. Higher ($P \leq 0,01$) J_2 population occurred in control and irrigated plots. At 14 days, the least ($P \leq 0,01$) J_2 population was observed in plowed-irrigated plots, among all treatments, followed by plowed soil. Higher ($P \leq 0,01$) J_2 population was also found in control and only irrigated plots. The infectivity at 14 days was different ($P \leq 0,01$) among all treatments, but least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots. In the field, at 45 days after bean planting, the J_2 population in soil was, also, different ($P \leq 0,01$) among all treatments, but still the least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated soil 14 days before seeding. At 90 days, in the field, the number of eggs and egg-masses per bean plant, and number of J_2 in soil were also the least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots. The root and shoot weight of field bean in plowed and plowed-irrigated plots were equally ($P \leq 0,01$) high, but higher ($P \leq 0,01$) than in control and only irrigated plots. Greatest ($P \leq 0,01$) bean production occurred in plowed-irrigated plots 14 days before seeding with an increase productivity of four times compared to control, but production was different ($P \leq 0,01$) among all treatments. Plowing and simultaneous irrigation 14 days before seeding is becoming a widespread control tactic of root knot nematodes among bean farmers in Brazil. Galls, eggs and egg mass number per tomato plant in the biotest decreased with J_2 starvation period and also with J_2

* Guidance committee: Vicente Paulo Campos – UFLA (Major Professor) and Nilson Salvador – UFLA.

incubation temperature increases. Soil humidity decrease from 30 to 5%, during J₂ incubation period, reduced ($P \leq 0,01$) galls, egg and egg mass numbers per plant in the biotest. J₂ incubation at 8°C gave the greatest ($P \leq 0,01$) infectivity level in any incubation period, but the least at temperature of 28°C. The number of egg per plant, in the biotest, was greatly reduced in any starvation periods than egg mass or galls per plant, indicating, maybe, a delay on the nematode life cycle or even a reduction in the reproduction rate after each starvation period.

3 INTRODUÇÃO

O alqueive ou pousio, realizado no campo após a eliminação das raízes das plantas infestadas, apresenta boa eficácia na redução populacional de *Meloidogyne* spp., mesmo quando realizado num curto período. Campos (1987) e Di Vito & Carella (1985) alcançaram redução de 63% e 86,7% nas populações de *M. javanica* do tomateiro e de *M. incognita* do pimentão, respectivamente, aos 30 dias após a eliminação das plantas atacadas.

Outro método de controle dos nematóides de galhas, recomendado em culturas como feijoeiro, é a rotação com cultura não hospedeira (Vieira, 1983; Paula Junior & Zambolim, 1998). Entretanto, por questões econômicas, muitos produtores não aceitam fazer rotação de cultura ou deixar períodos longos de pousio, pois querem maximizar o uso do solo, principalmente em áreas irrigadas.

O período necessário para a multiplicação celular e o desenvolvimento embrionário dentro do ovo dos nematóides de galhas, em condições ideais de temperatura e umidade, é de 14 dias (Lee & Atkinson, 1977). Após a saída do ovo o J₂ leva consigo reservas energéticas corporais basicamente lipídicas e glicogênicas (Perry & Wright, 1998), cuja perda de parte leva à redução da sua infectividade (Van Gundy et al., 1967). Além disto, o J₂ precisa ter o corpo envolto por uma película de água. Estas fragilidades do J₂ poderão ser exploradas como medida de controle.

A região Sudeste do Brasil, com inverno frio e seco contrastando com o verão, impõe condições desfavoráveis para o crescimento populacional de fitonematóides e de plantas no campo, levando os nematóides de galhas (*Meloidogyne* spp.) a sobreviverem no estágio de ovo no solo. A temperatura, contudo, não permanece baixa durante todo o inverno, alternando com temperaturas adequadas ao desenvolvimento embrionário, o que leva grande parte da população desses patógenos à condição de segundo estágio juvenil (J₂)

██████████ ██████████ ██████████

dentro do ovo, permanecendo sem eclodir devido às restrições de temperatura e/ou umidade (Campos et al. 2001; Starr, 1993). Goodell & Ferris (1989) e Vrain & Barker (1978), trabalhando com ovos de *Meloidogyne incognita*, verificaram boa eclosão em temperaturas acima de 18°C, restrita a 12°C e inibida abaixo de 10°C. A umidade é outro fator limitante. Queda da umidade do solo a -3 bars (solo seco) inibe a eclosão, levando à sobrevivência de embriões dentro dos ovos (Goodell & Ferris, 1989). Starr (1993) observou que baixa umidade do solo inibe a eclosão sem afetar o desenvolvimento do embrião. Portanto, as condições adversas propiciam, apesar de lentamente, o desenvolvimento embrionário, chegando ao estágio de J₂ dentro do ovo, mas a eclosão só ocorrerá em condições propícias de temperatura e umidade, às quais o hospedeiro também estará submetido (Campos et al., 2001).

Embora o efeito da temperatura, umidade e a relação entre a reserva energética corporal e a infectividade sejam conhecidos há muito tempo, ainda não foram conciliados esses fatores de modo prático no controle de nematóides no campo, trazendo, inclusive, questionamentos sobre o potencial do juvenil do segundo estágio (J₂) no solo como inóculo. Suprimindo, ao mesmo tempo, estes dois fatores ambientais limitantes da eclosão, J₂ serão liberados no solo e, na falta de hospedeiro, perderão a infectividade. Portanto, o solo e a irrigação poderão ser manipulados abreviando o período de pousio, levando à redução populacional de *Meloidogyne* spp., propiciando, talvez, a instalação de cultura de ciclo curto e minimizando as perdas pela presença deste nematóide, o que não tem sido enfatizado nas pesquisas em campo.

Desta forma, este trabalho teve objetivo de estimular a eclosão de juvenis do segundo estágio (J₂) de *M. incognita* no campo, manipulando a umidade do solo em épocas de temperaturas altas, e estudar a sua sobrevivência sob condições controladas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Efeito da irrigação e revolvimento do solo na infestação de *Meloidogyne incognita* e no desenvolvimento e produção do feijoeiro no campo.

O ensaio foi instalado numa área de 80 hectares, com alta infestação de *M. incognita*, sob pivô central da Fazenda Gameleira, situada no município de Lagoa Grande, na região do Alto Paranaíba, em Minas Gerais, região de Cerrado em condições de seca e alta temperatura do ar. O solo foi classificado como Neossolo quartzarênico com 86% de areia, 1% de silte e 13% de argila. A área foi anteriormente cultivada com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), seguida de milho (*Zea mays* L.). O milho foi colhido 3 dias antes do estabelecimento do ensaio. Após a colheita, queimou-se a palhada para facilitar o revolvimento do solo.

As parcelas foram demarcadas em seqüência, com o auxílio de uma trena, tendo como referência a estrada de acesso ao centro do pivô e o rastro das suas rodas, evitando o estaqueamento, que dificultaria o revolvimento do solo nas parcelas. As bordaduras, os grides e subgrades nas parcelas foram anotados, formando um mapa experimental.

Delimitou-se uma área experimental de 50 x 96m (4800m²), na qual foram estabelecidas 20 parcelas, cada uma com 120m² de área útil. Cada parcela foi dividida em 5 grides de 3 x 8m. Em cada gride foram obtidas 3 amostras simples em pontos distintos, as quais eram misturadas e delas obtidas apenas uma amostra composta de 500mL. Portanto, de cada parcela obtiveram-se 5 amostras compostas para análise da população de *M. incognita*.

Os tratamentos seguiram o delineamento experimental inteiramente casualizado com 5 repetições: 1) solo revolvido e irrigado; 2) solo revolvido sem irrigação; 3) solo não revolvido e irrigado; 4) solo não revolvido sem irrigação, considerado como testemunha.

O experimento foi iniciado no mês de Janeiro, sob intenso veranico. A coleta inicial das amostras e a instalação do ensaio foram realizados pela manhã, com temperatura do ar em 32°C e 45% de UR às 9:00h da manhã. A temperatura na superfície do solo era de 39,5°C. A 15cm de profundidade, a temperatura era de 18°C, medida com termômetro de vidro, e a umidade a 7%, neste perfil, medida em laboratório. O revolvimento do solo foi executado com trator John Deere 7500, utilizando escarificador de 7 hastes na profundidade de 26cm a 10km/h, seguido da operação de gradagem com grade intermediária de 14 discos de 700mm, sendo os discos da seção dianteira recortados, e os da seção traseira, lisos, a 13cm de profundidade e velocidade de 8km/h, deixando o solo bem solto e destorroadado. Nos tratamentos com irrigação, logo após o revolvimento do solo aplicou-se 10,8mm de lâmina de água pelo pivô central (Figura 1).



FIGURA 1 - Aspectos do local do ensaio submetido ao manejo do solo e irrigação por pivô central.

Quatorze dias após a instalação dos tratamentos, realizou-se a semeadura de feijão com máquina própria para semeadura direta, a qual foi empregada também nas parcelas em que o solo foi revolvido (tratamentos 1 e 2) não só na área experimental, mas sim em toda área do pivô, iniciando-se pela

região em que se localizava o experimento, utilizando procedimentos de rotina na propriedade.

As amostragens foram feitas aos 0, 2 e 14 dias após a instalação do ensaio, sempre no mesmo local, com base no mapa experimental, coletando-se o mesmo número de amostras por parcela. Com o auxílio de um enxadão, coletava-se uma fatia de solo de 0 a 20cm de profundidade em cada subgrade, homogeneizava-se, obtendo-se 500mL de solo, que formavam a amostra composta. Aos 45 e 90 dias após a semeadura, coletaram-se também amostras na rizosfera do feijoeiro, num raio de 20 por 30cm de profundidade, coletando-se solo e todo o sistema radicular da planta presente nesta área. A parte aérea das plantas foi avaliada diferentemente. Aos 45 dias, avaliou-se o peso da matéria seca da parte aérea das plantas coletadas em cada subgrade. A parte aérea das plantas coletadas aos 45 dias foi acondicionada em sacos de papel e submetida a temperaturas de 60°C por 48 horas. Aos 90 dias após a semeadura, avaliou-se a produtividade de grãos, para a qual os feijoeiros foram ceifados e deixados no campo por 2 dias para secagem. Em cada parcela experimental avaliou-se a produção de grãos em 8 linhas de 0,4 x 2,0m. A produtividade de grãos por parcela foi corrigida para 13% de umidade.

A população de *Meloidogyne incognita* foi avaliada nas amostras de solo obtidas no campo através da técnica de Jenkins (1964), extraindo-se J₂ livres no solo. Para cada amostra composta foram feitas duas extrações. Os J₂ foram contados em microscópio de objetiva invertida. O valor empregado como estimativa do número de J₂ por amostra foi a média das duas extrações e o valor anotado em cada parcela foi a média dos 5 grades de amostragem.

Na coleta inicial de amostras, bem como aos 2 e 14 dias após o estabelecimento dos tratamentos, a população total de nematóides no solo, caracterizada pelo somatório de J₂ e ovos viáveis, isto é, com capacidade patogênica, foi estimada através de bioteste com mudas de tomateiro

(*Lycopersicon sculentum* L.) em bandejas de isopor com 72 células. Para isto, cada célula da bandeja recebeu a mistura de 50mL de substrato Plantmax® com 50mL de solo da amostra oriunda do campo, repetida duas vezes, perfazendo 200 biotestes por época de avaliação. Nestas células, sementes de tomateiro da cultivar Santa Clara I 5300 foram semeadas e as bandejas foram mantidas em casa de vegetação própria para a produção de mudas de hortaliças, com umidade controlada com irrigação por nebulização. Aos 45 dias após a semeadura, as raízes dos tomateiros foram separadas do solo com substrato num becker de 1 litro com água parada. A seguir, todo o sistema radicular foi colocado por 15 minutos numa solução com 0,0015% de Floxina B que coloriu de vermelho as massas de ovos dos nematóides. As raízes foram, então, deixadas por 10 minutos sob papel toalha para avaliação do peso da matéria fresca, seguida da contagem do número de massas de ovos por sistema radicular.

Os sistemas radiculares de feijoeiros colhidos no campo aos 45 e 90 dias após a semeadura foram separados da terra manualmente no campo. No laboratório, foram colocados num becker de 1 litro com água parada e agitados levemente para limpeza total. Nas raízes, as massas de ovos foram coradas com Floxina B e obtidos o peso da matéria fresca e o número de massas de ovos, como dito anteriormente. O sistema radicular dos feijoeiros foi cortado em pedaços de 5mm para extração de ovos pela técnica de Hussey & Barker, (1973). No microscópio de objetiva invertida, estimou-se o número de ovos de *M. incognita* por sistema radicular.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e transformados em $\sqrt{x+0,5}$ conforme a necessidade. As variáveis significativas pelo teste F foram agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974). As análises foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR.

4.2 Privação alimentar do juvenil do segundo estágio (J₂) de *Meloidogyne incognita* e sua infectividade sob condições controladas.

Para explicar parte dos resultados obtidos no experimento de campo, foi montado um ensaio em câmara climatizada. Para isto, ovos de *M. incognita* raça 3 foram extraídos de tomateiros mantidos em casa de vegetação, utilizando a técnica de Hussey & Barker (1973), e colocados para eclodir J₂ em câmaras de eclosão. Foram utilizados apenas J₂ que eclodiram no terceiro dia de incubação dos ovos.

Os J₂ foram submetidos a 2, 4 ou 6 dias de privação alimentar em temperaturas de 8, 18 ou 28°C e em solo com 5 ou 30% de umidade em peso. Na testemunha (0 dias), os J₂ oriundos da câmara de eclosão foram imediatamente inoculados nas mudas de tomate no momento do transplante. O ensaio foi estabelecido num delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial de 3 x 3 x 2, sendo 3 períodos de privação alimentar, 3 temperaturas do solo e duas umidades, mais uma testemunha adicional em 10 repetições.

Copo de plástico de 200mL de volume, com 150g de solo peneirado do mesmo local em que se montou o experimento de campo sob pivô, descrito anteriormente, constituiu a unidade experimental. No centro deste copo colocou-se um molde de gesso (Figura 2) revestido por parafina no mesmo formato, tamanho e volume das células da bandeja de isopor em que mudas estavam sendo crescidas para uso neste ensaio. Ao seu redor foi colocado o solo do campo experimental descrito anteriormente, o qual foi previamente autoclavado por 1 hora a 120°C, deixado esfriar e repetindo o processo.

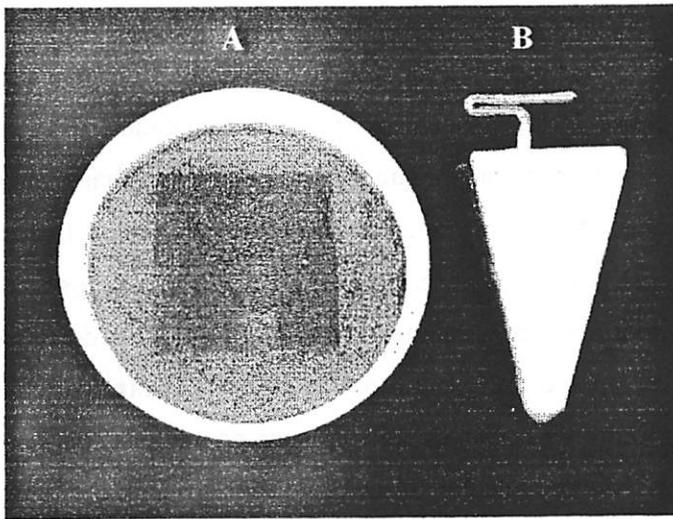


FIGURA 2 – Vista de topo da superfície do copo onde estava imerso o molde (A), e o molde de gesso separadamente (B)

Em cada copo, o solo foi infestado com 2000 J_2 dispersos em 4mL de água, colocados em 4 furos de ± 5 mm de diâmetro feitos, com o auxílio de um bastão de vidro, na profundidade de ± 3 cm ao redor do molde de gesso. Na testemunha, logo após a infestação, trocaram-se os moldes de gesso por muda de tomateiro com 30 dias, a contar da semeadura. Os demais copos com solo e infestados por J_2 foram colocados em bandejas e divididos em 3 grupos para se estabelecerem as 3 temperaturas. Um deles foi colocado na câmara fria, mantendo-se a temperatura do solo a $8^{\circ}\text{C} \pm 1$; outro foi colocado numa BOD, mantendo-se a temperatura do solo a $18^{\circ}\text{C} \pm 1$, e o último colocado numa sala climatizada, mantendo-se a temperatura do solo a $28^{\circ}\text{C} \pm 2$. As temperaturas foram monitoradas através de sensores colocados dentro dos copos e conectados a cabos, e estes a “datallogers” (Davis), os quais registravam os dados simultaneamente. Em cada temperatura, metade do número de copos foi mantida

a 30%, e a outra, a 5% de umidade do solo, com correção em peso feita diariamente com água destilada. Aos 2, 4 ou 6 dias após, retiraram-se os moldes de gesso e, sem causar distúrbio no solo ao redor, foi transplantada muda de tomate para o mesmo local. A seguir, os copos transplantados com mudas foram levados para a sala climatizada em que estavam as testemunhas e mantidos com temperatura e umidade do solo a $28^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e 30%, respectivamente, num fotoperíodo de 14 horas, cujas condições eram propícias para o teste de patogenicidade do inóculo após submetido às condições acima descritas.

Vinte dias após o transplântio das mudas de tomate, cortou-se a parte aérea. As raízes foram separadas do solo em água parada num becker de 1 litro. A seguir, todo o sistema radicular foi colocado por 15 minutos, numa solução com 0,0015% de Floxina B que coloriu de vermelho as massas de ovos dos nematóides. Em seguida, foram deixadas por 10 minutos sobre papel toalha para possibilitar a avaliação do peso da matéria fresca das raízes, seguido da contagem do número de massas de ovos por sistema radicular. O sistema radicular foi, então, cortado em pedaços de 5mm para extração de ovos pela técnica de Hussey & Barker (1973). No microscópio de objetiva invertida, estimou-se o número de ovos de *M. incognita* por sistema radicular.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e transformados em $\sqrt{x+0,5}$ conforme a necessidade. As variáveis significativas pelo teste F foram submetidas à análise de regressão e agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974). A testemunha foi diferenciada dos demais tratamentos pela análise de contraste. As análises foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Efeito da irrigação e revolvimento do solo na infestação de *Meloidogyne incognita* e no desenvolvimento e produção do feijoeiro no campo.

Dinâmica do inóculo no solo – A densidade populacional e a infectividade de *M. incognita* eram semelhantes em todas as parcelas no momento do revolvimento ou irrigação do solo (0 dia) isto é, antes do estabelecimento dos tratamentos (Figuras 3 e 4).

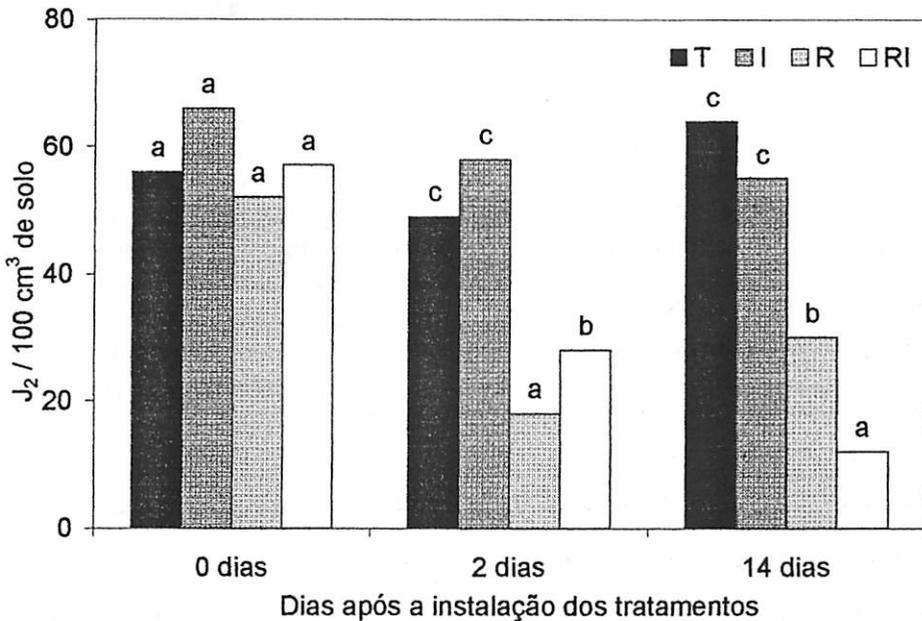


FIGURA 3 – Número de juvenis do segundo estágio (J_2) por 100 cm^3 de solo colhido no campo no momento ou aos 2 e 14 dias após o revolvimento do solo (R) e seguido da irrigação (RI), apenas irrigado sem revolvimento (I), sem irrigação e sem revolvimento (T). Para análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974) ($CV=10,24$).

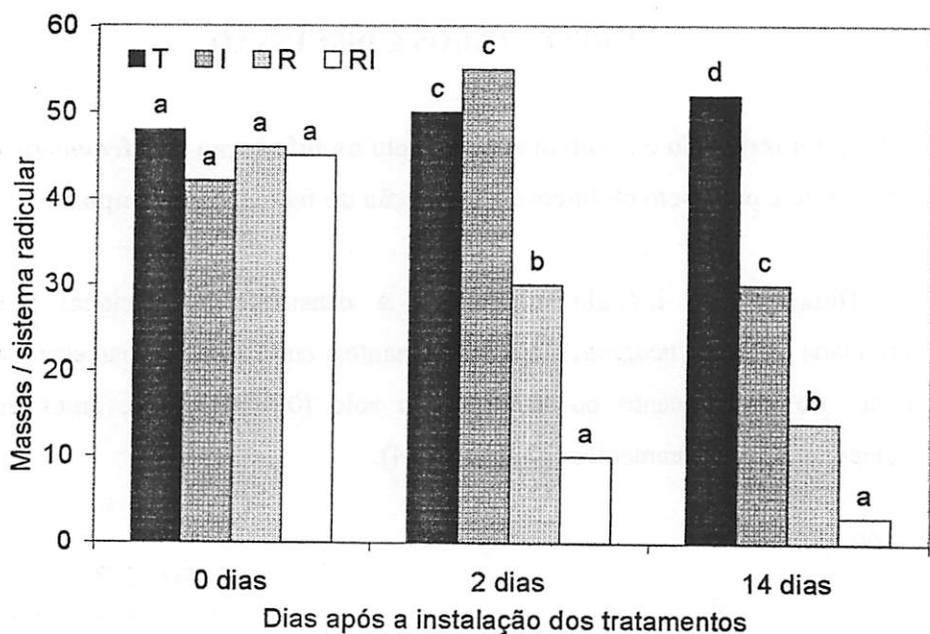


FIGURA 4 – População total de *M. incognita* no solo, avaliado pelo bioteste com tomateiro quantificando-se o número de massa de ovos/muda plantado em solo colhido no campo no momento, 2 ou 14 dias após o revolvimento do solo (R) e seguido da irrigação (RI), apenas irrigado sem revolvimento (I), sem irrigação e sem revolvimento (T). Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott e Knott (1974) (CV=21,43).

Aos 2 dias, o número de J_2 no solo nas parcelas irrigadas após o revolvimento foi igual ($P \leq 0,01$) àquele nas parcelas testemunhas (Figura 3). O revolvimento, por conseguinte, auxiliou na redução populacional devido ao ressecamento do solo em maior intensidade, pois a umidade relativa do ar média foi de 45%, além da variação da temperatura na área revolvida. Essa temperatura ao nível do solo às 14:00 horas no dia da instalação dos tratamentos chegou a 59°C no experimento, e 23°C a 15cm de profundidade naquelas parcelas que receberam revolvimento, contrastando com as parcelas não revolvidas, nas quais a temperatura a 15cm de profundidade manteve-se a 18°C.

Esses nematóides são patógenos do sistema radicular e o inóculo pode se acumular no solo (Campos et al., 2001).

Aos 2 dias após, a infectividade da população total de nematóides do solo revolvido e irrigado simultaneamente foi significativamente menor que nas parcelas apenas revolvidas, quando avaliadas pelo número de massas ovos/planta (Figura 4). Provavelmente, J_2 extraídos do solo não estavam mais infectivos e a irrigação induziu o seu aumento no solo (Figura 3). Desta forma, o J_2 pode perder a infectividade e mesmo assim estar presente entre os J_2 viáveis extraídos pela técnica de Jenkins (1964). Esse fato leva a erros nas análises de resultados correlacionados à população de J_2 no solo, com danos (galhas) e perdas (produção). O J_2 , após a saída do ovo, contém 30% de lipídio como reserva de energética corporal (Van Gundy et al., 1967), a qual é perdida gradualmente com a atividade muscular, porém parte dela precisa ser preservada para o exercício da penetração no hospedeiro (Van Gundy et al., 1967; Lee & Atkinson, 1977). A redução em 50-60% das reservas energéticas corporais do J_2 de *Meloidogyne* sp. leva-o à perda da infectividade (Van Gundy et al., 1967).

Na testemunha e no solo apenas irrigado aos 2 dias, as populações de J_2 no solo (Figura 3) e a infectividade através do bioteste (Figura 4) foram altas e semelhantes ($P \leq 0,01$). Nos solos, tanto revolvido quanto revolvido e irrigado simultaneamente, a infectividade foi menor ($P \leq 0,01$), pois noutros tratamentos os J_2 tiveram preservadas suas reservas corporais.

Aos 14 dias, o número de J_2 no solo nas parcelas irrigadas e sem revolvimento (I) permaneceu alto e semelhante ($P \leq 0,01$) à testemunha (Figura 3). Porém, a infectividade avaliada pelo número de massas de ovos foi reduzida ($P \leq 0,01$) (Figura 4), semelhante ao ocorrido nas parcelas revolvidas e irrigadas já com 2 dias, indicando, portanto, que muitos J_2 ativos também não estavam mais infectivos, a irrigação, mesmo sem o revolvimento, induziu a eclosão, e o

J₂ livre no solo perdeu a infectividade neste período sem hospedeiro, talvez pela maior mobilidade no solo úmido e consequente maior gasto energético.

O revolvimento do solo (R) reduziu ($P \leq 0,01$) a população de J₂ no solo aos 14 dias, comparada à da irrigação (I). Ornat et al (1999), também encontraram redução de 99,98% na população de *M. incognita* após 8 semanas de alqueive no verão. Nas parcelas revolvidas e irrigadas, a redução da infectividade foi ainda maior aos 14 dias (Figura 4). O revolvimento, portanto, acelera o efeito da água na indução da eclosão do J₂. O J₂ sem hospedeiro perde a infectividade, o que constitui um efeito aditivo ou sinérgico conforme o nível de avanço do desenvolvimento embrionário no momento desse manejo. Starr (1993), simulando a sobrevivência de *M. incognita* “in vitro”, colocou massas de ovos em solo com diferentes níveis de umidade e obteve maior declínio populacional deste patógeno no solo mais úmido, isto é, menos -10 e -30Kpa, comparado ao mais seco, -100 e -400Kpa.

Em condições moderadas de seca no campo, o mecanismo de sobrevivência permite ao nematóide desenvolver-se, mas não eclodir, evitando que o juvenil fique livre no solo antes da presença do hospedeiro (Campos et al., 2001; Starr, 1993); eliminando-se o fator limitante à eclosão, o J₂ é liberado no solo, onde ficará mais vulnerável, como ocorrido neste ensaio após a irrigação.

No campo, aos 45 dias após a semeadura do feijão na área do experimento, a população de J₂ no solo foi menor ($P \leq 0,01$) nas parcelas revolvidas e irrigadas 14 dias antes da semeadura, comparadas com todas as demais, refletindo ainda a condição inicial do inóculo em que a irrigação, conjuntamente com o revolvimento, reduziu significativamente a infectividade de J₂ de *M. incognita*. A irrigação do campo para a semeadura na ausência do hospedeiro enquadra-se na hipótese de “pousio úmido” como tática de redução populacional de *Meloidogyne* spp., lançada por Apt. (1976) e Wallace (1968) e pelos estudos “in vitro” de Goodell & Ferris (1989), agora testada no campo.

O revolvimento reduziu ($P \leq 0,01$) a população de J_2 no solo aos 45 dias após a semeadura do feijão, comparada com aquela nas parcelas irrigadas e sem revolvimento (I), bem como na testemunha que não recebeu revolvimento nem irrigação no período de 14 dias antecedente à semeadura (Figura 5A), indicando que maior redução da umidade do solo e elevação da temperatura na camada de solo revolvida levam ao declínio da população de *M. incognita*. O simples revolvimento do solo reduziu em 54% a população de J_2 *M. javanica* num período de apenas 72 horas (Dutra & Campos, 1998).

A irrigação sem revolvimento reduziu ($P \leq 0,01$) a população de J_2 em relação à testemunha, porém a população foi maior ($P \leq 0,01$) comparada às parcelas apenas revolvidas (Figura 5A). Isto indica que o revolvimento tem melhor efeito na redução da população de *M. incognita* do que a irrigação separadamente, dentro do período de 14 dias antecedente à semeadura.

A população de J_2 no campo aos 45 dias após a semeadura do feijão está coerente com os valores obtidos aos 14 dias de pousio, relativos aos testes “in vitro” da infectividade, expressos em massas de ovos/planta (Figura 4), demonstrando que neste estágio de desenvolvimento fenológico do hospedeiro a população de J_2 avaliada no solo ainda reflete a condição do inóculo inicial no momento da semeadura do feijão (Figura 3) mesmo na testemunha.

Aos 90 dias após a semeadura do feijão, a população de J_2 no solo reduziu drasticamente nas parcelas testemunhas, igualando-se ($P \leq 0,01$) àquela das parcelas que foram apenas irrigadas (Figura 5A), e foi ainda mais elevada ($P \leq 0,01$) do que nas parcelas que receberam revolvimento, bem como naquelas revolvidas e irrigadas simultaneamente (Figura 5A). Em geral, a população de J_2 no solo aos 90 dias declinou em relação àquela aos 45 dias, em todas as parcelas de todos os tratamentos (Figura 5A), refletindo agora, talvez, o efeito do hospedeiro que já se encontra no final do ciclo sem irrigação, deixando o solo seco para as plantas secarem até atingirem o ponto de colheita.

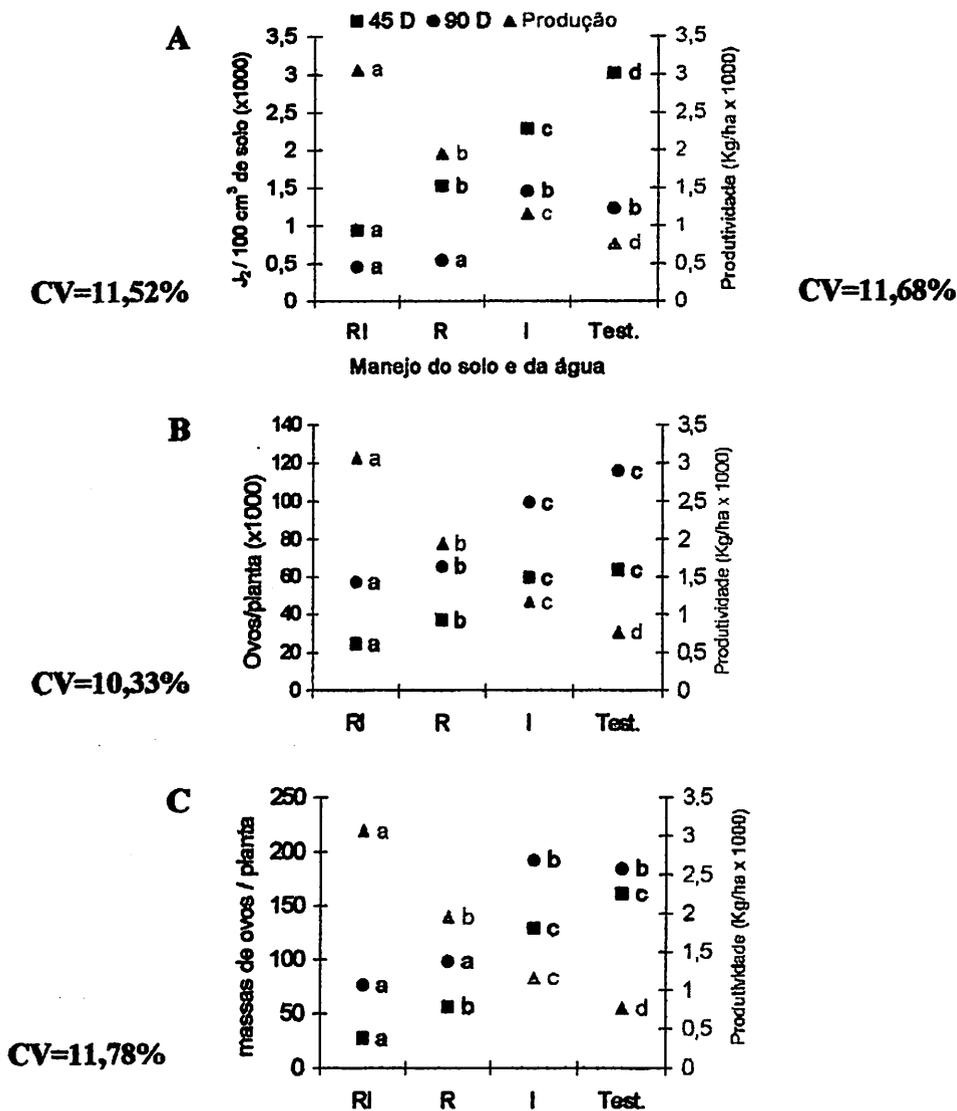


FIGURA 5 – Número de juvenis do segundo estágio (J_2) (A) de ovos (B) e de massas de ovos (C) de *M. incognita*, por planta de feijão, obtidos no campo em solo revolvido (R), seguido de irrigação (RI), apenas irrigado sem aração (I), ou sem aração e sem irrigação (Test.), aos 45 e 90 dias após a sementeira. Produtividade em quilos (kg) por hectare. Para análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Letras diferentes diferem estatisticamente ao nível de 1% de significância pelo teste de Scott e Knott (1964).

Dinâmica do inóculo nas raízes do feijoeiro – a população de ovos de *M. incognita* por feijoeiro no campo foi menor ($P \leq 0,01$) nas parcelas irrigadas e revolvidas do que em todas as demais ($P \leq 0,01$) (Figura 5B) aos 45 e 90 dias após a semeadura, indicando novamente a melhor eficácia conjunta da irrigação e do revolvimento na redução populacional de *M. incognita* antes da semeadura, como já discutido. Também o melhor efeito do revolvimento do solo em relação à irrigação, separadamente ($P \leq 0,01$), foi observado aos 45 dias e 90 dias após a semeadura, reduzindo a população de ovos/planta (Figura 5B). Apesar da maior população de ovos nas raízes de feijoeiros testemunhas em relação àqueles das parcelas apenas irrigadas, não houve diferença estatística entre elas tanto aos 45 quanto aos 90 dias após a semeadura do feijão (Figura 5B). Alta infestação por nematóides concorre para redução do sistema radicular, o qual fica reduzido, praticamente sem raízes absorventes, o que pode alterar toda a fisiologia da planta (Lordello, 1984).

A população de ovos por planta tanto aos 45 quanto aos 90 dias (Figura 5A, B e C) ainda refletiu, razoavelmente, a condição do inóculo inicial no momento da semeadura do feijão (Figuras 3 e 4). Diferentemente da população de J_2 no solo (Figura 5A), a população de ovos e de massa de ovos por planta (Figura 5B e C) foi sempre mais elevada aos 90 dias do que aos 45 dias após a semeadura do feijão devido, talvez, ao maior tempo para o processo reprodutivo do nematóide no hospedeiro.

O número de massa de ovos/planta teve tendência semelhante ao de ovos por planta (Figura 5B e C). Entretanto, o número de massa e ovos/planta, tanto aos 45 quanto aos 90 dias, não diferiu entre as parcelas revolvidas e irrigadas e apenas revolvidas, bem como entre aquelas apenas irrigadas e a testemunha (Figura 5B e C). Manteve-se, contudo, o melhor efeito ($P \leq 0,01$) tanto do revolvimento isoladamente como do revolvimento seguido da irrigação, comparados com a testemunha e as parcelas apenas irrigadas (Figura 5C).

Desenvolvimento e produção do feijoeiro no campo e infestação por *M. incognita* – a produção aumentou com a redução populacional de *M. incognita* (Tabela 1; Figuras 3 e 4) numa relação inversamente proporcional à população desse patógeno na época da semeadura, com uma correlação de -0,90 para J₂ no solo e -0,88 para infectividade.

TABELA 1 – Peso fresco de raízes e da parte aérea de feijoeiros colhidos no campo aos 45 e 90 dias após a semeadura, e produtividade da cultura em áreas revolvidas (R), irrigadas (I), revolvidas e irrigadas (RI) e não revolvidas e nem irrigadas, consideradas como testemunha (T).

Manejo do solo e da água	Peso de raízes (g) (CV=23,41)		Peso da parte Aérea (g) (CV=13,70)	Produtividade Kg/ha (CV=11,68)
	45 dias	90 dias	45 dias	90 dias
	RI	5,1 A	10,7 A	13,1 A
R	4,7 A	10,5 A	12,0 A	1952 B
I	4,3 A	7,1 B	9,4 B	1161 C
T	4,9 A	7,4 B	7,2 C	765 D

Tratamentos seguidos de mesmas letras não diferem estatisticamente ao nível de 1% de significância pelo teste de Scott e Knott (1974)

A maior produtividade ($P \leq 0,01$) ocorreu nas parcelas irrigadas após o revolvimento, nas quais o feijoeiro se desenvolveu sempre com menor população de *M. incognita* (Figuras 3, 4, e 5) devido à grande eficácia desse manejo na redução do seu inóculo no solo 14 dias antes da semeadura, com aumento de 3 vezes em relação à testemunha, viabilizando economicamente a semeadura nesta área infestada. Entretanto, ganho menor em produtividade foi

conseguido com todos os tipos de manejo testados, com diferença estatística significativa entre eles (Tabela 1). As piores produtividades ocorreram nas parcelas apenas irrigadas e testemunhas, cuja sementeira foi semelhante à sementeira direta que tem sido realizada regularmente na propriedade onde o ensaio foi montado.

O peso da parte aérea dos feijoeiros nas parcelas revolvidas e posteriormente irrigadas e naquelas apenas revolvidas foi maior ($P \leq 0,01$) em relação aos demais (Tabela 1). A irrigação aumentou ($P \leq 0,01$) o peso da parte aérea em relação à testemunha (Tabela 1). Maior peso da parte aérea foi inversamente proporcional à infectividade do inóculo na época da sementeira, com correlação de $-0,85$. Embora o peso da parte aérea aos 45 dias e o peso do sistema radicular aos 90 dias após a sementeira, tenham sido semelhantes nas parcelas revolvidas e irrigadas e somente revolvidas, maior incidência de nematóides incidiu diretamente na qualidade destas partes da planta, vindo a proporcionar uma menor ($P \leq 0,01$) produtividade de grãos nas parcelas apenas revolvidas.

O peso da matéria fresca da raiz não foi diferente entre os diversos tratamentos aos 45 dias; entretanto, aos 90 dias após a sementeira do feijão, o maior ($P \leq 0,01$) peso ocorreu nas parcelas revolvidas e naquelas revolvidas e irrigadas conjuntamente, indicando que menor população de *M. incognita* (Figuras 3, 4 e 5) proporcionou maior desenvolvimento radicular, contrastando com as parcelas testemunhas (Figuras 6). O revolvimento seguido de irrigação proporcionou também ótimo desenvolvimento da parte aérea do feijoeiro, contrastando com o pequeno desenvolvimento na testemunha (Figura 7A e B). Aspectos como estes atraíram a visita de produtores rurais, bem como de consultores sobre a cultura do feijão, no local do ensaio, facilitando o convencimento sobre a eficácia do revolvimento seguido da irrigação em áreas de cultivo sob pivô central e proporcionando a disseminação deste manejo como

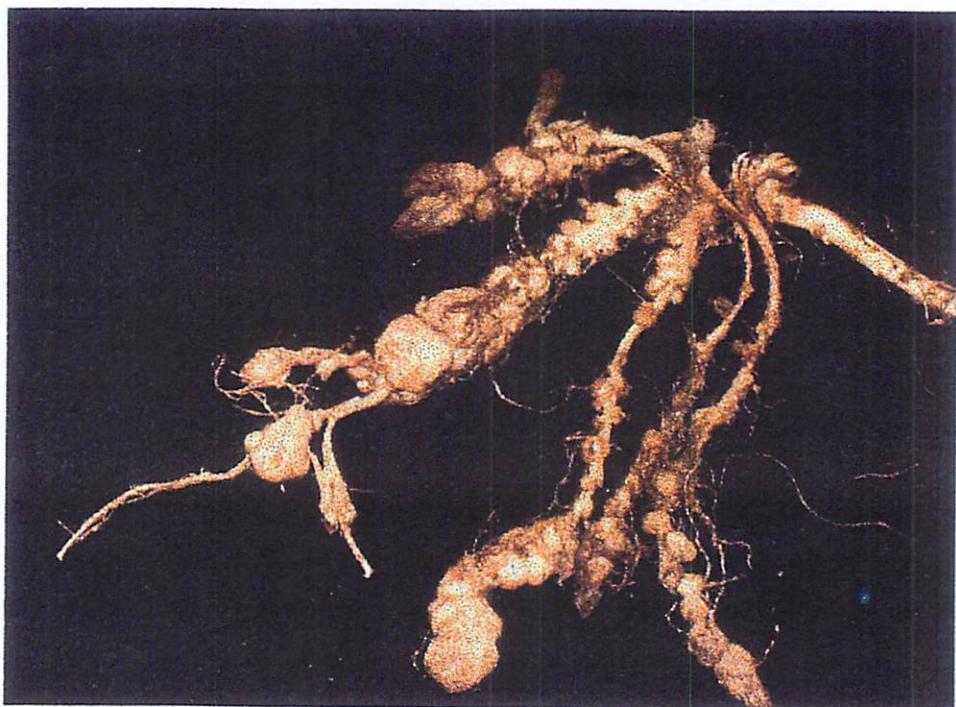


FIGURA 6 – Galhas radiculares causadas por *M. incognita* em feijoeiros nas parcelas testemunhas, 90 dias após a semeadura.



FIGURA 7 – Vista geral do crescimento vegetativo de feijoeiros no campo 45 dias após a semeadura. A) Parcela revolvida e irrigada posteriormente, 14 dias antes da semeadura; B) Parcela não revolvida e irrigada, considerada testemunha.

nova tática de controle dos nematóides de galhas em áreas com facilidade de irrigação, evitando o uso de nematicida e o pousio por longo período de tempo, trazendo maior lucratividade ao produtor e menores riscos ambientais.

5.2 Privação alimentar do juvenil do segundo estágio (J_2) de *Meloidogyne incognita* e sua infectividade sob condições controladas.

O número de galhas por planta diminuiu sempre com o aumento do período de privação alimentar. O número de massa de ovos por sistema radicular teve comportamento semelhante, porém com redução drástica aos 4 e 6 dias de incubação. Já o número de ovos por planta reduziu linearmente em grande intensidade até 4 dias, estabilizando-se em menor nível a partir daí (Figura 8A, 9A e 10A). A temperatura e a umidade afetaram o número de galhas, massas de ovos e ovos por planta, porém em intensidades diferentes. Na regressão, maior coeficiente angular observou-se no número de galhas e menor no número de ovos por planta, demonstrando que a reprodutividade foi mais afetada, sendo reduzida ou retardada no período do ensaio.

A redução na umidade diminuiu significativamente o número de galhas, número de massa de ovos e ovos por planta, afetando posteriormente a eficácia do inóculo do nematóide na penetração e na reprodução.

A privação alimentar do J_2 mesmo por 2 dias a 28°C, antes do transplante da muda de tomate, reduziu em 64 e 40% o número de galhas, em 36 e 30% o número de massas de ovos e em 82 e 68% o número de ovos por sistema radicular em solo seco e solo úmido, respectivamente, comparados com a testemunha (Figuras 8B, 9B e 10B), indicando perda da capacidade infectiva e reprodutiva do J_2 , já que tanto na testemunha quanto nos tratamentos relativos à privação alimentar os J_2 foram colocados a 1cm do local da muda ,

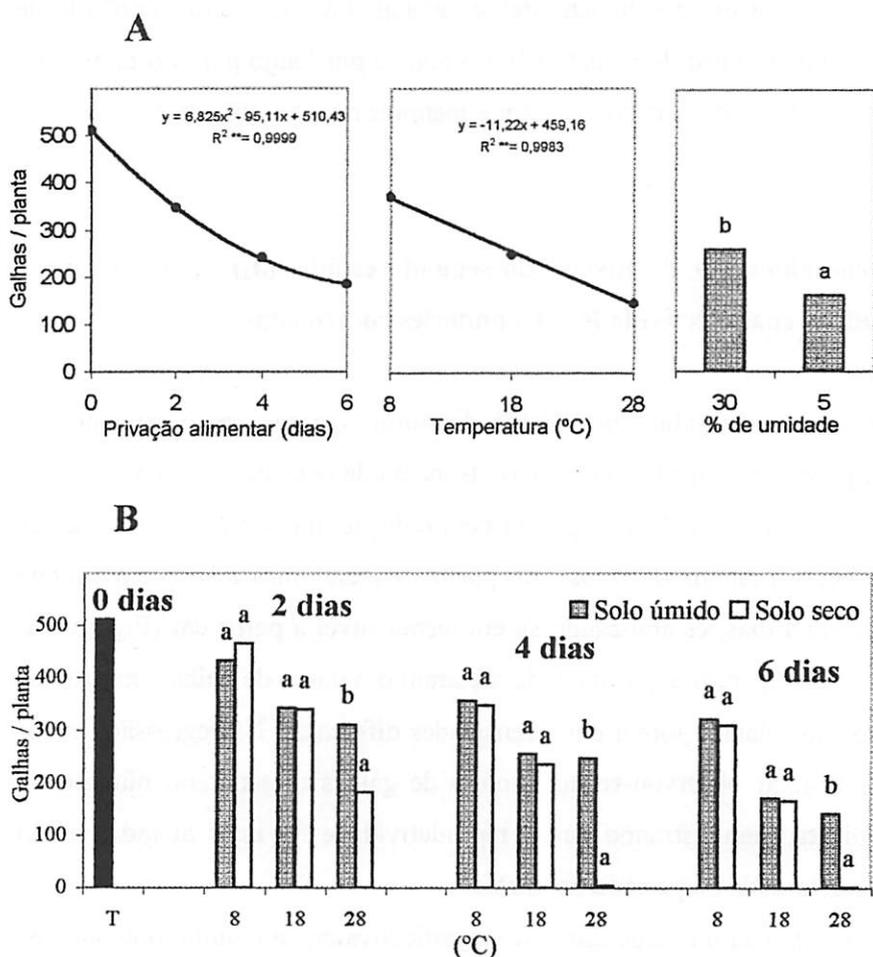


FIGURA 8 – Efeito de períodos de privação alimentar, diferentes temperaturas e umidades sobre juvenis do segundo estágio de *Meloidogyne incognita* raça 3 incubados no solo, no número de galhas por sistema radicular de plantas de tomate. A) Regressão e feito geral dos tratamentos. B) Efeito isolado de cada período de tempo. Letras diferentes diferem estatisticamente ao nível de 1% de significância pelo teste de Scott & Knott (1964) (CV=15,15).

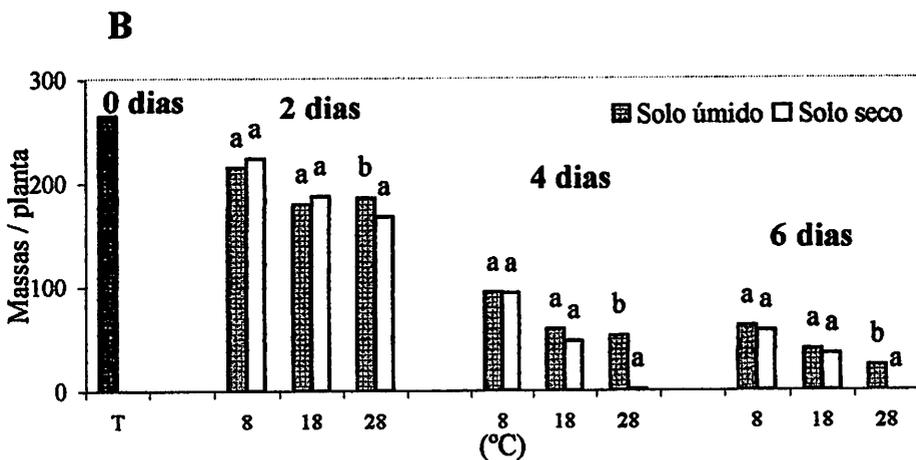
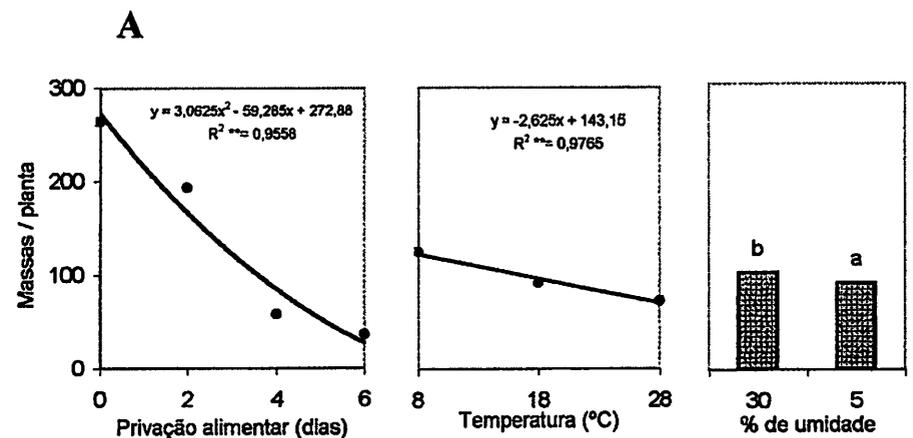


FIGURA 9 – Efeito de períodos de privação alimentar, diferentes temperaturas e umidades sobre juvenis do segundo estágio de *Meloidogyne incognita* raça 3 incubados no solo, no número de massas de ovos por sistema radicular de plantas de tomate. A) Regressão e efeito geral dos tratamentos. B) Efeito isolado de cada período de tempo. Letras diferentes diferem estatisticamente ao nível de 1% de significância pelo teste de Scott & Knott (1964) (CV=11,64).

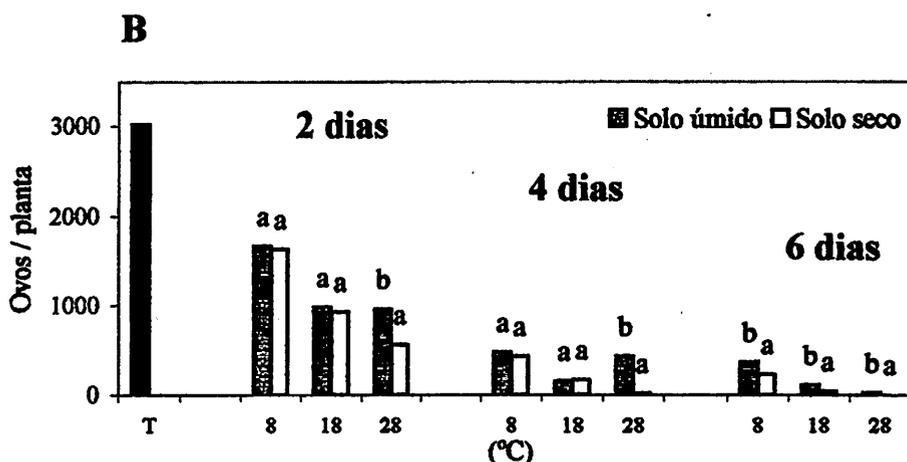
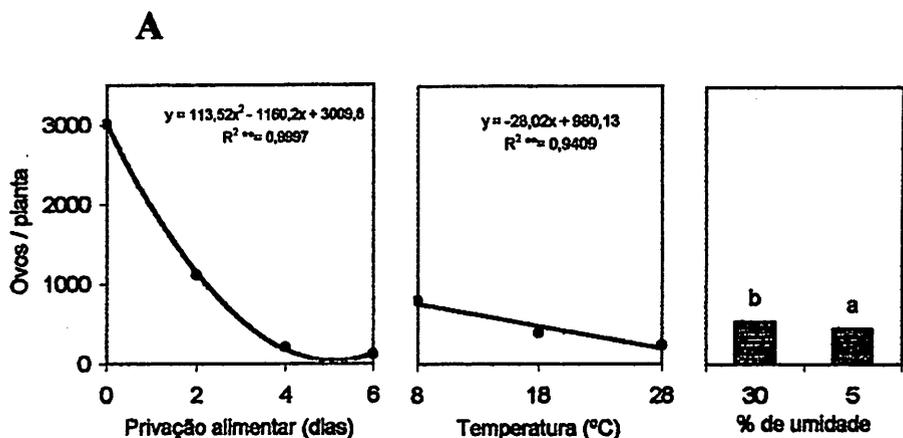


FIGURA 10 – Efeito de períodos de privação alimentar, diferentes temperaturas e umidades sobre juvenis do segundo estágio de *Meloidogyne incognita* raça 3 incubados no solo, no número de ovos por sistema radicular de plantas de tomate. A) Regressão e feito geral dos tratamentos. B) Efeito isolado de cada período de tempo. Para análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Letras diferentes diferem estatisticamente ao nível de 1% de significância pelo teste de Scott & Knott (1964) (CV=8,52).

obrigando-os a se movimentarem em direção à planta. Esta redução parcial da infectividade e reprodutividade indica variabilidade no inóculo quanto ao nível de reserva energética corporal entre J_2 da mesma população. J_2 com menor reserva foram impossibilitados de penetrar na raiz e os que penetraram tiveram a reprodutividade afetada.

Com o prolongamento do período de privação alimentar, acentuou-se a queda na infectividade e na reprodutividade, chegando aos 6 dias de incubação dos J_2 a 28°C com redução de 99,8 e 72% no número de galhas, de 99,9 e 91% no número de massas de ovos, e de 99,9 e 99,2% no número de ovos por sistema radicular em solo seco e úmido, respectivamente, comparados com a testemunha (Figura 8B, 9B e 10B). Se existem, realmente, J_2 com maior reserva corporal dentro da população, mesmo nestes ocorre redução ainda maior dessa reserva durante o período de privação alimentar, reduzindo drasticamente a infectividade e reprodutividade. J_2 submetidos à privação alimentar por 6 dias a 28°C em solo úmido causaram 140 galhas, produziram 24 massa de ovos e quase nenhum ovo por sistema radicular, indicando, talvez, que a perda da reserva corporal tenha deixado o J_2 menos eficaz na reprodução ou retardado a postura, já que este ensaio se encerrou 20 dias após o transplântio de mudas tomate.

A privação alimentar dos J_2 mantidos por 6 dias a 8°C antes da inoculação em tomate causaram 39 e 37% de redução no número de galhas, 78 e 76% de redução no número de massas de ovos e 93 e 88% no número de ovos por sistema radicular em solo seco e em solo úmido, respectivamente, comparados com a testemunha, indicando que mesmo nesta temperatura de tratamento prévio ocorre perda na capacidade infectiva e reprodutiva do J_2 , porém em menor intensidade do que aquela em 28°C.

Se interpretarmos o efeito isolado da incubação dos J_2 a 28°C antes da inoculação, o número de ovos por sistema radicular tanto aos 4 quanto aos 6 dias em solo com 30 ou 5% de umidade foi bem reduzido (Figura 8B, 9B e 10B). Isto

indica que no solo com 30% de umidade ocorre retardamento da reprodução (Figuras 6B e C). Entretanto, no solo com 5% de umidade, a quase inexistência de ovos por sistema radicular significa morte dos J₂ antes da penetração, já que, com 4 e 6 dias de privação alimentar, os J₂ não foram capazes de provocar galhas nem produzir massas de ovos (Figura 8B, 9B e 10B). Goodell & Ferris (1989) encontraram redução de 93% na eclosão de J₂ quando ovos de *M. incognita* foram mantidos em solo seco, comparado com solo úmido, contudo não se pode fazer inferências sobre a infectividade destes nematóides, pois os autores não realizaram tais teste.

A inoculação de J₂ incubado por 6 dias a 18°C antes da inoculação em tomate causou 68 e 66% de redução no número de galhas, 93 e 85% de redução no número de massas de ovos e 99 e 96% no número de ovos por sistema radicular, em solo seco e no solo úmido, respectivamente, comparados com a testemunha, com efeito intermediário entre aqueles J₂ incubados a 8 e 28°C, concordando com Bergerson (1959), que relata efeitos deletérios da temperatura de 8°C e grande gasto energético dos nematóides incubados a 28°C, com posterior perda da infectividade.

6 CONCLUSÕES

- 1) O revolvimento do solo aumentou a eficiência do alqueive, atuando na redução populacional de *J₂* livre no solo.
- 2) As diferenças encontradas entre a técnica de Jenkins (1964) e o bioteste indicam que grande parte dos *J₂* encontrados no solo não eram mais infectivos, e que a ausência destes no solo não pode ser vista como garantia da ausência de nematóides viáveis no solo.
- 3) A irrigação logo após o alqueive do solo, aumenta sua eficiência na redução populacional de *M. incognita*, induzindo a eclosão dos *J₂*, os quais, em poucos dias movimentando-se no solo, perdem sua infectividade.
- 4) O revolvimento e a irrigação têm alvos diferentes no processo de redução populacional de *Meloidogyne* sp. e constituem, por isso, fatores aditivos no processo de redução populacional desses fitonematóides.
- 5) As alterações populacionais de *M. incognita* induzidas pelo revolvimento e irrigação posterior ou não, em pré-plantio, perduram em densidades diferentes durante o ciclo da cultura, porém mais evidentes durante a primeira metade do ciclo.
- 6) O revolvimento do solo seguido de irrigação, ou isoladamente, aumentou o peso de raízes dos feijoeiros, porém o melhor controle dos nematóides proporcionado pela irrigação foi o tratamento que mais aumentou a produção do feijão.
- 7) *J₂* tiveram sua infectividade afetada em razão do tempo de envelhecimento e temperatura de incubação no solo, sendo agravado pela falta de umidade.
- 8) Melhor redução da infectividade dos *J₂* foi verificada quando incubados a 28°C em solo seco, quando estes perderam a infectividade quase que totalmente logo no quarto dia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APT, W. J. Survival of reniforme nematodes in desiccated soils. **Journal of Nematology**, De Leon Springs, v. 8, n. 4, p. 278, Oct. 1976.
- BERGERSON, G. B. The influence of temperature on the survival of some species of the genus *Meloidogyne* in the absence of a host. **Nematologica**, Leiden, v. 4, n. 4, p. 344-354, Dec. 1959.
- CAMPOS, V. P. Sobrevivência de *Meloidogyne javanica* no solo e em raízes de tomateiros. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 13, n. 3/4, p. 191-196, jul./dez. 1987.
- CAMPOS, V. P.; CAMPOS, J. R.; SILVA, L. H. C. P.; DUTRA, M. R. Manejo de nematóides em hortaliças. In: SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, J. R.; NOJOSA, G. B. A. **Manejo integrado: doenças e pragas em hortaliças**. Lavras: UFLA, 2001. p.125-158.
- DI VITO, M. N. G.; CARELLA, A. Population densities of *Meloidogyne incognita* and yield of *Capsicum annum*. **Journal of Nematology**, Lawrence, v. 17, n. 1, p. 45-49, Jan. 1985.
- DUTRA, M. R.; CAMPOS, V. P. Efeito do preparo do solo na população dos nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 21., 1998, Maringá. **Anais... Maringá**, 1998. p.45.
- GOODELL, P. B.; FERRIS, H. Influence of environmental factors on the hatch and survival of *Meloidogyne incognita*. **Journal of Nematology**, Lawrence, v. 21, n. 3, p. 328-334, July 1989.
- HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp. , including a new technique. **Plant Disease Reporter**, St Paul, v. 57, p. 1025-1028, 1973.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, St Paul, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.
- LEE, D. L.; ATKINSON, H. J. **Physiology of nematodes**. New York: Columbia University Press, 1977. 215p.

LORDELLO, L. G. E. *Nematóides das plantas cultivadas*. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 314p.

ORNAT, C.; VERDEJO-LUCAS, S.; SORRIBAS, F. J.; TZORTZAKAKIS, E. A. Effect of fallow and root destruction on survival of root-knot and root-lesion nematodes in intensive vegetable cropping systems. *Nematropica*, Auburn, v. 29, n. 1, p. 5-16, June 1999.

PAULA JUNIOR, T. J. de; ZAMBOLIM L. Doenças. In: *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais*. Viçosa: UFV, 1998. p.373-433.

PERRY, R. N.; WRIGHT, D. J. *The physiology and biochemistry of free-living and plant-parasitic nematodes*. London: CAB, 1998

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis means in the analysis of variance. *Biometrics*, North Carolina, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

STARR, J. L. Recovery and longevity of Egg Masses of *Meloidogyne incognita* during simulated winter survival. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 25, n. 2, p. 244-248, June 1993.

VAN GUNDY, S. D.; BIRD, A. F.; WALLACE, H. R. Aging and starvation in juvenile or *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans*. *Phytopathology*, St. Paul, v. 57, n. 6, p. 559-571, June 1967.

VIEIRA, C. *Doenças e Pragas do feijoeiro*. Viçosa: UFV, 1993. 231p.

VRAIN, T. C.; BARKER, K. R. Influence of low temperature on development of *Meloidogyne incognita* and *M. hapla* eggs in egg masses. *Journal of Nematology*, De Leon Springs, v. 10, n. 4, p. 311-313, Oct. 1978.

WALLACE, H. R. Undulatory locomotion of the plant-parasitic nematodes, *M. incognita*. *Parasitology*, New York, v. 58, n. 2, p. 377-391, 1968.

CAPÍTULO 3

Manejo do solo e da irrigação no controle de *Meloidogyne javanica* do quiabeiro no campo e a infectividade de ovos de *M. incognita* incubados em água em diferentes temperaturas.

1 RESUMO

DUTRA, Marcos Roberto. Manejo do solo e da irrigação no controle de *Meloidogyne javanica* do quiabeiro no campo e a infectividade de ovos de *M. incognita* incubados em água em diferentes temperaturas. In: Manejo do solo e da água no controle de nematóides de galhas (*Meloidogyne* sp.) e estudos “in vitro” da temperatura e umidade na infectividade desses patógenos. 2002. p.60-85. Dissertação Mestrado em Fitopatologia – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A variação populacional de juvenis do segundo estágio (J_2) de *Meloidogyne javanica* no campo e a sua infectividade através de bioteste foram estudadas em amostras de solo revolvido com ou sem irrigação, comparadas com áreas sem irrigação e revolvimento, chamadas de testemunha, ou parcelas apenas irrigadas, durante o período de 14 dias antes do transplântio do quiabo e aos 45 dias após. Ovos de *M. incognita* raça 3 foram incubados por 2, 4, 6, 8 e 10 dias a 8, 18 e 28°C e, em seguida, inoculados em mudas de tomateiro e mantidos em câmara climatizada. Antes da inoculação, avaliou-se o desenvolvimento embrionar, o qual, subtraído daquele na testemunha, obteve-se assim, o índice de desenvolvimento embrionar do período de incubação. Nas parcelas apenas revolvidas e naquelas revolvidas seguidas de irrigação, a população de J_2 no solo foi menor ($P \leq 0,01$) comparadas com aquelas apenas irrigadas e as testemunhas, porém não diferiu entre as parcelas apenas irrigadas e testemunhas, tanto aos 7 quanto aos 14 dias após esses manejos. A infectividade do inóculo no solo colhido aos 7 dias após diferiu ($P \leq 0,01$) entre todos os tratamentos, com nível mais baixo ($P \leq 0,01$) nas parcelas revolvidas e irrigadas simultaneamente. Nível mais baixo ($P \leq 0,01$) de infectividade ocorreu também aos 14 dias nas parcelas revolvidas e irrigadas simultaneamente. O revolvimento do solo reduziu significativamente a infectividade do inóculo do solo comparado com parcelas apenas irrigadas ou testemunhas. A população do J_2 no solo, o número de ovos ou massas de ovos por quiabeiro no campo, aos 45 dias após o transplântio nas parcelas submetidas aos diferentes tratamentos, teve comportamento semelhante ao inóculo inicial, com população mais baixa ($P \leq 0,01$) nas parcelas revolvidas e irrigadas, seguida por aquelas apenas revolvidas, e diferente ($P \leq 0,01$) daquelas testemunhas e apenas irrigadas, as quais foram sempre mais elevadas. O tempo de incubação dos ovos diminuiu progressivamente o número de galhas, ovos e massas de ovos por tomateiro; entretanto, maiores valores foram obtidos quando se incubou a 18°C, e menores,

* Comitê de Orientação: Vicente Paulo Campos – UFLA (Orientador) e Nilson Salvador – UFLA.

a 28°C. Contudo, o desenvolvimento embrionar foi mais elevado a 28°C e quase nulo a 8°C. A partir do sexto dia, ovos incubados a 28°C tiveram redução drástica na infectividade, com queda de 99% em relação à testemunha, porém a 18°C manteve-se boa infectividade até o final do ensaio.

2 ABSTRACT

DUTRA, Marcos Roberto. Soil and water management for okra *Meloidogyne javanica* control in the field and *M. incognita* eggs infectivity after water incubation at different temperatures. In: **Soil and water management for controlling root knot nematodes (*Meloidogyne* sp.) and “in vitro” studies on temperature and humidity on their infectivities.** 2002. p.60-85. Dissertation Master Program in Phytopathology – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

Field population density variation of *M. javanica* second stage juveniles (J_2) and its biotest infectivity were studied in plowed soil with or without irrigation, compared to non-plowed and non-irrigated soil considered as control and to only irrigated, 14 day before okra seeding and 45 days after, as well. “In vitro” *M. incognita* eggs were incubated in water for 2, 4, 6, 8 and 10 days at 8, 18 and 28°C followed by tomato seedlings inoculation and kept in temperature and humidity controlled room. Before and after egg incubation, the embryonic development was evaluated and subtracted by the value in control, and thereafter, the incubation period embryonic development index was obtained. In plowed and plowed-irrigated plots the J_2 population was lower ($P \leq 0,01$) than that in irrigated or in control, although no difference was found between irrigated and control plots and also between, plowed and plowed-irrigated plots, at 7 and 14 days after these management. At 7 days, soil inoculum infectivity in tomato seedlings was different among all treatments but lowest ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots. Also, lowest ($P \leq 0,01$) infectivity occurred at 14 days in plowed-irrigated plots. The soil plowing reduced ($P \leq 0,01$) the soil inoculum infectivity compared to only irrigated and controlled plots. The J_2 population, number of eggs or egg-mass per okra plant at 45 days after seeding were related to the initial inoculum with lowest values ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots followed by plowed, but both were different ($P \leq 0,01$) from those in irrigated and control plots, which had, always, highest values. Increasing egg incubation time in any temperature tested, decreased the number of galls, egg masses per tomato seedling. However, greatest and lowest values were obtained when incubated at 18 and 28°C, respectively. The embryonic development was highest at 28°C but quite null, at 8°C. After sixth day, incubated eggs at 28°C had greatest infectivity reduction as much as 99% compared to control, but at 18°C good infectivity was kept until the end of the assay.

* Guidance committee: Vicente Paulo Campos – UFLA (Major Professor) and Nilson Salvador – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

A extensa gama de hospedeiros dos nematóides de galhas, aliado ao cultivo intensivo de hortaliças em determinadas áreas, têm levado os produtores a buscarem alternativas de controle desses patógenos (Campos, 1985 e Campos et al., 2001). Entretanto, algumas táticas de controle desestimulam o produtor. A baixa produtividade e características indesejáveis para o comércio têm levado ao desuso as variedades resistentes. O cultivo de culturas não hospedeiras de *Meloidogyne* spp. fora do grupo das hortaliças por questões econômicas tem desestimulado os horticultores. Também a rotação com culturas antagônicas, como as crotalárias e mucunas, tem sido rejeitada pelos produtores devido ao período de aproximadamente seis meses de imobilização da área sem garantir renda. Por outro lado, os horticultores tem, no arranquio e queima do sistema radicular das plantas infestadas, a eliminação de grande parte da população de *Meloidogyne* spp. (Campos, 1992) e redução drástica da população remanescente no solo após um mês da destruição das raízes infestadas (Campos, 1987; Di Vito e Carella., 1985). Outras práticas de manejo da área de cultivo talvez possam ser implementadas no campo para diminuir a população de *Meloidogyne* spp. em culturas de ciclo curto, das quais alguns conhecimentos já existem. O juvenil do segundo estágio de *Meloidogyne javanica* eclode do ovo com 30% do peso do seu corpo em lipídios, que constituem a sua principal reserva energética (Lee & Atkinson, 1977; Van Gundy, 1967). A redução de 50-60% dessa reserva leva-o à perda de infectividade (Van Gundy, 1967). Porém, o tempo para ocorrer tal perda e as condições ambientais condicionantes ainda precisam ser pesquisadas.

A redução da umidade do solo a -300KPa inibe a eclosão, porém possibilita ainda o desenvolvimento embrionar (Goodell & Ferris, 1989),

aumentando, assim, nestas condições, a população de ovos com J₂ no seu interior. Nessas condições, estimular a eclosão do J₂ e levá-lo à perda de reserva energética num sistema prático de manejo poderá conduzir à nova tática de redução populacional de *Meloidogyne* spp. para exploração de culturas de ciclo curto. Desta forma, objetivou-se, neste trabalho, manipular a umidade do solo com irrigação e revolvimento antes do plantio e avaliar seus efeitos na população de J₂ de *M. javanica* no campo, bem como estudar a viabilidade de ovos de *M. incognita* como inóculo após períodos de incubação em água em diferentes temperaturas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Efeito do revolvimento e irrigação do solo na população de *M. javanica* em quiabeiros no campo.

O ensaio foi instalado numa área de aproximadamente 500m², onde já haviam sido realizados cultivos consecutivos de hortaliças como tomate e quiabo por vários anos, com alta infestação de *M. javanica*. O terreno foi revolvido com grade intermediária e semeado com quiabo no espaçamento de 1,0m entre linhas por 0,2m entre plantas. O manejo da cultura foi de acordo com a recomendação técnica. Cem dias após a semeadura, os sistemas radiculares foram arrancados e delimitadas parcelas de 10m de largura por 10m de comprimento com 25m² de área útil e 2,5m lineares de bordadura através de estacas de referência fora da área de cultivo. Seguiu-se, então, a casualização em 5 blocos distribuídos em nível, no total de 20 parcelas. Foram, então, definidos 4 tratamentos: 1) solo revolvido e irrigado; 2) solo revolvido sem irrigação; 3) solo não revolvido e irrigado; e 4) solo não revolvido e não irrigado, considerado como testemunha.

O solo foi revolvido a 20cm de profundidade utilizando-se um trator marca Massey Ferguson, modelo 295 (4x2 TDA), a 5km/h, com grade intermediária com duas séries de 9 discos dentados de 600mm, deixando o solo bem solto e destorroado. A irrigação na área foi feita logo após o revolvimento, colocando cerca de 16mm de lâmina de água com irrigação manual via regadores, o suficiente para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, a qual foi predeterminada em laboratório.

O experimento foi iniciado num período de temperaturas elevadas no verão e sem chuvas. A coleta inicial das amostras e a instalação do ensaio foram realizados pela manhã, com temperatura do ar em 28°C e umidade do solo em 14% na camada de 0 a 20cm de profundidade.

Para amostragem, cada parcela foi subdividida em 5 grades de 1m². Em cada gride foi coletada uma amostra de solo até 20cm de profundidade com o auxílio de enxadão. As amostragens foram feitas no momento da instalação do ensaio aos 7 e 14 dias, e aos 45 dias após o transplântio do quiabo, retirando-se o mesmo número de amostras por planta, sempre no mesmo local, com base no mapa experimental.

A população de *Meloidogyne javanica* no solo foi avaliada nas amostras obtidas no campo pela técnica de Jenkins (1964). Para cada amostra foram feitas duas extrações. Os J₂ foram contados em microscópio de objetiva invertida. O valor empregado como estimativa do número de J₂ por amostra foi a média das duas extrações.

Quatorze dias após a instalação dos tratamentos, realizou-se o transplântio de quiabo com mudas produzidas em casa de vegetação, em toda área experimental. O transplântio do quiabo foi realizado manualmente abrindo-se o sulco de plantio com enxadas. Aos 45 dias após o transplântio realizou-se, além da amostragem de solo, a avaliação dos sistemas radiculares dos quiabeiros, coletando-se o sistema radicular de uma planta ao acaso em cada gride. Os sistemas radiculares foram deixados por 15 minutos numa solução com 0,0015% de Floxina B, que coloriu de vermelho as massas de ovos dos nematóides. Em seguida, foram deixados sob papel toalha por 10 minutos para obtenção do peso da matéria fresca, seguida da contagem do número de massas de ovos por sistema radicular.

Na coleta inicial de amostras e aos 7 e 14 dias após o estabelecimento dos tratamentos, a população total de nematóides no solo, caracterizada pelo somatório de J₂ e ovos viáveis, isto é, com capacidade patogênica, foi estimada através de bioteste com mudas de tomateiro em bandejas de isopor com 72 células. Para isto, cada célula da bandeja recebeu a mistura de 50mL de substrato agrícola Plantmax[®] com 50mL de solo da amostra oriunda do gride no

campo, em duas repetições. Nestas células, sementes de tomateiro da cultivar Santa Clara I 5300 foram semeadas e as bandejas foram mantidas em casa de vegetação própria para a produção de mudas de hortaliças. A umidade foi controlada com irrigação por nebulização. Aos 45 dias após a semeadura, as raízes dos tomateiros foram separadas do solo com substrato num becker de 1000mL com água parada. As raízes foram deixadas por 15 minutos numa solução com 0,0015% de Floxina B, que coloriu de vermelho as massas de ovos dos nematóides. Foram, a seguir, deixados sob papel toalha por 10 minutos para obtenção do peso da matéria fresca, seguida da contagem do número de massas de ovos por sistema radicular. Posteriormente, o sistema radicular foi cortado em pedaços de 5mm para extração de ovos pela técnica de Hussey & Barker (1973). Utilizando-se um microscópio de objetiva invertida, estimou-se o número de ovos de *M. javanica* por sistema radicular.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e transformados em $\sqrt{x+0,5}$ conforme a necessidade. As variáveis significativas pelo teste F foram agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974). As análises foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR.

4.2 Incubação de ovos de *M. incognita* em água em diversos períodos de tempo e a infectividade em mudas de tomate.

Para explicar parte dos resultados obtidos no experimento de campo, foi montado ensaio sob condições controladas. Para isto, ovos de *M. incognita* raça 3 foram extraídos de plantas de tomate mantidas em casa de vegetação, utilizando-se a técnica de Hussey & Barker (1973).

Os ovos em água foram submetidos a temperaturas de $8^{\circ}\text{C} \pm 1$, $18^{\circ}\text{C} \pm 1$ e $28^{\circ}\text{C} \pm 2$ por 2, 4, 6, 8 e 10 dias. Estas temperaturas foram monitoradas por

sensores colocados dentro dos erlenmeyers conectados a cabos, e estes a “datallogers”, os quais registravam os dados simultaneamente.

Ao final de cada período, fez-se o teste de infectividade do inóculo. Para isto, obteve-se uma alíquota de 2000 ovos + juvenis do segundo estágio (J₂) dispersos em 4mL de água, os quais foram colocados em um furo de ± 5mm de diâmetro e na profundidade de 20mm junto ao caule de mudas de tomateiros (*Lycopersicum sculentum*) cultivar Santa Clara I 5300 com 30 dias de idade, produzidas em bandejas de isopor de 72 células com substrato agrícola Plantmax[®]. Como testemunha foram inoculados também, nas mesmas mudas de tomate, ovos recentemente extraídos. A cada inoculação, fez-se uma avaliação do estágio de desenvolvimento embrionário dentro dos ovos e a contagem do número de J₂ eclodidos. Para isto, era estimado o estágio de desenvolvimento embrionário em 1000 ovos de cada tipo de inóculo. Estes estádios foram assim denominados: 1) nenhuma divisão celular; 2) primeiras divisões celulares; 3) embrião definido; 4) juvenil formado dentro do ovo; e 5) juvenil do segundo estágio livre, após eclosão. Aos valores equivalentes aos estádios de desenvolvimento embrionar 1, 2, 3 e 4 foram atribuídas as notas, 1, 2, 3 e 4, respectivamente. O peso foi multiplicado pelo valor equivalente ao número de ovos com desenvolvimento embrionar. O número de J₂ eclodido foi considerado nota 5. Desta forma utilizou-se a seguinte equação para obter o índice de desenvolvimento embrionar (IDE) em função do número de ovos no estágio referido (NOE), multiplicado pela sua nota equivalente: $IDE = NOE_1 \times 1 + NOE_2 \times 2 + NOE_3 \times 3 + NOE_4 \times 4 + n^\circ \text{ de } J_2 \times 5$. O valor do índice de desenvolvimento embrionar obtido pela equação acima em cada período de incubação e temperatura foi subtraído daquele obtido na testemunha, obtendo-se o índice de desenvolvimento embrionar do período de incubação. Estes valores foram usados para realizar a análise de regressão e gráficos.

O delineamento experimental do teste de infectividade foi o inteiramente casualizado organizado em fatorial 5 x 3, sendo 5 períodos de tempo e 3 temperaturas, mais uma testemunha adicional em 10 repetições, sendo utilizada uma planta por parcela.

As mudas inoculadas foram mantidas em casa de vegetação própria para a produção de hortaliças e com umidade controlada com irrigação por nebulização.

Aos 45 dias após a inoculação das mudas de tomate, cortou-se a parte aérea das plantas e as raízes foram separadas do substrato em água parada num becker de 1000mL. Nas raízes, as massas de ovos foram coradas com Floxina B e, em seguida, deixadas por 10 minutos sobre papel toalha para obtenção do peso da matéria fresca, seguida da contagem do número de galhas e massas de ovos por sistema radicular. Posteriormente, o sistema radicular foi cortado em pedaços de 5 mm para extração de ovos pela técnica de Hussey e Barker, (1973). Utilizando-se microscópio de objetiva invertida, estimou-se o número de ovos de *M. incognita* por sistema radicular.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e transformados em $\sqrt{x+0,5}$ conforme a necessidade. As variáveis significativas pelo teste F foram submetidas à análise de regressão e agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974). A testemunha foi diferenciada dos demais tratamentos pela análise de contraste. As análises foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Efeito do revolvimento e irrigação do solo na população de *M. javanica* em quiabeiros no campo.

Dinâmica no solo – Não houve diferença significativa para a densidade populacional de juvenis do segundo estágio (J_2) de *M. javanica* e sua infectividade em todas as parcelas antes do estabelecimento dos tratamentos. Aos 7 e 14 dias após o revolvimento seguido ou não de irrigação, induziram redução ($P \leq 0,01$) da população de J_2 em comparação aos demais (Figura 1). Contudo, aos 14 dias, a população de J_2 foi menor ($P \leq 0,01$) em todos os tratamentos comparada com aquela aos 7 dias. Observou-se neste período uma redução ($P \leq 0,01$) de 23% na população de J_2 na testemunha, comparado com o mesmo tratamento aos 7 dias, indicando declínio natural e lento da população pelo pousio do solo.

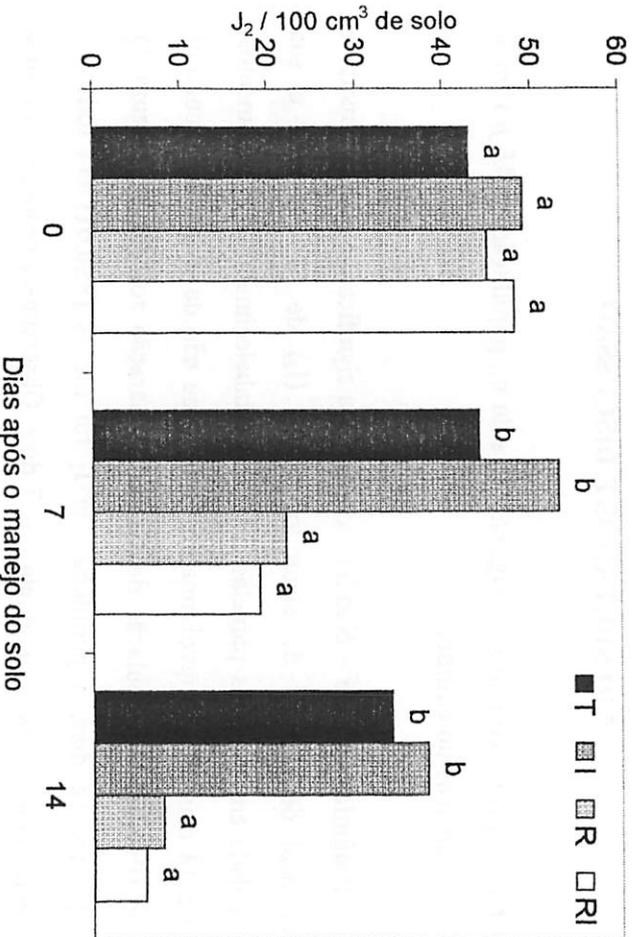


FIGURA 1 – Número de juvenis do segundo estágio (J_2) de *M. javanica* por 100cm³ de solo, colhido no campo no momento ou aos 7 e 14 dias após o revolvimento do solo (R) e seguido da irrigação (RI), apenas irrigado sem revolvimento (I) ou sem irrigação e revolvimento (T), antes do transplantio do quiabo. Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott (1974) (CV=23,97).

A infectividade testada através de bioteste em tomateiros do inóculo de *M. javanica* contido no solo de todas as parcelas do ensaio foi semelhante ($P \leq 0,01$) no momento da instalação do ensaio (Figura 2). Aos sete e quatorze dias após, dentre todas as parcelas, o menor ($P \leq 0,01$) número de massa de ovos de *M. javanica* ocorreu com o inóculo oriundo daquelas revolvidas e irrigadas. Todos os tratamentos diferiram ($P \leq 0,01$) entre si aos 7 dias, porém aos 14 dias as parcelas somente irrigadas foram semelhantes às testemunhas (Figura 2), indicando que a irrigação conjuntamente com o revolvimento foi mais detrimental à população deste patógeno. Esta maior redução foi devida, talvez, à indução da eclosão pela irrigação e subsequente perda da infectividade do J_2 .

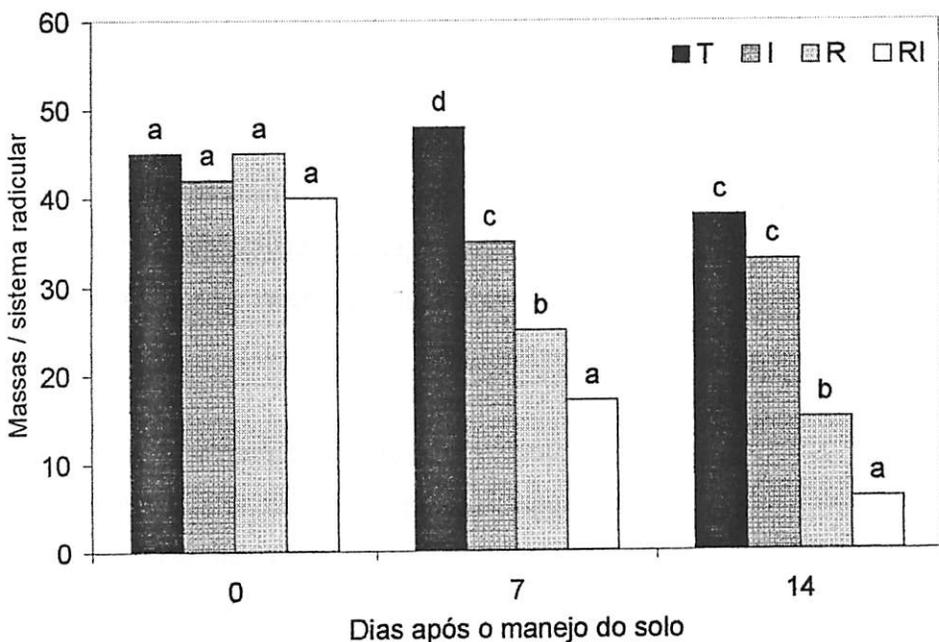


FIGURA 2 – População total de *M. javanica* no solo, avaliado pelo bioteste quantificando-se o número de massa de ovos/muda de tomateiro plantado em solo colhido no campo no momento ou aos 7 e 14 dias após o revolvimento do solo (R) e seguido da irrigação (RI), apenas irrigado sem revolvimento (I) ou sem irrigação e revolvimento (T), antes do transplante do quiabo. Para análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott (1974) (CV=10,51).

O inóculo das parcelas revolvidas e irrigadas (Figura 2) que propiciou infectividade pode ter resultado na sobrevivência de embriões dentro dos ovos, os quais desenvolveram-se após a inoculação de mudas e manutenção delas em condições ideais. O efeito do revolvimento na redução populacional de *Meloidogyne* spp. tem sido observado por vários autores (Dutra & Campos, 1998; Ornat et al., 1999). Entretanto, esse efeito conjunto da irrigação precedida do revolvimento, abreviando o pousio, ainda não foi investigado.

Dinâmica do inóculo no hospedeiro – as populações de ovos e de massa de ovos por quiabeiro aos 45 dias após o transplantio foram menores ($P \leq 0,01$) nas parcelas revolvidas e irrigadas, seguidas do solo revolvido e dos demais tratamentos (Figura 3 B e C), comprovando que o revolvimento é mais eficaz na redução populacional de *M. javanica* quando seguida da irrigação. O revolvimento mesmo isoladamente reduziu a população desse nematóide. Ornat et al., (1999) demonstraram que o revolvimento do solo proporcionou efetiva redução na população de nematóides de galhas.

No campo, aos 45 dias após o transplantio do quiabo, a menor população de J_2 ocorreu nas parcelas irrigadas precedidas do revolvimento, e a maior, naquelas apenas irrigadas (I) e nas testemunhas (T). Isto demonstra os efeitos dos tratamentos na redução de J_2 de *M. javanica* (Figura 3A), reflexo da condição do inóculo inicial antes da instalação da cultura (Figuras 1 e 2).

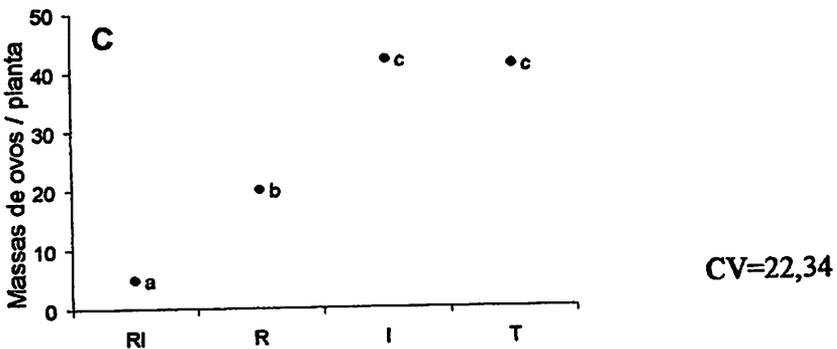
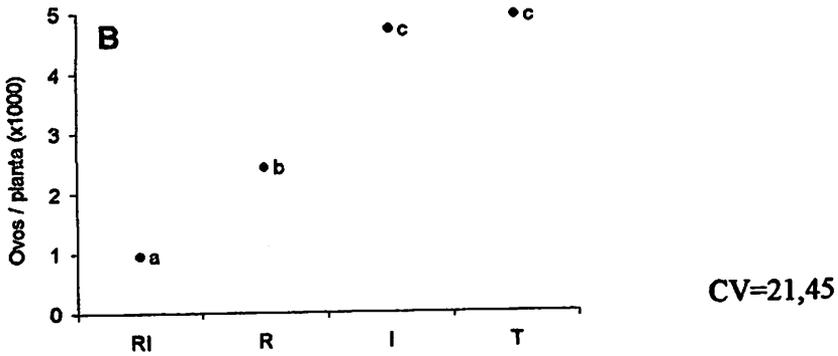
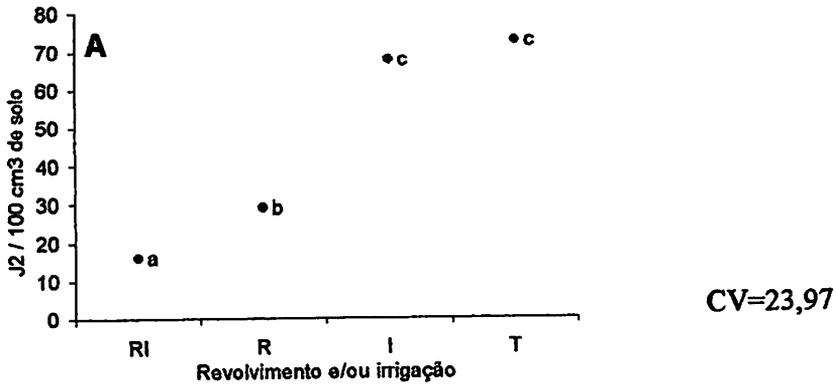


FIGURA 3 – Número de juvenis do segundo estágio (J_2) de *M. javanica* no solo (A), de ovos (B) e massa de ovos (C) por planta de quiabo, obtidos no campo em solo revolvido (R) e seguido da irrigação (RI), apenas irrigado sem revolvimento (I) ou sem irrigação e revolvimento (T), aos 45 dias após o transplante das mudas. Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott (1974).

5.2 Incubação de ovos de *M. incognita* em água em diversos períodos de tempo, temperaturas e a sua infectividade em mudas de tomate.

Ovos incubados a 8°C tiveram a infectividade avaliada em número de galhas, ovos e massa de ovos por planta decrescente com o aumento do período de incubação e intermediária entre as duas outras temperaturas testadas (Figura 4A, 5A e 6A). Entretanto, não ocorreu desenvolvimento embrionário durante o período de incubação nesta temperatura, com valores próximos de zero (Figuras 7A e B), demonstrando que a baixa temperatura por períodos contínuos, além de não propiciar o desenvolvimento do embrião, deve levar à morte parte da sua população, aquela, talvez, cujo estágio do desenvolvimento seja mais sensível ao frio. Vrain (1978), expondo massas de ovos de *M. incognita* e de *M. hapla* em solo a temperaturas variando de 20 a -8°C, verificou que os juvenis no interior dos ovos de ambas as espécies foram mais resistentes às baixas temperaturas do que os estádios embrionários.

Aos 2 dias de incubação dos ovos a 8°C, a queda no número de galhas, ovos ou massa de ovos por planta foi, em média, 40% menor se comparada com a testemunha (Figuras 4B, 6B e 7B). Este resultado demonstra grande injúria da temperatura baixa nos embriões, levando-os à morte. Em qualquer período de incubação dos ovos, o número de galhas, ovos e massa de ovos por planta oriundas da inoculação de ovos incubadas a 8°C foi menor ($P \leq 0,01$) do que aqueles em 18°C (Figuras 4B, 6B e 7B) e semelhante ($P \leq 0,01$) àqueles inoculadas a 28°C por 2 ou 4 dias, porém sempre maior ($P \leq 0,01$) a partir de então, até 10 dias de incubação.

Ovos incubados a 18°C tiveram a infectividade avaliada em número de galhas, ovos e massa de ovos/planta decrescente com o aumento do período de incubação e maior dentre todas as temperaturas estudadas (Figura 4A, 5A e 6A). O desenvolvimento embrionário nesse período foi progressivo e intermediário

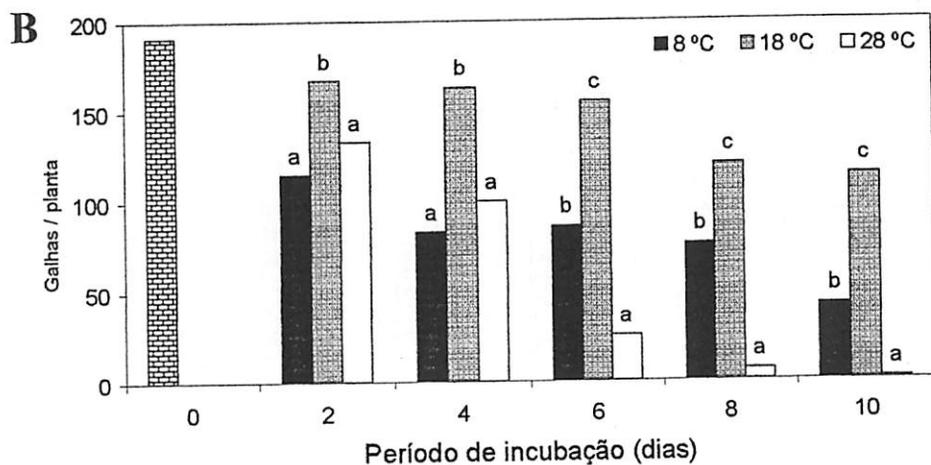
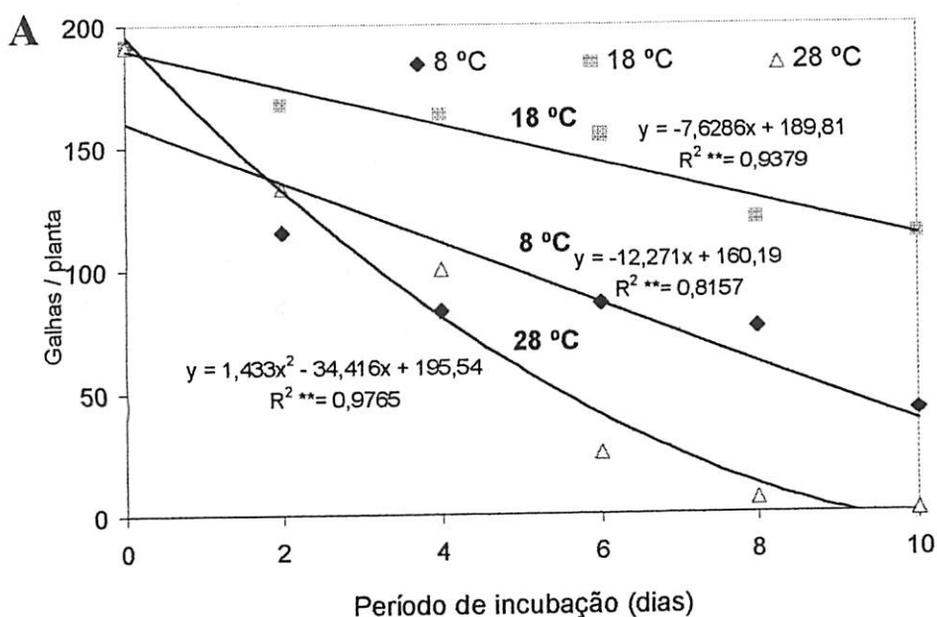


FIGURA 4 - Efeito de períodos de incubação em água, em diferentes temperaturas, de ovos de *M. incognita* raça 3 no número de galhas por sistema radicular de tomateiro. A) Regressão; B) Comparação de médias entre temperaturas dentro de cada período de incubação. Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente ao nível de 1% pelo teste de Scott & Knott (1974) (CV=30,31).

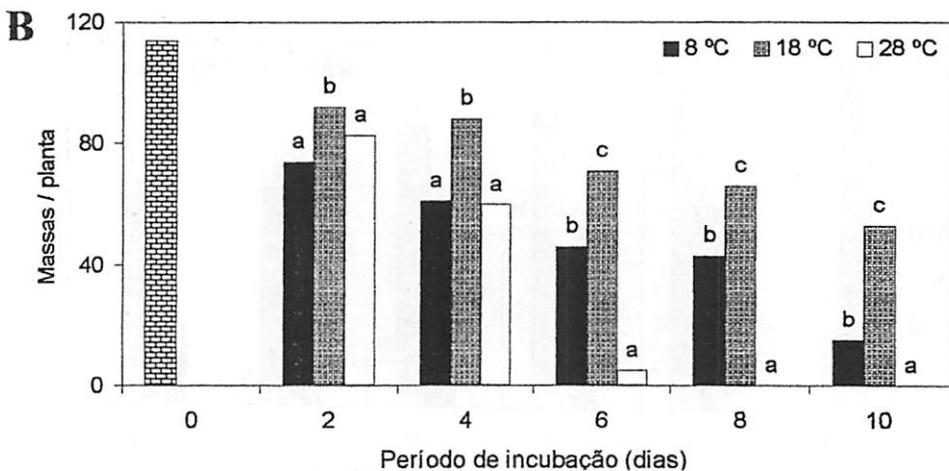
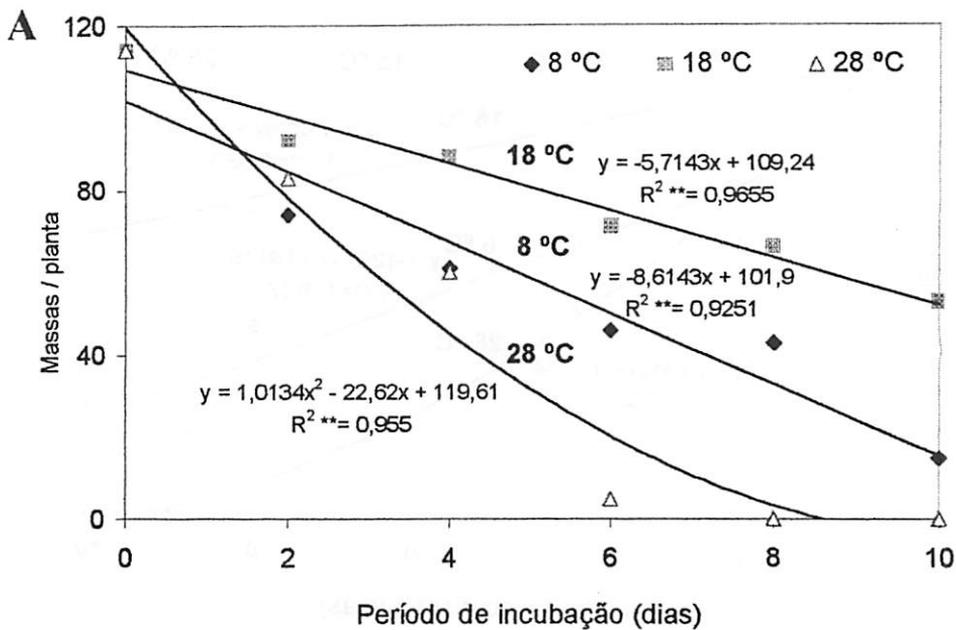


FIGURA 5 - Efeito de períodos de incubação em água, em diferentes temperaturas, de ovos de *M. incognita* raça 3 no número de massas de ovos por sistema radicular de tomateiro. A) Regressão, B) Comparação de médias entre temperaturas dentro de cada período de incubação. Para análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente ao nível de 1% pelo teste de Scott & Knott (1974) (CV=19,56).

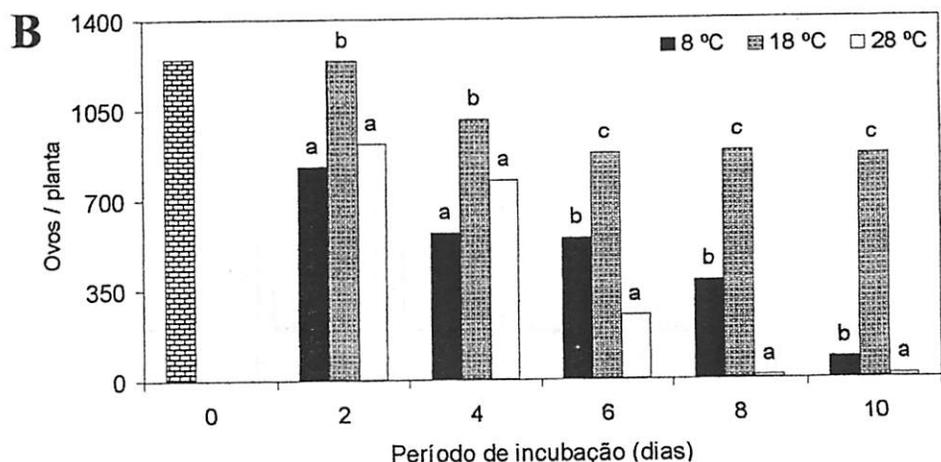
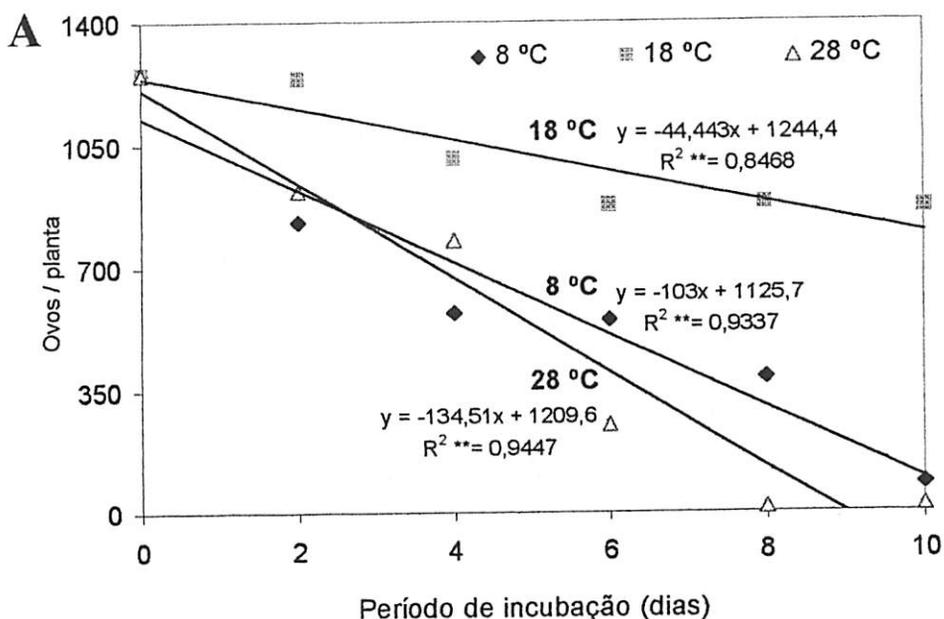


FIGURA 6 - Efeito de períodos de incubação em água, em diferentes temperaturas, de ovos de *M. incognita* raça 3 no número de ovos por sistema radicular de tomateiro. A) Regressão, B) Comparação de médias entre temperaturas dentro de cada período de incubação. Para análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Médias seguidas de mesmas letras não diferem estatisticamente ao nível de 1% pelo teste de Scott & Knott (1974) (CV=22,52).

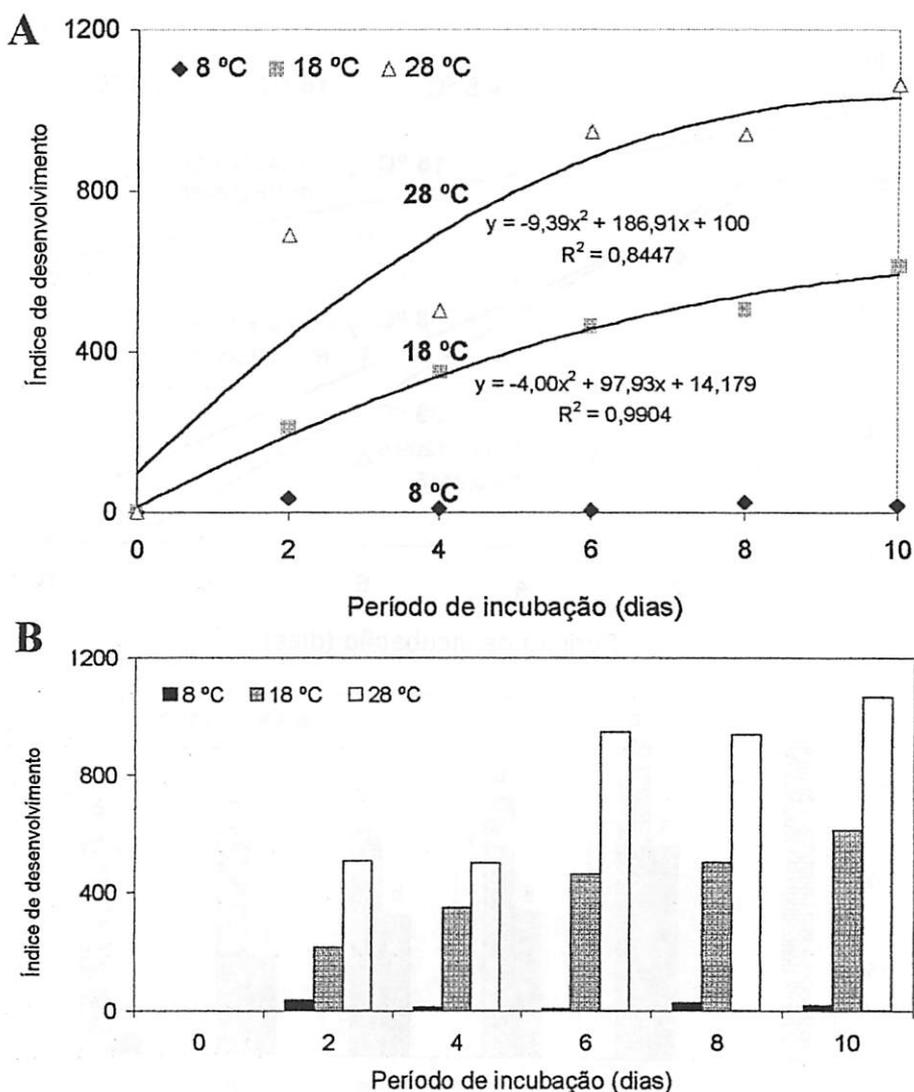


FIGURA 7 – Índice de desenvolvimento embrionário do período de incubação em água dos embriões dentro dos ovos de *M. incognita* raça 3 e do juvenil do segundo estágio (J_2) eclodido, antes da inoculação, em diversos períodos de tempo e em diferentes temperaturas. Estágios: 1) nenhuma divisão celular; 2) primeiras divisões celulares; 3) embrião definido; 4) juvenil formado dentro do ovo e 5) juvenil do segundo estágio livre após eclosão. A) Regressão; B) Índice de desenvolvimento e ovos incubados nas diversas temperaturas dentro de cada período.

entre as outras duas temperaturas testadas (Figura 7A), com os maiores valores aos 10 dias de incubação (Figura 7B). A temperatura propiciou o desenvolvimento embrionar apesar de não ser a mais adequada. Bird (1972), encontrou taxa de embriogênese em *M. javanica*, sob temperatura de 15°C, aproximadamente 4 a 5 vezes menor do que aquela em 30°C.

Aos 2 dias de incubação de ovos a 18°C, a queda média no número de massa de ovos/planta foi de apenas 13% em relação à testemunha e se manteve próxima a esse patamar até o 6º dia, chegando à queda média de 63% em relação à testemunha aos 10 dias (Figuras 4B, 5B e 6B). Em qualquer período de incubação dos ovos, o número de galhas, ovos e massa de ovos por planta oriunda da inoculação de ovos incubados a 18°C foi maior do que aqueles em temperaturas de 8 ou 28°C (Figuras 4B, 5B e 6B). Embora não tenha tido excelente desenvolvimento embrionar na temperatura de 18°C (Figura 7A e B), talvez, nessa temperatura, não tenha ocorrido grande perda de reservas energéticas corporais porque pois elas se esgotam com a elevação da atividade muscular e respiratória em temperaturas ótimas para as atividades fisiológicas do nematóide (Goodell & Ferris, 1989). Bergerson (1959) caracterizou como 10°C a temperatura ótima para a sobrevivência de ovos e juvenis de *M. incognita*, devido a redução do seu metabolismo e à economia das reservas corporais. Contudo, neste experimento, a temperatura de 8°C foi deletéria para ovos desse nematóide. Bergerson (1959) observou redução de 50 a 75% na sobrevivência de embriões dentro dos ovos de *M. incognita* submetidos a temperaturas inferiores a 10°C, quando comparado com aqueles mantidos a 10°C.

Ovos incubados a 28°C tiveram infectividade, avaliada em número de galhas, ovos e de massas de ovos/planta, decrescendo rapidamente com o aumento do período de incubação (Figuras 4A, 5A e 6A). O desenvolvimento embrionar nesta temperatura foi o mais elevado dentre os demais e aumentou progressivamente no período estudado (Figura 7A), com valores máximos aos

10 dias de incubação e sempre superior, em qualquer período, àqueles ovos incubados a 18 e 8°C (Figura 7B), indicando que a temperatura de 28°C foi excelente para o desenvolvimento do embrião. Jaehn (1989) encontrou máximo desenvolvimento embrionar e eclosão quando incubou ovos de *M. incognita* a 28°C. A infectividade expressa em número de galhas, ovos e massas de ovos/planta teve comportamento diferenciado no período (Figuras 4A, 5B e 6B). Aos 2 e 4 dias de incubação, foi semelhante ao inóculo incubado a 8°C, porém menor do que aquele a 18°C (Figura 4A), com queda de 30 % em relação à testemunha. Como o desenvolvimento embrionar foi bem maior nos ovos incubados neste período e nesta temperatura do que qualquer outra testada (Figura 7A e B), os danos da temperatura elevada nos embriões foram, por conseguinte, bem maiores do que as injúrias pelo frio a 8°C, mesmo em período curto de incubação.

A partir do 6º dia até o final do ensaio, o número de galhas, ovos e massa de ovos/planta resultantes da incubação de ovos incubados a 28°C foram os menores ($P \leq 0,01$) dentre as temperaturas testadas, chegando ao 10º dia com redução de 99 % em relação à testemunha (Figuras 4B, 5B e 6B). Embora o desenvolvimento embrionar tenha sido acelerado a partir do 6º dia de incubação dos ovos a 28°C (Figura 7A), decresceu, a partir daí, a qualidade desse inóculo. Portanto, como não ocorreu injúria no embrião, neste período a temperatura de incubação de 28°C parece ter reduzido substancialmente a reserva energética corporal, mesmo durante o desenvolvimento embrionar, a níveis insuficientes para penetração do J₂ futuro, porém ainda suficientes para a sua movimentação na água. Van Gundy et al. (1967) encontraram perda na patogenicidade de J₂ de *M. incognita* correlacionada com a queda de 50 a 60% no nível de lipídio corporal quando estes foram mantidos em água a 27°C por 32 dias.

6 CONCLUSÕES

- 1) O revolvimento do solo aumentou a eficiência do alqueive, atuando mais intensivamente na redução populacional de J₂ livre no solo.
- 2) As diferenças encontradas entre a técnica de Jenkins (1964) e o bioteste indicam que grande parte dos J₂ encontrados no solo não eram mais infectivos e que a ausência destes no solo não pode ser vista como garantia de que não haja nematóides viáveis no solo.
- 3) A irrigação neste tipo de solo, quando aplicada isoladamente, não trouxe efeito significativo na população de nematóides, porém apresentou efeito sinérgico no controle de nematóides junto ao revolvimento do solo.
- 4) O revolvimento e a irrigação do solo induzem melhor desenvolvimento embrionário e eclosão dos J₂, reduzindo o inóculo futuro de nematóides no solo.
- 5) O revolvimento do solo constitui fator de desequilíbrio da temperatura e da umidade. Neste sentido, a irrigação vai aumentar ainda mais esse desequilíbrio, trazendo maiores reflexos detrimenais às populações dos nematóides das galhas, como constatado neste ensaio.
- 6) A temperatura de 18°C foi a que mais preservou os ovos de *M. incognita*. A 8°C, observou-se um efeito detrimenital na população, e a de 28°C, grande desenvolvimento embrionar, acelerando o gasto de energia destes ovos, os quais perderam mais rapidamente a infectividade.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGERSON, G. B. The influence of temperature on the survival of some species of the genus *Meloidogyne* in the absence of a host. *Nematologica*, Leiden, v. 4, n. 4, p. 344-354, Dec. 1959.
- BIRD, A. F. Influence of temperature on embryogenesis in *M. javanica*. *Journal of Nematology*, St. Paul, v. 4, n. 3, p. 206-213, July 1972.
- CAMPOS, V. P. Doenças causadas por nematóides. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 11, n. 122, p. 21-28, fev. 1985.
- CAMPOS, V. P. Sobrevivência de *Meloidogyne javanica* no solo e em raízes de tomateiros. *Summa Phytopathologica*, Jaguariúna, v. 13, n. 3/4, p. 191-196, jul./dez. 1987.
- CAMPOS, V. P. Implicações da sobrevivência dos nematóides em solo e raízes de plantas no controle destes fitopatógenos. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 16, n. 172, p. 15-16, 1992.
- CAMPOS, V. P.; CAMPOS, J. R.; SILVA, L. H. C. P.; DUTRA, M. R. Manejo de nematóides em hortaliças. In: SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, J. R.; NOJOSA, G. B. A. *Manejo integrado: doenças e pragas em hortaliças*. Lavras: UFLA, 2001. p.125-158.
- DI VITO, M. N. G.; CARELLA, A. Population densities of *Meloidogyne incognita* and yield of *Capsicum annum*. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 17, n. 1, p. 45-49, Jan. 1985.
- DUTRA, M. R.; CAMPOS, V. P. Efeito do preparo do solo na população dos nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 21., 1998, Maringá. *Anais...* Maringá, 1998. p.45.
- GOODELL, P. B.; FERRIS, H. Influence of environmental factors on the hatch and survival of *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 21, n. 3, p. 328-334, July 1989.
- HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp. , including a new technique. *Plant Disease Reporter*, St Paul, v. 57, p. 1025-1028, 1973.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, St Paul, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.

JAEHN, A. Efeito da temperatura na biologia de três raças de *Meloidogyne incognita* (Tylenchida-Meloidogynidae) em cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e estimativa do número de gerações para o estado de São Paulo. 1989. 101p. Dissertação (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

LEE, D. L.; ATKINSON, H. J. **Physiology of nematodes**. New York: Columbia University Press, 1977. 215p.

ORNAT, C.; VERDEJO-LUCAS, S.; SORRIBAS, F. J.; TZORTZAKAKIS, E. A. Effect of fallow and root destruction on survival of root-knot and root-lesion nematodes in intensive vegetable cropping systems. **Nematropica**, Auburn, v. 29, n. 1, p. 5-16, June 1999.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis means in the analysis of variance. **Biometrics**, North Carolina, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

VAN GUNDY, S. D.; BIRD, A. F.; WALLACE, H. R. Aging and starvation in juvenile or *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 57, n. 6, p. 559-571, June 1967.

VRAIN, T. C. Influence of chilling and freezing temperatures on infectivity of *M. incognita* and *M. hapla*. **Journal of Nematology**, De Leon Springs, v. 10, n. 2, p. 177-180, Apr. 1978.

CAPÍTULO 4

Manejo do solo e da irrigação como tática de controle de *Meloidogyne javanica* em alface e a infectividade de juvenis do segundo estágio (J₂) de *M. incognita* após períodos de privação alimentar em diferentes temperaturas.

1 RESUMO

DUTRA, Marcos Roberto. Manejo do solo e da irrigação como tática de controle de *Meloidogyne javanica* em alface e a infectividade de juvenis do segundo estágio de *M. incognita* após períodos de privação alimentar em diferentes temperaturas. In: Manejo do solo e da água no controle de nematóides de galhas (*Meloidogyne* sp.) e estudos “in vitro” da temperatura e umidade na infectividade desses patógenos. 2002. p.86-111. Dissertação Mestrado em Fitopatologia – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

A flutuação populacional de juvenis do segundo estágio (J_2) de *Meloidogyne javanica* e sua infectividade através de bioteste foram estudadas em solo revolvido com ou sem irrigação, comparados com aquele apenas irrigado e com parcelas não revolvidas e nem irrigadas, consideradas testemunhas, 14 dias antes do transplântio da alface no campo. “In vitro”, estudou-se a infectividade de J_2 de *M. incognita* raça 3 após incubação em água com ou sem borbulhamento de ar por 6 dias, a temperaturas de 8, 18 e 28°C. Aos 7 dias após o revolvimento do solo no campo, a população de J_2 foi menor ($P \leq 0,01$) do que aquela em solo revolvido e irrigado. As maiores populações ($P \leq 0,01$) ocorreram na testemunha e no solo apenas irrigado. A infectividade, contudo, foi menor ($P \leq 0,01$) no solo revolvido e irrigado, porém todos os tratamentos diferiram ($P \leq 0,01$) entre si. Aos 14 dias, a menor ($P \leq 0,01$) população de J_2 ocorreu em solo revolvido e irrigado, seguido daquele apenas revolvido. Populações elevadas de J_2 ocorreram na testemunha e no solo apenas irrigado. A infectividade do inóculo no solo aos 14 dias foi igualmente baixa ($P \leq 0,01$) no solo revolvido e irrigado bem como naquele apenas revolvido, devido à chuva que ocorreu no campo no 8º dia após o revolvimento. A infectividade foi elevada tanto no inóculo do solo testemunha como naquele apenas irrigado, porém menor ($P \leq 0,01$) neste último. Aos 45 dias após o transplântio da alface no campo, a população de J_2 no solo e de ovos por planta foi a menor ($P \leq 0,01$) quando o solo foi revolvido e irrigado dentre todos os tratamentos. O peso das raízes e das cabeças de alface aos 45 dias após o transplântio foram semelhantes nas parcelas revolvidas e irrigadas e naquelas apenas revolvidas. O aumento na produtividade de alface cultivado em solo revolvido e irrigado 14 dias antes do transplântio foi de 2,16 vezes maior que na testemunha. A porcentagem de J_2 de *M. incognita* imobilizado aumentou com o período de incubação em água e com a temperatura. O borbulhamento diminuiu a infectividade e aumentou ($P \leq 0,01$) a imobilização do J_2 . A 8°C, a imobilização

* Comitê de Orientação: Vicente Paulo Campos – UFLA (Orientador) e Nilson Salvador – UFLA.

do J_2 foi a mais baixa, e a infectividade, a mais alta, dentre as temperaturas testadas em qualquer período de incubação. Entretanto, a 28°C ocorreu a maior porcentagem de imobilização e a menor infectividade dos J_2 em qualquer período de incubação, dentre as temperaturas testadas. O borbulhamento diminuiu a infectividade do J_2 incubado em água e aumentou a sua imobilização em qualquer período de incubação apenas nas temperaturas de 18 e 28°C .

2 ABSTRACT

DUTRA, Marcos Roberto. Soil and water management as a *Meloidogyne javanica* control tactic in lettuce and the infectivity of *M. incognita* second stage juvenil after starvation in water at different temperatures. In: Soil and water management for controlling root knot nematodes (*Meloidogyne* sp.) and "in vitro" studies on temperature and humidity on theirs infectivities. 2002. p.86-111. Dissertation Master Program in Phytopathology – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

M. javanica second stage juvenile population fluctuation and its infectivity by bioteste were studied in plowed soil with or without irrigation, compared to non-plowed and non-irrigated soil considered as control, and to irrigated plots only, 14 days before lettuce planting in the field. *M. javanica* population fluctuation was also studied during the lettuce life cycle. "In vitro", the infectivity of *M. incognita* J₂ was studied after 6 day water incubation periods at 8, 18 and 28°C. Seven days after plowing the soil, the J₂ population was less (P≤0,01) than in plowed-irrigated soil. The greatest (P≤0,01) J₂ population occurred in control and in only irrigated soil. The infectivity, however, was least (P≤0,01) in plowed-irrigated soil, although differences occurred among all treatments. At 14 days, least (P≤0,01) J₂ population occurred in plowed-irrigated soil followed by only plowed soil. Highest (P≤0,01) J₂ population occurred, also in control and in only irrigated soil. The inoculum infectivity after 14 days, was equally (P≤0,01) low in plowed-irrigated and only plowed soil, due to a rain occurred at the eighth day after plowing. Highest infectivity level occurred either in control or in only irrigated plots, but lower (P≤0,01) in only irrigated soil. At 45 days after lettuce planting in the field, *M. javanica* J₂ population in soil and eggs por plant were least in plowed-irrigated soil 14 days before planting compared to all treatments. The root weigh and lettuce production 45 days after planting were similar (P≤0,01) in plowed-irrigated and only plowed soil but greater (P≤0,01) than in control and only irrigated plots. The lettuce production increase in plowed-irrigated plots was 2,16 times compared to control. *M. incognita* immobilized J₂ percentage increased with incubation period and with temperature. The infectivity, however, avaliated by numbers de galls/tomato root biotest decreased with the increase of incubation period and temperature. Air bubbling decreased (P≤0,01) the infectivity and increased the J₂ immobilization. At 8°C the J₂ immobilization was least, and the infectivity highest among all tested temperatures in any

* Guidance committee: Vicente Paulo Campos – UFLA (Major Professor) and Nilson Salvador – UFLA.

incubation period. At 28°C the immobilization percentage was greatest and the infectivity least, in any incubation period, among all tested temperatures. The air bubbling decreased the water incubated J₂ infectivity and increased the immobilization in any incubation period at 18 and 28°C only.

3 INTRODUÇÃO

Muitos produtores de alface (*Lactuca sativa* L.) chegam a fazer 4 cultivos consecutivos numa mesma área. A cultura tem aproximadamente 45 dias de ciclo, proporcionando grande intensidade de plantios e aumento populacional dos nematóides de galhas acima do nível limiar de prejuízo. Portanto, há necessidade de implementar novas táticas de controle, uma vez que esses nematóides retardam o ciclo da cultura, reduzem o desenvolvimento da parte aérea, levam muitas plântulas à morte e causam galhas no sistema radicular.

A exploração econômica da alface apresenta ainda algumas peculiaridades. Os produtores trabalham com produção escalonada para entrega do produto. Para isto, realizam transplantios e colheitas semanais. O atraso no crescimento pelo ataque de nematóides por apenas uma semana afeta os compromissos de entrega do produtor. E pode impossibilitar o cumprimento de contratos comerciais, levando à multa ou perda do comprador, caracterizando, assim, outra forma de prejuízo para o produtor devido ao ataque de *Meloidogyne* spp.

Entre as táticas de controle disponíveis, o uso de nematicidas não é recomendado por ser esta uma folhosa e de ciclo muito curto. A rotação de cultura é rejeitada pelos produtores porque muitos deles têm pequena área e necessitam obter renda para se manter na atividade. Entretanto, algumas práticas culturais são viáveis para pequenos produtores, como o arranquio e queima dos sistemas radiculares infestados, seguidos de alqueive por pequeno período. Campos (1987) e Di Vito & Carella (1985) alcançaram redução de 63% e 86,7% nas populações de *M. javanica* do tomateiro e *M. incognita* do pimentão, respectivamente, aos 30 dias após a eliminação das plantas infectadas. O

revolvimento do solo também poderá ajudar na redução populacional de *M. javanica* como demonstrado por Dutra & Campos, 1998.

Dois fatores ecológicos afetam drasticamente a população dos nematóides de galhas, a temperatura e a umidade do solo. Quando esses fatores estão em níveis ótimos, ocorrem o desenvolvimento embrionário dentro do ovo e a eclosão de juvenis do segundo estágio (J_2), proporcionando, em poucos dias, número elevado de J_2 livre no solo (Campos et al., 2001). Entretanto, potencial de sucção da água do solo menor que -200KPa reduz a eclosão de J_2 , e abaixo de -300Kpa , inibe-a (Goodell & Ferris, 1989). Nível baixo de umidade do solo inibe a eclosão antes de afetar o desenvolvimento embrionário dentro do ovo, desta forma, aumenta no solo a população de ovos, com J_2 já formado internamente à espera de condições propícias para a eclosão (Starr, 1993).

A atividade do inóculo de *Meloidogyne* spp. correlaciona-se com o nível de reserva corporal desses nematóides, basicamente lipídica. Ao sair do ovo, esta reserva está em torno de 30% do seu peso corporal (Lee & Atkinson, 1977). Redução de 50-60% dessa reserva levam a perda da infectividade (Van Gundy et al., 1967).

O manejo, portanto, da água e do tempo de exposição do J_2 em temperaturas do solo acima de 20°C poderá constituir importante tática de controle. Embora isoladamente se conheçam os efeitos da temperatura, umidade e a privação alimentar do J_2 na densidade populacional de *Meloidogyne* sp., ainda não se conciliaram esses fatores de forma aplicável no campo. Desta forma, objetivou-se, neste trabalho, manipular a umidade do solo com irrigação e revolvimento antes do transplante da alface e avaliar seus efeitos na população de J_2 de *M. javanica* no campo, bem como estudar a viabilidade de J_2 como inóculo após incubação em água por diversos períodos, em diferentes temperaturas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Efeito do revolvimento e irrigação do solo na infestação de *M. javanica* em alface no campo.

O ensaio foi instalado numa gleba de 1ha, com plantios consecutivos de alface por 1 ano sem rotação de culturas, da Fazenda Catete, situada no município de Ilícinea, na região do Sul de Minas Gerais, com alta infestação de *M. javanica*.

Após a colheita, os sistemas radiculares de alface foram arrancados manualmente e o ensaio foi montado no esquema de blocos casualizados, distribuídos em canteiros marcados em nível na área. Para instalar o ensaio, utilizou-se uma área de 200m², com 6 canteiros de 1,2m de largura e 20m de comprimento em nível. Em cada canteiro foram demarcadas 4 parcelas de 3m, com bordaduras comuns de 1m, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos constituíram-se de: 1) solo revolvido e irrigado; 2) solo revolvido sem irrigação; 3) solo não revolvido e irrigado; e 4) solo não revolvido e sem irrigação, considerado como testemunha, em 6 repetições.

O experimento foi iniciado num período de temperaturas elevadas no verão e sem chuvas. Porém, no 8º dia ocorreu uma chuva de 11mm. A coleta inicial das amostras e a instalação do ensaio foram realizados pela manhã com temperatura do ar em 26°C e umidade do solo de 12% na camada de 0 a 20cm de profundidade. O revolvimento do solo foi executado com um trator Valmet modelo 68, utilizando-se rotoencanteiradora de 1,2m de largura a 20cm de profundidade, deixando o solo bem solto e destorroado. Nos tratamentos com irrigação, logo após o revolvimento do solo aplicou-se 10mm de lâmina de água com irrigação por “tripa”, o suficiente para elevar a umidade do solo à capacidade de campo.

Para amostragem, cada parcela foi subdividida em 3 grades de 1m de canteiro. Em cada gride foram obtidas 3 amostras simples, coletadas em pontos distintos com o auxílio de um enxadão, obtendo-se solo até 20cm de profundidade, que era homogeneizado e obtido 500mL de solo para formar a amostra composta. Portanto, de cada parcela obtiveram-se 3 amostras compostas para análise da população de *M. javanica*.

As amostragens foram feitas aos 0, 7 e 14 dias após demarcar as parcelas e aos 45 dias após o transplante das mudas de alface, coincidindo com a colheita, sempre no mesmo local, com base no mapa experimental, coletando-se o mesmo número de amostras por parcela.

A população de juvenis do segundo estágio (J_2) de *M. javanica* no solo foi avaliada através da técnica de Jenkins (1964). Para cada amostra composta foram feitas duas extrações. Os J_2 foram contados em microscópio de objetiva invertida. O valor empregado como estimativa do número de J_2 por amostra foi a média das duas extrações.

Quatorze dias após instalar os tratamentos, realizou-se o transplante de mudas de alface não só na área experimental, mas em toda a área da gleba, utilizando-se procedimentos de rotina na propriedade.

Aos 45 dias após, colheu-se ao acaso uma cabeça de alface em cada subgride, obtendo-se o peso da matéria fresca. Os sistemas radiculares foram colhidos, colocados num becker de 1 litro com água parada e agitados levemente para limpeza. As raízes foram deixadas por 15 minutos numa solução com 0,0015% de Floxina B, que coloriu de vermelho as massas de ovos dos nematóides. Em seguida, foram deixados sobre papel toalha por 10 minutos para obtenção do peso da matéria fresca, seguida da contagem do número de massas de ovos por sistema radicular. Posteriormente, o sistema radicular foi cortado em pedaços de 5mm para extração de ovos pela técnica de Hussey & Barker (1973).

No microscópio de objetiva invertida, estimou-se o número de ovos de *M. javanica* por sistema radicular.

Na coleta inicial de amostras e aos 7 e 14 dias após o estabelecimento dos tratamentos, a população total de nematóides no solo, caracterizada pelo somatório de J₂ e ovos viáveis, isto é, com capacidade patogênica, foi estimada através de bioteste com mudas de tomateiro em bandejas de isopor com 72 células. Para isto, cada célula da bandeja recebeu a mistura de 50mL de substrato agrícola Plantmax[®] com 50mL de solo da amostra composta oriunda do gride no campo, em duas repetições. Nestas células, sementes de tomateiro (*L. esculentum*) da cultivar Santa Clara I 5300 foram semeadas e as bandejas foram mantidas em casa de vegetação própria para a produção de mudas de hortaliças, com umidade controlada com irrigação por nebulização.

Aos 45 dias após o transplântio, cortou-se a parte aérea, e as raízes dos tomateiros foram separadas do solo com substrato e colocadas num becker de 1 litro com água parada, para limpeza. Nas raízes, as massas de ovos foram coradas com Floxina B, como descrito anteriormente. Em seguida, foram deixadas por 10 minutos sobre papel toalha para obtenção do peso da matéria fresca, seguida da contagem do número de massas de ovos por sistema radicular.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e transformados em $\sqrt{x+0,5}$ conforme a necessidade. As variáveis significativas pelo teste F foram agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974). As análises foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR.

4.2 Privação alimentar do juvenil do segundo estágio (J₂) de *Meloidogyne incognita* em água e sua infectividade em condições controladas.

Para explicar parte dos resultados obtidos no experimento de campo, foi montado um ensaio em câmara climatizada. Para isto, ovos de *M. incognita* raça 3 foram extraídos de plantas de tomate mantidas em casa de vegetação, utilizando-se a técnica de Hussey & Barker (1973), e colocados para eclodir J₂ em câmaras de eclosão. Foram utilizados apenas J₂ que eclodiram no terceiro dia de incubação dos ovos.

Bandejas de isopor com 72 células foram preenchidas com substrato agrícola Plantmax[®] e cada célula constituiu a unidade experimental em que foi semeada e desenvolvida a muda de tomateiro por 30 dias.

Os J₂ foram armazenados em “erlenmeyers” e submetidos a 2, 4 ou 6 dias de privação alimentar, em temperaturas de 8, 18 ou 28°C, em água parada ou com borbulhamento. O ensaio foi estabelecido num delineamento inteiramente casualizado, organizado em fatorial de 3 x 3 x 2, sendo 3 períodos de privação alimentar, 3 temperaturas e duas condições de oxigenação da água, mais uma testemunha adicional em 10 repetições.

Os J₂ foram divididos em 3 grupos, para se estabelecerem as 3 temperaturas. Um grupo foi colocado na câmara fria, mantendo-se a temperatura da água a 8°C ± 1. Outro foi colocado numa BOD, mantendo-se a temperatura da água a 18°C ± 1, e o último colocado numa sala climatizada, mantendo-se a temperatura da água a 28°C ± 2.

As temperaturas foram monitoradas através de sensores colocados dentro dos erlenmeyers conectados a cabos, e estes a “datallogers”, os quais registravam os dados simultaneamente. Em cada temperatura, metade dos J₂ foi mantida num erlenmeyer com água parada e a outra num erlenmeyer com borbulhamento de ar.

Em cada período de tempo (0, 2, 4 ou 6 dias), retiraram-se J_2 de cada ambiente para serem inoculados nas mudas de tomate com 30 dias a partir da semeadura. Inocularam-se 2000 J_2 dispersos em 4mL de água, colocados em 1 furo de ± 5 mm de diâmetro feito com o auxílio de um bastão de vidro junto ao caule da muda. A cada inoculação, fez-se avaliação da mobilidade dos J_2 em água. Os J_2 sem movimento foram considerados imóveis. As mudas de tomateiro foram desenvolvidas e mantidas, após a inoculação, em casa de vegetação própria para o desenvolvimento de mudas de hortaliças com umidade controlada via irrigação por nebulização, em condições propícias para o teste de patogenicidade do inóculo, após submetidas as condições acima descritas.

Vinte dias após a inoculação dos J_2 , cortou-se a parte aérea das plantas de tomate. As raízes foram separadas do substrato em água parada num becker de 1 litro. Em seguida, foram deixadas por 10 minutos sobre papel toalha para obtenção do peso da matéria fresca, seguida da contagem do número de galhas por sistema radicular.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e transformados em $\sqrt{x+0,5}$ conforme a necessidade. As variáveis significativas pelo teste F foram submetidas à análise de regressão e agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974). A testemunha foi diferenciada dos demais tratamentos pela análise de contraste. As análises foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Efeito do revolvimento e irrigação do solo na infestação de *Meloidogyne javanica* em alface no campo.

Dinâmica no solo – a densidade populacional e a infectividade de *M. javanica* não diferiram ($P \leq 0,01$) antes do estabelecimento dos tratamentos (0 dia) (Figuras 1 e 2).

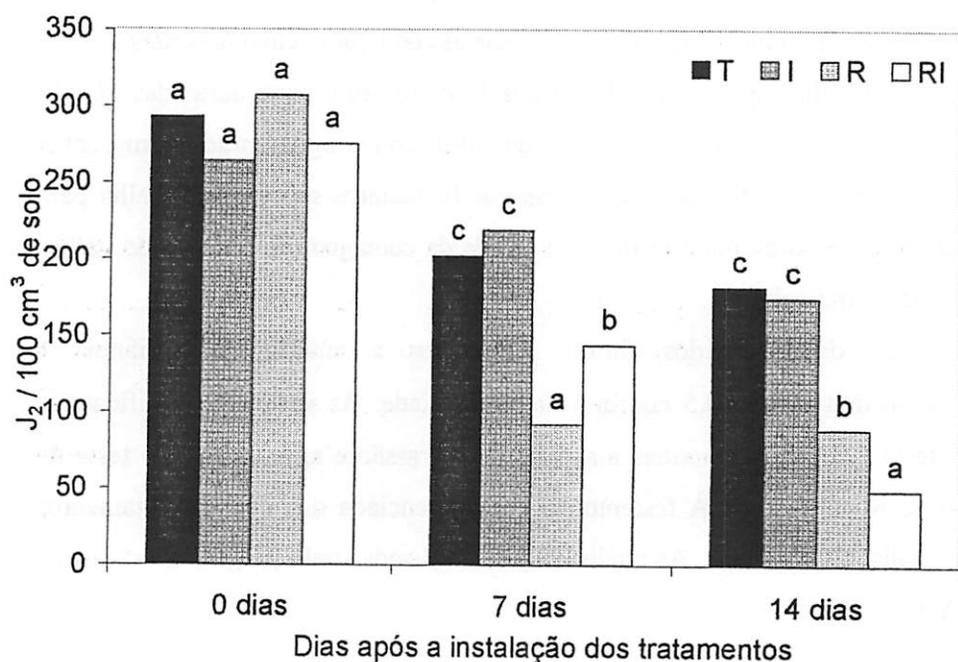


FIGURA 1 – Número de juvenis do segundo estágio (J_2) por 100cm^3 de solo colhido no campo no momento ou aos 7 e 14 dias após o revolvimento do solo (R) e seguido da irrigação (RI), apenas irrigado sem revolvimento (I) ou sem irrigação e revolvimento (T), antes do transplante da alface. Para análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott (1974) ($CV=11,55$).

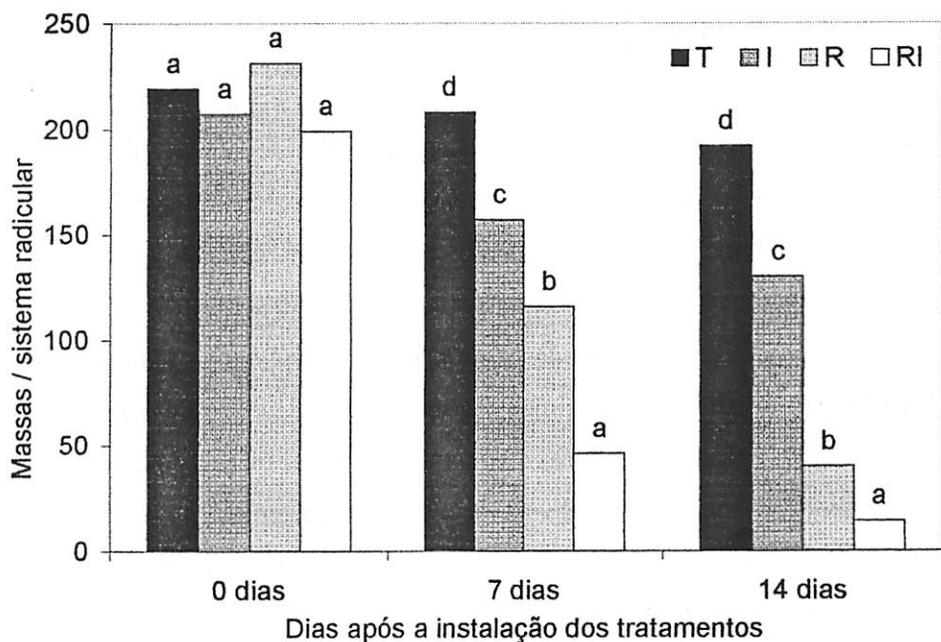


FIGURA 2 – População total de *M. javanica* no solo, avaliado pelo bioteste com tomateiro quantificando-se o número de massa de ovos / muda de tomateiro plantado em solo colhido no campo no momento ou 7 e 14 dias após o revolvimento do solo (R) e seguido da irrigação (RI) ou apenas irrigado sem revolvimento (I), ou sem irrigação e sem revolvimento (T) antes do transplantio da alface. Para análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott (1974) (CV=12.04).

Aos 7 dias após, a população de J_2 no solo das parcelas apenas irrigadas foi semelhante ($P \leq 0,01$) à testemunha (Figura 1). Entretanto, a infectividade foi menor ($P \leq 0,01$) nas parcelas irrigadas, comparadas à testemunha (Figura 2), indicando que parte da população de J_2 não estava infectiva. Esta variação ocorre devido, talvez, à perda de reserva energética corporal do J_2 . Logo após a eclosão, o J_2 tem cerca de 30% do seu corpo em lipídios (Lee & Atkinson, 1977), constituindo a sua reserva energética corporal.

O número de J_2 no solo aos 7 dias, foi o menor ($P \leq 0,01$) dentre todos tratamentos em que apenas se revolveu o solo (Figura 1). Porém, a infectividade expressa em número de massas de ovos nas parcelas revolvidas foi maior, comparada às parcelas revolvidas e irrigadas (Figura 2), indicando que boa parte do inóculo que sobreviveu ao revolvimento estava, talvez, no estágio de ovo, o qual não é extraído pela técnica usada na avaliação de J_2 no solo.

O maior ($P \leq 0,01$) número de J_2 no solo aos 7 dias após os tratamentos nas parcelas que receberam revolvimento e irrigação indica que houve indução eclosão de J_2 pela irrigação. O desenvolvimento embrionar dentro do ovo ocorre em taxa menor, em condições desfavoráveis ao longo do tempo, o que leva boa parte da população de ovos à formação de J_2 , os quais, porém são impedidos de eclodir pela limitação hídrica (Goodell & Ferris, 1989).

Nas condições do ensaio, isto é, período de temperatura alta e irrigação, tais fatores limitantes foram eliminados, conduzindo-os à eclosão. Portanto, a infectividade expressa em número de massa de ovos/planta foi menor ($P \leq 0,01$) nas parcelas que receberam revolvimento e irrigação, comparadas àquelas apenas revolvidas (Figura 2). Isto indica que grande parte da população de J_2 no solo (Figura 1) perdeu a infectividade (Figura 2) devido, talvez, ao decréscimo da reserva energética corporal (Van Gundy et al., 1967) durante esses 7 dias de alqueive. Portanto, sem saber o período de tempo em que o J_2 está livre no solo sem parasitar planta, não se pode inferir sobre a sua patogenicidade e nem prever prejuízos decorrentes de plantio neste solo.

Aos 14 dias após o estabelecimento deste ensaio nas parcelas que receberam apenas a irrigação e na testemunha, o número de J_2 no solo e a infectividade do inóculo foram semelhantes àqueles aos 7 dias (Figuras 1 e 2). Já nas parcelas revolvidas e irrigadas conjuntamente, a população de J_2 no solo foi menor ($P \leq 0,01$) do que naquelas apenas revolvidas. Entretanto, no 8º dia após a instalação dos tratamentos choveu. Desta forma, a umidade no solo pode ter

induzido à eclosão de J_2 , aumentando o n° destes no solo nas parcelas que foram apenas revolvidas, passando a ter o mesmo comportamento daquelas revolvidas e irrigadas conjuntamente, discutidas anteriormente, no período de 7 dias após (Figura 1). Por conseqüência, a infectividade do inóculo das parcelas somente revolvidas e revolvidas e irrigadas aos 14 dias também foi semelhante ($P \leq 0,01$), devido à eclosão de J_2 e, conseqüentemente, à perda de infectividade, igualando-se àquela das parcelas revolvidas e irrigadas. Desta forma, a chuva no 8° dia afetou a análise dos dados aos 14 dias, eliminando o efeito diferencial entre os tratamentos: solo revolvido e revolvido e irrigado simultaneamente.

Aos 45 dias após o transplântio da alface, o número de J_2 no solo da rizosfera da alface foi o mais alto ($P \leq 0,01$) nas parcelas testemunhas (Figura 3A); já naquelas revolvidas e irrigadas, foi o mais baixo ($P \leq 0,01$) (Figura 3A). População semelhante de J_2 no solo ocorreu nas parcelas apenas revolvidas e nas apenas irrigadas ($P \leq 0,01$) (Figura 3A). Esta dinâmica populacional reflete, em parte, a flutuação do inóculo inicial antes do transplântio (Figuras 1 e 2).

Dinâmica do inóculo nas raízes – aos 45 dias após o transplântio da alface, o número de ovos e de massa de ovos por sistema radicular foram os mais altos ($P \leq 0,01$) nas parcelas testemunhas, dentre todos os tratamentos (Figura 3B e C). O número de ovos/planta foi o mais baixo ($P \leq 0,01$) naquelas que receberam revolvimento e irrigação em seguida (Figura 3B), refletindo a condição do inóculo inicial no solo antes do transplântio (Figuras 1 e 2). O número de ovos na raiz foi semelhante nas parcelas apenas revolvidas e naquelas apenas irrigadas (Figura 3B). O número de massa de ovos por sistema radicular da alface foi semelhante ($P \leq 0,01$) nas parcelas revolvidas com ou sem irrigação e naquelas apenas irrigadas (Figura 3C), indicando, talvez, que muitas massas de ovos sob a epiderme não foram estimadas, levando a imperfeições nesta avaliação.

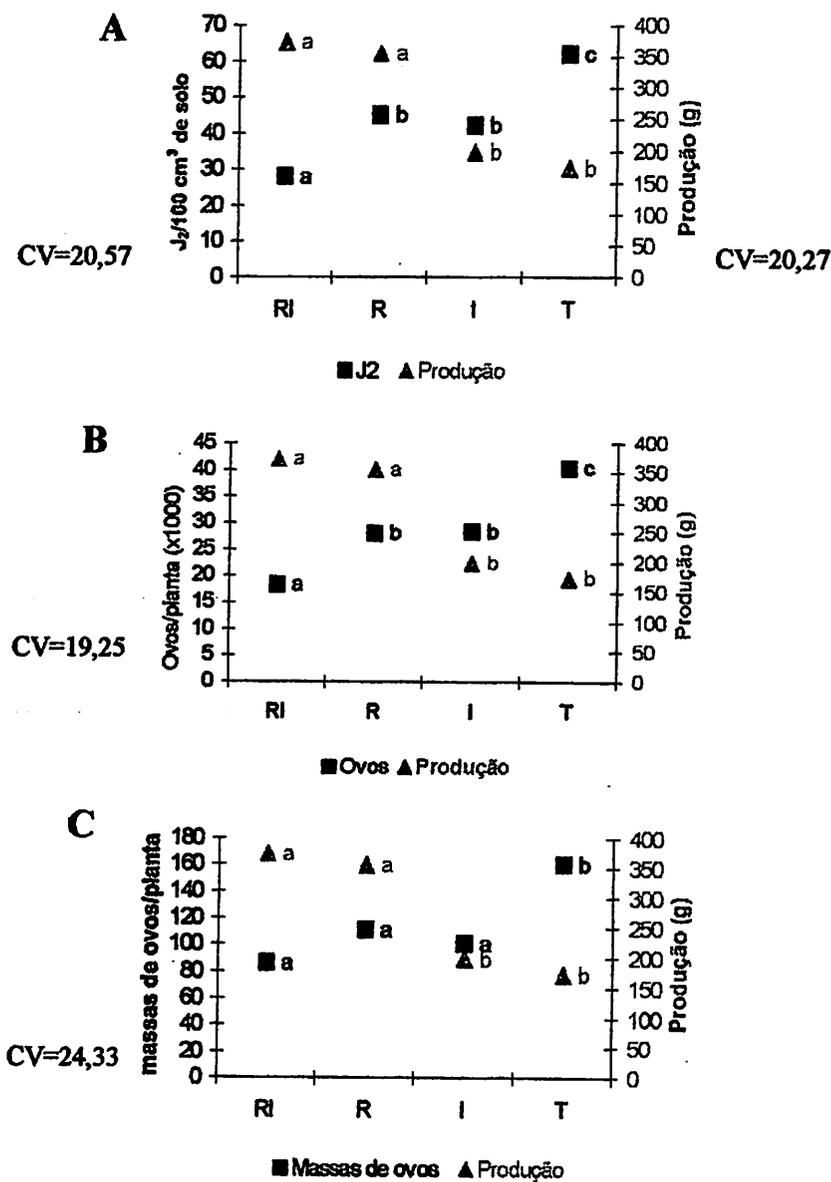


FIGURA 3 – Número de juvenis do segundo estágio (J_2) de *M. javanica* no solo (A), de ovos (B) e massa de ovos (C) por planta de alface, obtidos no campo em solo revolvido (R), seguido de irrigação (RI), apenas irrigado (I), ou sem revolvimento e sem irrigação (T), no peso da cabeça da alface (produção) aos 45 dias após o transplantio das mudas. Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott (1974).

Desenvolvimento vegetativo, produção e as populações de *M. javanica* – O peso de raízes da alface cultivada nas parcelas revolvidas e o das parcelas revolvidas e irrigadas não diferiram significativamente e foram maiores ($P \leq 0,01$) em comparação às parcelas testemunha e apenas irrigadas (Tabela 1). A diferença foi devido ao menor dano nas raízes pela baixa população de *M. javanica* no solo no momento do transplântio (Figuras 1 e 2), ocasionado pelo revolvimento conjuntamente ou não com a irrigação.

TABELA 1 – Peso da matéria fresca das raízes e da cabeça da alface, cultivadas no campo em áreas revolvidas (R), irrigadas (I), revolvidas e irrigadas (RI) e não revolvidas e nem irrigadas (T), 14 dias antes do transplântio.

Manejo do Solo e da água	Peso de raízes (g) (CV=21,09)*	Peso da cabeça (g) (CV=20,27)**	Produtividade (kg / ha)
RI	18.2 a	373 a	22380
R	18.9 a	355 a	21300
I	14.3 b	198 b	11880
T	13.2 b	173 b	10380

Tratamentos seguidos de mesmas letras não diferem estatisticamente ao nível de 5% (*) ou 1% (**) de significância pelo teste Scott & Knott (1974).

5.2 Privação alimentar do juvenil do segundo estágio (J_2) de *M. incognita* em água e sua infectividade em condições controladas.

A porcentagem de imobilização dos J_2 de *M. incognita* aumentou no período de 2 a 6 dias de privação alimentar e com a temperatura de 8 a 28°C (Figura 4A), porém foi inversamente proporcional à infectividade desse inóculo (Figura 5A). Isto indica que os J_2 imóveis perdem a capacidade de infectar a

planta ao longo do tempo. Entretanto, apesar de terem ocorrido apenas 36,8% de J_2 móveis entre aqueles incubados por 6 dias a 28°C, no bioteste, não se originou quase nenhuma galha.

Poucas massas de ovos foram encontradas na avaliação aos 20 dias. Muitas delas tinham poucos ou nenhum ovo. A privação alimentar na incubação, provavelmente afetou a fisiologia da reprodução do nematóide. O borbulhamento da água de incubação aumentou ($P \leq 0,01$) a imobilização dos J_2 , comparado com a água parada (Figura 4A), e diminuiu ($P \leq 0,01$) a infectividade expressa em galha por sistema radicular (Figura 5). Este efeito, contudo, não foi diretamente ligado ao O_2 dissolvido na água, já que medições feitas com um oxímetro acusaram nível semelhante de O_2 na água borbulhada e parada. O borbulhamento, muito comum nos laboratórios de Nematologia, provoca grande movimentação do J_2 , levando-o, talvez, ao maior uso da reserva corporal pela excitação do movimento muscular, mesmo que involuntário, chegando a um limite de energia corporal inferior àquele capaz de propiciar a penetração. Van Gundy et al. (1967) verificaram que os J_2 de *Meloidogyne incognita* perdem a patogenicidade quando o nível de lipídeo reduz de 40-50% do seu total.

Mais detalhadamente, a 8°C, a porcentagem dos J_2 imobilizados foi baixa e semelhante ($P \leq 0,01$) em água parada e borbulhada, em todas os períodos de privação alimentar (Figura 4B). Contudo, a infectividade expressa em galhas por sistema radicular foi sempre maior nesta temperatura, comparada com as demais (Figura 5B), e semelhante ($P \leq 0,01$) entre J_2 mantido em água parada ou borbulhada (Figura 5B), indicando que o borbulhamento não afetou a infectividade nesta temperatura. O número de galhas aos 6 dias, quando os J_2 foram mantidos a 8°C em água com borbulhamento, foi 26,7% menor do que aquele aos 2 dias, porém quando comparado com a da testemunha, esta perda chegou a 42% (Figura 5). A diminuição da atividade muscular do nematóide nesta temperatura talvez tenha evitado perda significativa das reservas

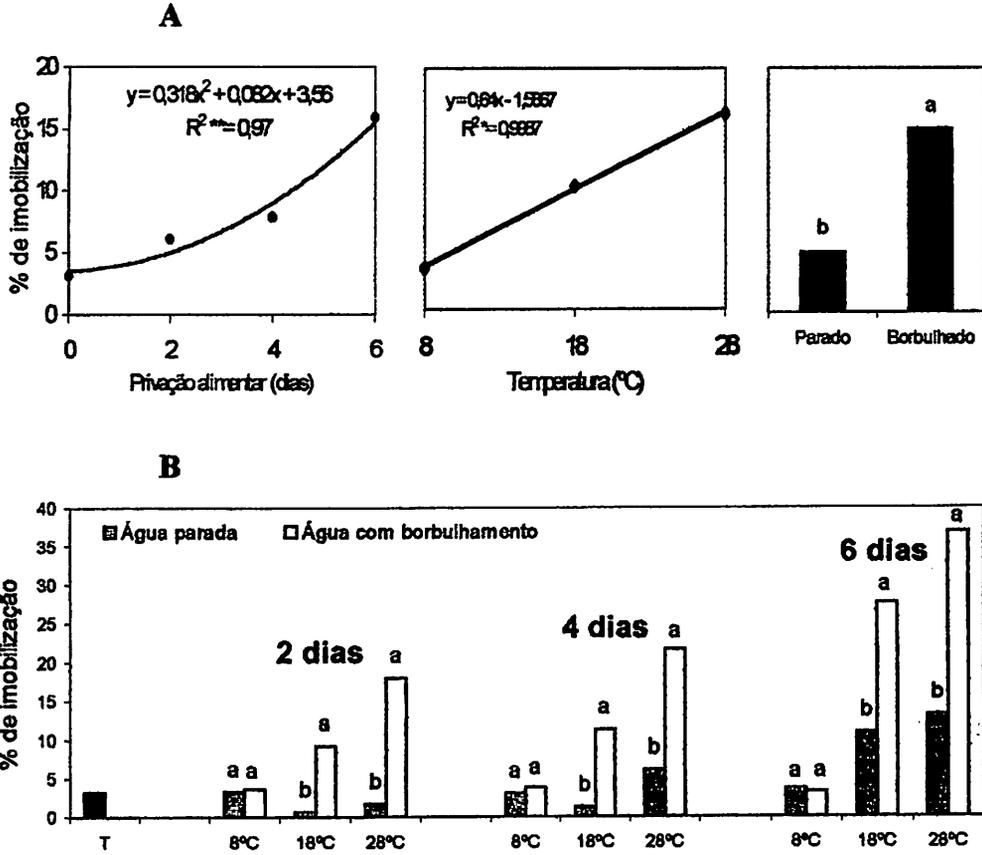


FIGURA 4 – Efeito de períodos de privação alimentar em água parada e borbulhada, em diferentes temperaturas, do juvenil do segundo estágio de *M. incognita* na % de imobilização. A) Regressão simples, B) Regressão tripla. Letras diferentes diferem estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott (1974) (CV=24,12).

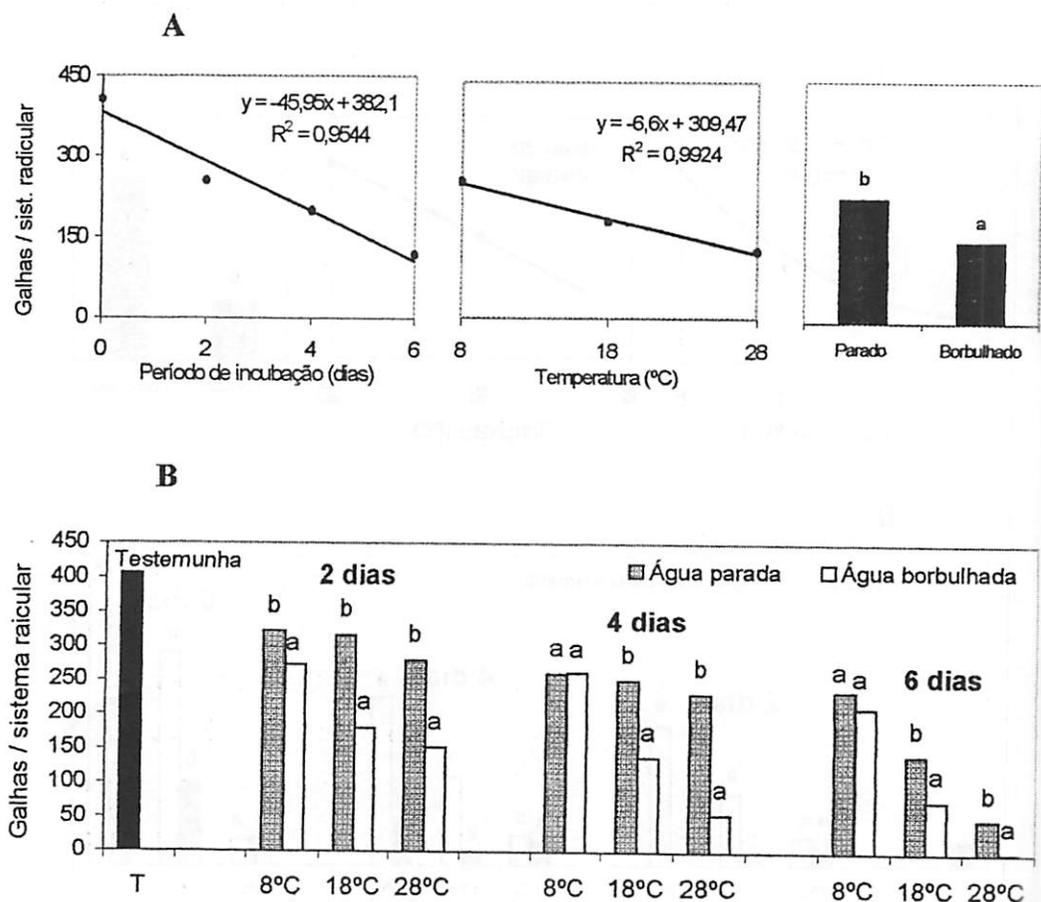


FIGURA 5 – Efeito de períodos de privação alimentar em água parada e com borbulhamento, em diferentes temperaturas, do juvenil do segundo estágio de *M. incognita* no número de galhas por sistema radicular do tomateiro. A) Regressão simples, B) Regressão tripla. Letras diferentes diferem estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott (1974) (CV=16,31).

energéticas corporais, mesmo no período de 6 dias de privação alimentar. Da mesma forma, a agitação da suspensão pelo borbulhamento não deve ter aumentado o gasto desta reserva.

A 18°C, a porcentagem de J_2 imobilizados, principalmente em água borbulhada, foi intermediária entre aquela aos 8 e 28°C; entretanto, a imobilização foi maior ($P \leq 0,01$) na água borbulhada do que na parada em todos os períodos de privação alimentar testados (Figura 4A). A infectividade, contudo, expressa em galhas/sistema radicular, foi maior quando J_2 foram incubados em água parada em qualquer período de tempo (Figura 5B), indicando que a imobilização leva os J_2 à perda da infectividade ou à morte.

Maior duração da privação alimentar diminuiu o número de galhas/planta. Contudo, maior redução da infectividade ocorreu a partir do 4º dia de privação alimentar. A redução do número de massa de ovos aos 2, 4 e 6 dias de privação alimentar foi, respectivamente, 49, 61 e 80% em relação à testemunha, quando os J_2 foram incubados a 18°C em água parada (Figura 5).

A 28°C, a porcentagem de J_2 imobilizados foi mais elevada entre todas as temperaturas testadas e maior ($P \leq 0,01$) em água borbulhada do que na parada, em qualquer período de privação alimentar (Figura 4A). Entretanto, a infectividade expressa em galhas/sistema radicular foi mais elevada ($P \leq 0,01$) em água parada do que sob borbulhamento (Figura 5B); novamente os J_2 imobilizados perderam a capacidade infectiva ou morreram, semelhantemente àqueles incubados a 18°C (Figura 5B). Foi grande a redução do número de galhas aos 6 dias de incubação dos J_2 a 28°C em água com borbulhamento com porcentagens de 58, 87 e 99,7%, aos 2, 4 e 6 dias, respectivamente, em relação à testemunha.

Embora ocorra redução da infectividade dos J_2 incubados por 2 ou 4 dias em água parada, comparados com a testemunha, a diferença entre temperaturas é pequena nesses períodos de tempo. Contudo, de 4 para 6 dias de incubação,

ocorreram grandes reduções nas temperaturas de 18 e 28°C, chegando aos 6 dias com 88% de redução na infectividade dos J₂ incubados a 28°C. Com o borbulhamento já aos 4 dias de incubação em água, a diferença entre temperaturas é enorme, aumentando ainda mais aos 6 dias, chegando a quase 0% de infectividade a 28°C. Portanto, o borbulhamento, em vez de aumentar o vigor dos J₂, leva-os à perda da infectividade ou à morte, com efeitos mais drásticos em temperaturas mais elevadas.

O período de 6 dias de privação alimentar do J₂ diminui drasticamente a infectividade em temperaturas superiores a 18°C.

6 CONCLUSÕES

- 1) As diferenças encontradas entre a técnica de Jenkins (1964) e o bioteste indicam que grande parte dos J₂ encontrados no solo não eram mais infectivos e que a ausência destes no solo não pode ser vista como garantia de que não haja nematóides viáveis.
- 2) A irrigação logo após o alqueive do solo aumenta sua eficiência na redução populacional de *M. incognita*, induzindo a eclosão dos J₂, os quais, em poucos dias movimentando-se no solo, perdem sua infectividade.
- 3) O revolvimento e a irrigação têm alvos diferentes no processo de redução populacional de *Meloidogyne* sp.; daí se constituírem fatores aditivos no processo de redução populacional desses fitonematóides.
- 4) O revolvimento seguido de irrigação constituirá em tática de controle eficaz na redução populacional de *M. javanica*, evitando o uso de longa rotação de cultura, que diminui a rentabilidade do produtor por área e por ano.
- 5) Chuvas incidentes em solo revolvido sem plantas hospedeiras reduzem a população de nematóides.
- 6) A imobilização do J₂ aumenta com a temperatura e com o período de incubação, porém reflete em redução da infectividade muito maior.
- 7) O borbulhamento de suspensões de J₂ de *M. incognita* leva a perda da infectividade mais rápida à temperatura de 28°C e mais lenta a 8°C.
- 8) J₂ incubados em água parada só apresentam variação na perda da infectividade por interferência da temperatura após 4 dias de incubação.
- 9) J₂ perdem a infectividade muito antes de perderem a mobilidade.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, V. P. Sobrevivência de *Meloidogyne javanica* no solo e em raízes de tomateiros. *Summa Phytopathologica*, Jaguariúna, v. 13, n. 3/4, p. 191-196, jul./dez. 1987.

CAMPOS, V. P.; CAMPOS, J. R.; SILVA, L. H. C. P.; DUTRA, M. R. Manejo de nematóides em hortaliças. In: SILVA, L. H. C. P.; CAMPOS, J. R.; NOJOSA, G. B. A. *Manejo integrado: doenças e pragas em hortaliças*. Lavras: UFLA, 2001. p.125-158.

DI VITO, M. N. G.; CARELLA, A. Population densities of *Meloidogyne incognita* and yield of *Capsicum annuum*. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 17, n. 1, p. 45-49, Jan. 1985.

DUTRA, M. R.; CAMPOS, V. P. Efeito do preparo do solo na população dos nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 21., 1998, Maringá. *Anais...* Maringá, 1998. p.45.

GOODELL, P. B.; FERRIS, H. Influence of environmental factors on the hatch and survival of *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 21, n. 3, p. 328-334, July 1989.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp. , including a new technique. *Plant Disease Reporter*, St Paul, v. 57, p. 1025-1028, 1973.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, St Paul, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.

LEE, D. L.; ATKINSON, H. J. *Physiology of nematodes*. New York: Columbia University Press, 1977. 215p.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis means in the analysis of variance. *Biometrics*, North Carolina, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

STARR, J. L. Recovery and longevity of Egg Masses of *Meloidogyne incognita* during simulated winter survival. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 25, n. 2, p. 244-248, June 1993.

VAN GUNDY, S. D.; BIRD, A. F.; WALLACE, H. R. Aging and starvation in juvenile or *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans*. *Phytopathology*, St. Paul, v. 57, n. 6, p. 559-571, June 1967.

2 ABSTRACT

DUTRA, Marcos Roberto. Soil and water management affecting *Meloidogyne incognita* population and infectivity in greenhouse and viability of galls and eggs as inoculum after incubation in soil at different temperatures. In: **Soil and water management for controlling root knot nematodes (*Meloidogyne* sp.) and “in vitro” studies on temperature and humidity on their infectivities.** 2002. p. 112-131. Dissertation Master Program in Phytopathology – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

M. incognita second stage juveniles (J_2) population fluctuation and its infectivity by biotest were studied in plowed greenhouse soil, irrigated or not, compared to plot without plowing nor irrigation called control and to plots irrigated only, during 14 days. “In vitro”, the inoculum infectivity avaliated by bioteste, was studied after incubation of *M. incognita* galls or eggs in dried or wet soils at temperatures of 8, 18 and 28°C, during 15 days. At 7 days, among all treatments, *M. incognita* J_2 population reduction ($P \leq 0,01$) in soil occurred in plowed plots, only. The infectivity, however, avaliated by biotest, was least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated soil, indicating losses of pathogenic capacity of high J_2 population resulted from hatch induction by irrigation. At 14 days, reduction in J_2 population level in soil occurred in all treatments due to starvation in this period, but least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots, followed by plowed soil. Equally ($P \leq 0,01$) high J_2 population in soil occurred in control and only irrigated soil. The infectivity, in this time period, was different ($P \leq 0,01$) among all treatments, although least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots followed by plowed plots. The inoculum infectivity resulted from *M. incognita* incubated galls or eggs in soil was lower in dried than wet soil during the entire time period in all tested temperatures. Decrease on infectivity occurred at 5 days of galls and eggs incubation in soil, in all temperature tested, but greater in dried soil. At 10 days, however, the incubation of galls or eggs at 18°C gave the best infectivity, but the worst at 8°C. At 15 days, although the inoculum infectivity level in any incubation temperature was low, the 8 and 28°C incubation temperatures caused the greatest reductions.

* Guidance committee: Vicente Paulo Campos – UFLA (Major Professor) and Nilson Salvador – UFLA.

1 RESUMO

DUTRA, Marcos Roberto. Manejo do solo e da irrigação na população e infectividade de *Meloidogyne incognita* em cultivo protegido e viabilidade de galhas e ovos como inóculo após incubação no solo em diversas temperaturas. In: Manejo do solo e da água no controle de nematóides de galhas (*Meloidogyne* sp.) e estudos “in vitro” da temperatura e umidade na infectividade desses patógenos. 2002. p.112-131. Dissertação Mestrado em Fitopatologia – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. *

A flutuação populacional de J_2 de *M. incognita* e sua infectividade através de bioteste, foram estudadas em solo revolvido com ou sem irrigação, comparado com aquele não revolvido e nem irrigado, considerado testemunha, e com aquele apenas irrigado, em casa de vegetação até 14 dias após. “In vitro”, estudou-se a infectividade do inóculo resultante da incubação de ovos e de galhas provocada por *M. incognita* em solo seco e úmido em temperaturas de 8, 18 e 28°C durante 15 dias. Aos 7 dias, dentre todos tratamentos, apenas ocorreu redução ($P \leq 0,01$) na população de J_2 no solo nas parcelas revolvidas. A infectividade, contudo, avaliada em bioteste, foi menor ($P \leq 0,01$) apenas quando o solo foi revolvido e irrigado, indicando perda da capacidade patogênica de elevada população de J_2 induzida à eclosão pela irrigação. Aos 14 dias, em todos os tratamentos ocorreu redução da população e infectividade dos J_2 devido ao período de privação alimentar. Maior redução na população de J_2 no solo aos 14 dias ocorreu com o revolvimento do solo, seguido daquele revolvido e irrigado. A infectividade de *M. incognita*, dentre todos os tratamentos, foi mais baixa ($P \leq 0,01$) quando o solo foi revolvido e irrigado, porém todos os tratamentos diferiram ($P \leq 0,01$) entre si. A infectividade do inóculo resultante da incubação tanto de galhas como de ovos em solo foi menor ($P \leq 0,01$) em solo seco, comparado com o úmido, durante todo o período do ensaio, e decrescente com o tempo de incubação em qualquer temperatura. Logo aos 5 dias de incubação já ocorreu grande redução na infectividade do inóculo tanto de galhas como de ovos, porém com efeito semelhante nas diversas temperaturas de incubação, e em maior intensidade no solo seco. Aos 10 dias, contudo, a incubação a 18°C proporcionou melhor infectividade, e a 8°C, a pior. Aos 15 dias, embora o nível de infectividade do inóculo em qualquer temperatura de incubação do solo tenha sido baixo, as temperaturas de 8 e 28°C causaram as maiores reduções.

* Comitê de Orientação: Vicente Paulo Campos – UFLA (Orientador) e Nilson Salvador – UFLA.

2 ABSTRACT

DUTRA, Marcos Roberto. Soil and water management affecting *Meloidogyne incognita* population and infectivity in greenhouse and viability of galls and eggs as inoculum after incubation in soil at different temperatures. In: Soil and water management for controlling root knot nematodes (*Meloidogyne* sp.) and “in vitro” studies on temperature and humidity on their infectivities. 2002. p. 112-131. Dissertation Master Program in Phytopathology – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.*

M. incognita second stage juveniles (J_2) population fluctuation and its infectivity by biotest were studied in plowed greenhouse soil, irrigated or not, compared to plot without plowing nor irrigation called control and to plots irrigated only, during 14 days. “In vitro”, the inoculum infectivity avaliated by bioteste, was studied after incubation of *M. incognita* galls or eggs in dried or wet soils at temperatures of 8, 18 and 28°C, during 15 days. At 7 days, among all treatments, *M. incognita* J_2 population reduction ($P \leq 0,01$) in soil occurred in plowed plots, only. The infectivity, however, avaliated by biotest, was least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated soil, indicating losses of pathogenic capacity of high J_2 population resulted from hatch induction by irrigation. At 14 days, reduction in J_2 population level in soil occurred in all treatments due to starvation in this period, but least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots, followed by plowed soil. Equally ($P \leq 0,01$) high J_2 population in soil occurred in control and only irrigated soil. The infectivity, in this time period, was different ($P \leq 0,01$) among all treatments, although least ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots followed by plowed plots. The inoculum infectivity resulted from *M. incognita* incubated galls or eggs in soil was lower in dried than wet soil during the entire time period in all tested temperatures. Decrease on infectivity occurred at 5 days of galls and eggs incubation in soil, in all temperature tested, but greater in dried soil. At 10 days, however, the incubation of galls or eggs at 18°C gave the best infectivity, but the worst at 8°C. At 15 days, although the inoculum infectivity level in any incubation temperature was low, the 8 and 28°C incubation temperatures caused the greatest reductions.

* Guidance committee: Vicente Paulo Campos – UFLA (Major Professor) and Nilson Salvador – UFLA.

3 INTRODUÇÃO

O cultivo comercial de hortaliças em estufas plásticas é uma atividade consolidada e crescente, em maior concentração nas proximidades das grandes concentrações urbanas. A capacidade de produção intensiva em estufas atende à grande demanda desses locais, tanto em quantidade quanto em qualidade de produtos hortifrutigrangeiros. A cobertura plástica evita os danos causados por chuvas torrenciais, além de manter boas condições de temperatura durante todo o ano e proporcionar um ganho térmico tanto nas temperaturas do ar como do solo (Buriol et al., 1993; Schneider et al., 1993). Por outro lado, o cultivo intensivo leva ao aumento da população dos nematóides de galhas (Madulu & Trudgill, 1994) obrigando o produtor a implementar táticas de controle para produzir hortaliças de qualidade.

O controle de doenças com produtos químicos para esterilizar o solo e programas curativos/preventivos podem ser eficientes, entretanto, são oneroso e concorrem negativamente para a imagem dos produtos (Medeiros et al., 2001). A necessidade de produzir hortaliças sem agrotóxicos, aliada ao uso intensivo da área, impossibilita o produtor a fazer rotação com cultura sem interesse econômico para o seu mercado. Com esse intuito, muitos pesquisadores buscam alternativas de controle que viabilizem o uso desta área economicamente. O alqueive de curta duração, isto é, por 30 a 45, dias tem propiciado boa redução da população de *Meloidogyne* spp. (Campos, 1987; Di Vito & Carella, 1985).

A prática de solarização pode ser empregada com sucesso no controle de patógenos do solo, porém há necessidade de grande insolação para se alcançarem melhores resultados (Streck, 1994). O juvenil do segundo estágio (J₂) de *M. incognita* perde 50-60% da reserva energética lipídica em 32 dias de incubação a 27°C em água e, conseqüentemente, não infecta mais seu hospedeiro (Van Gundy et al., 1967).

A umidade de -300KPa impossibilita a eclosão do J_2 , porém não impede o desenvolvimento embrionário, aumentando a população de ovos no estágio embrionar bem avançado (Starr, 1993).

A manipulação da umidade em ambiente de temperatura elevada, durante certo período, pode reduzir o poder infectante do inóculo no solo. Este manejo, portanto, poderá constituir-se em tática de controle no futuro. Desta forma, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a população de J_2 e a infectividade de *M. incognita* após o manejo do solo e da água em casa de vegetação e estudar a infectividade de galhas e de ovos de *M. incognita* incubados no solo por períodos de tempo em diversas temperaturas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Efeito do revolvimento e irrigação do solo na população e infectividade de *M. incognita* em casa de vegetação.

O ensaio foi instalado em casa de vegetação cultivada anteriormente com tomate seguido de alface, apresentando alta infestação de *M. incognita* raça 3. Após a colheita da alface, os seus sistemas radiculares foram arrancados manualmente. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho com 69% de argila, 14% de silte e 17% de areia.

O ensaio foi instalado numa área de aproximadamente 50m², em canteiros nos quais foram estabelecidos 24 parcelas em esquema experimental inteiramente casualizado, cada uma com 1,44m² de área útil (1,2 x 1,2 m). Os tratamentos constituíram-se de: 1) solo revolvido e irrigado; 2) solo revolvido sem irrigação; 3) solo não revolvido e irrigado; e 4) solo não revolvido e não irrigado, considerado como testemunha, em 6 repetições.

O experimento foi iniciado num período de temperaturas elevadas. A coleta inicial das amostras e a instalação do ensaio foram realizados pela manhã, com temperatura do ar em 26°C e umidade do solo em 12% na camada de 0 a 18cm de profundidade. O revolvimento do solo foi realizado com um trator da marca Agrale, modelo 4100, utilizando-se rotoencanteiradora de 1,2m de largura a 20cm de profundidade, deixando o solo bem solto e destorroado. Nos tratamentos com irrigação, logo após o revolvimento do solo aplicaram-se 10mm de lâmina de água manualmente, utilizando regadores, o suficiente para elevar a umidade do solo à capacidade de campo.

As amostragens foram feitas no momento da instalação do ensaio, aos 7 e 14 dias após, sempre no mesmo local. Em cada parcela foram coletadas 3 amostras simples em pontos distintos, as quais eram misturadas e delas obtidas

apenas uma amostra composta de 500mL de solo. A população de juvenis do segundo estágio (J_2) de *Meloidogyne javanica* nessas amostras foi avaliada através da técnica de Jenkins (1964). Para cada amostra foram feitas duas extrações. Os J_2 foram contados em microscópio de objetiva invertida. O valor empregado como estimativa do número de J_2 por amostra foi a média das duas extrações.

Na coleta inicial de amostras, e aos 7 e 14 dias após o estabelecimento dos tratamentos, a população total de nematóides no solo foi caracterizada pelo somatório de J_2 e ovos com embriões viáveis, isto é, com capacidade patogênica, a qual foi estimada através de bioteste com mudas de tomateiro em bandejas de isopor com 72 células. Para isto, cada célula da bandeja recebeu a mistura de 50 mL de substrato Plantmax[®] com 50mL de solo da amostra composta oriunda da parcela, em duas repetições. Nestas células, sementes de tomateiro (*L. esculentum*) da cultivar Santa Clara I 5300 foram semeadas e as bandejas mantidas em casa de vegetação própria para a produção de mudas de hortaliças, com umidade controlada com irrigação por nebulização.

Aos 45 dias após a semeadura, cortou-se a parte aérea e as raízes dos tomateiros foram separadas do solo com substrato num becker de 1 litro com água parada. A seguir, o sistema radicular foi colocado por 15 minutos numa solução com 0,0015% de Floxina B para colorir de vermelho as massas de ovos dos nematóides. Em seguida, foram deixadas por 10 minutos sobre papel toalha para obtenção do peso da matéria fresca, seguida da contagem do número de massas de ovos por sistema radicular.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e transformados em $\sqrt{x+0,5}$ conforme a necessidade. As variáveis significativas pelo teste F foram agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974). As análises foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR.

4.2 Incubação de galhas de *M. incognita* raça 3 no solo e a sua viabilidade como inóculo em condições controladas.

Para explicar parte dos resultados obtidos no experimento de campo, foi montado um ensaio em câmara climatizada, incubando-se galhas no solo. Utilizaram-se galhas de *M. incognita* raça 3 do mesmo padrão quanto ao tamanho, as quais foram obtidas de tomateiros, 45 dias após a inoculação, e mantidas em casa de vegetação.

Antes de montar o ensaio, foi avaliado o número de ovos dentro da fêmea e na massa de ovos. Para isto, 10 galhas escolhidas ao acaso foram colocadas num frasco de 200mL com hipoclorito 0,5%, agitado manualmente por 5 minutos e extraídos ovos pela técnica de Hussey & Barker (1973). As galhas remanescente foram, então, colocadas em liqüidificador com 200mL de hipoclorito de sódio 0,5%, extraindo-se ovos pela mesma técnica. Encontraram-se, em média, 1166 ovos por galha, sendo 84,6% dos ovos na massa de ovos e o restante dentro da galha.

O solo empregado na incubação das galhas foi do tipo Latossolo Vermelho com 69% de argila, 14% de silte e 17% de areia, o qual foi peneirado em peneira de 20 Mesh.

A capacidade deste solo em reter água foi de 33,8% na capacidade de campo (-10,13KPa) e 23,8% no ponto de murcha permanente (-1519KPa). No ensaio, empregaram-se 33,8% de umidade para o solo caracterizado como úmido e 10% para solo seco. A umidade em cada copo foi corrigida a cada dois dias com água destilada.

Copo plástico de 200mL de volume, com 150g do solo acima descrito constituiu a unidade experimental. No centro deste copo, colocou-se um molde de gesso revestido por parafina no mesmo formato, tamanho e volume das células da bandeja de isopor com 128 células, nas quais mudas de tomate

estavam sendo crescidas para uso neste ensaio. Ao seu redor foi colocado o solo descrito anteriormente, o qual foi previamente autoclavado por 1 hora a 120°C, deixado esfriar e repetido o processo.

Em cada copo, colocaram-se 4 galhas em 4 furos de ± 5 mm de diâmetro, feitos no solo com o auxílio de um bastão de vidro na profundidade de ± 3 cm ao redor do molde de gesso. Na testemunha (0 dia), logo após a infestação do solo, trocaram-se os moldes de gesso por muda de tomateiro com 30 dias a contar da sementeira. Os demais copos com solo e infestados com galhas foram colocados em bandejas e divididos em 3 grupos para se estabelecerem as 3 temperaturas. Um deles foi colocado na câmara fria, mantendo-se a temperatura do solo a $8^{\circ}\text{C} \pm 1$; outro foi colocado numa BOD, mantendo-se a temperatura do solo a $18^{\circ}\text{C} \pm 1$, e o último colocado numa sala climatizada, mantendo-se a temperatura do solo a $28^{\circ}\text{C} \pm 2$.

Desta forma, as galhas foram submetidas a 5, 10 ou 15 dias de incubação, em temperaturas de 8, 18 ou 28°C, em solo úmido ou seco. O ensaio foi estabelecido num delineamento experimental inteiramente casualizado organizado em fatorial de $3 \times 3 \times 2$, sendo 3 períodos de incubação, 3 temperaturas do solo e dois teores de umidade, mais uma testemunha adicional em 5 repetições. As temperaturas foram monitoradas através de sensores colocados dentro dos copos e conectados a cabos, e estes a “datallogers”, os quais registravam os dados simultaneamente.

Paralelamente, sementes de tomate foram semeadas em bandeja com células do mesmo formato e tamanho dos referidos moldes de gesso citados anteriormente, para serem usadas 30 dias após, no bioensaio.

Aos 5, 10 ou 15 dias após a incubação das galhas, retiraram-se os moldes de gesso e, no local, sem causar distúrbio no solo ao redor, foi transplantada uma muda de tomate. Os copos transplantados com mudas foram levados para a sala climatizada em que estavam as testemunhas e mantidos com

temperatura e umidade do solo a $28^{\circ}\text{C} \pm 2$ e 33,8%, respectivamente, num fotoperíodo de 14 horas, cujas condições eram propícias para o teste de patogenicidade do inóculo após submetido às condições acima descritas.

Trinta dias após o transplântio das mudas de tomate, cortou-se a parte aérea. Nas raízes, as massas de ovos foram coradas com Floxina B. Em seguida, foram deixadas por 10 minutos sobre papel toalha para possibilitar a avaliação do peso da matéria fresca das raízes, seguido da contagem do número de galhas e massas de ovos por sistema radicular.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. As variáveis significativas pelo teste F foram submetidas a análise de regressão e agrupadas pelo teste de Scott & Knott (1974). A testemunha foi diferenciada dos demais tratamentos pela análise de contraste. As análises foram realizadas pelo programa estatístico SISVAR.

4.3 Incubação de ovos de *M. incognita* no solo e a sua viabilidade como inóculo em condições controladas.

Estudaram-se as mesmas condições de temperatura e umidades descritas em 4.2, empregando-se 2000 ovos de *M. incognita* raça 3, extraídos pela técnica de Hussey & Barker (1973), por copo, distribuídos em 4 furos ao redor do molde de gesso, como descrito anteriormente.

O bioensaio com mudas, condução e avaliação do experimento seguiram os mesmos critérios descritos em 4.2.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Efeito do revolvimento e irrigação do solo na população e infectividade de *M. incognita* em casa de vegetação.

A densidade populacional e a infectividade de juvenis do segundo estágio (J_2) de *M. incognita* foram semelhantes em todas as parcelas antes do estabelecimento dos tratamentos (Figuras 1 e 2). Sete dias após, o revolvimento do solo reduziu significativamente o número de J_2 (Figura 1) talvez pela dessecação do solo, a qual inibe a eclosão do J_2 (Goodell & Ferris, 1989). A infectividade do inóculo do solo revolvido, expressa em número de massa de ovos por muda de tomate, não diferiu entre a testemunha e as parcelas apenas irrigadas (Figura 2). Este fato pode ter ocorrido, talvez, pela presença de ovos remanescentes no solo, os quais não são avaliados pela técnica de extração de J_2 do solo e podem ter resistido à perda de umidade, servindo de inóculo no bioteste.

Quando o solo foi revolvido e irrigado, a população de J_2 aos 7 dias foi significativamente maior do que naquele apenas revolvido (Figura 1), demonstrando que o revolvimento seguido de irrigação estimulou a eclosão de J_2 . A sua infectividade expressa em número de massa de ovos por muda de tomate, entretanto, foi reduzida ($P \leq 0,01$) (Figura 2), indicando que muitos J_2 não tiveram capacidade de penetração no hospedeiro apesar de estarem presentes no solo (Figura 1). Possivelmente, no solo antes da irrigação, muitos ovos estavam em estágio avançado do desenvolvimento embrionar, ou mesmo com J_2 , porém impedidos de eclodirem devido à limitação, talvez da umidade, o que veio a acontecer com a irrigação. Entretanto, essa mesma população de J_2 livre no solo sem hospedeiro durante este período deve ter perdido grande parte da reserva lipídica corporal, impossibilitando a penetração no tomateiro.

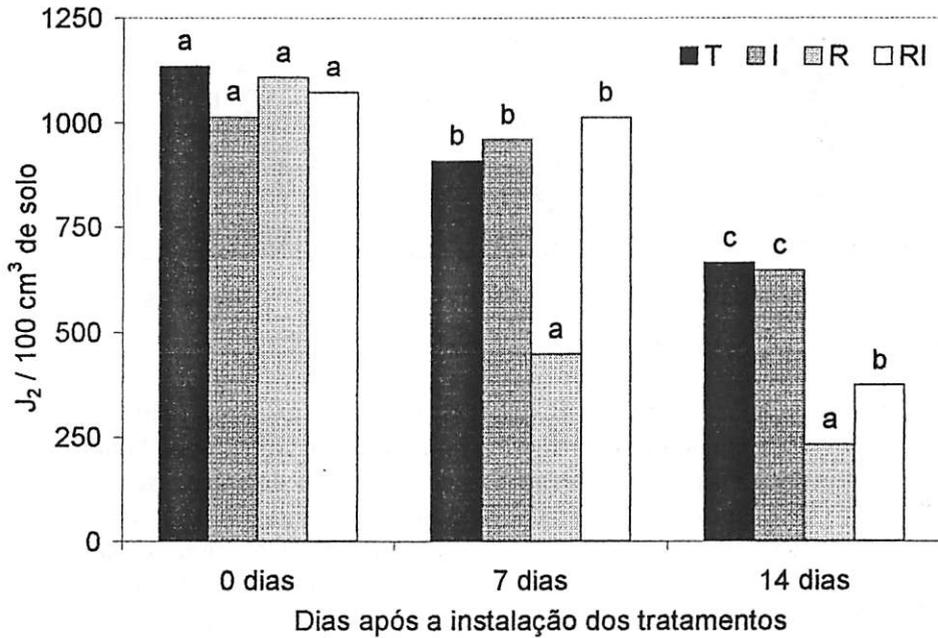


FIGURA 1 – Número de juvenis do segundo estágio (J_2) por 100 cm³ de solo colhido na casa de vegetação no momento ou aos 7 e 14 dias após o revolvimento do solo (R) e seguido da irrigação (RI), apenas irrigado sem revolvimento (I) ou sem irrigação e revolvimento (T), após a instalação do ensaio. Para análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott (1974) (CV=10,14).

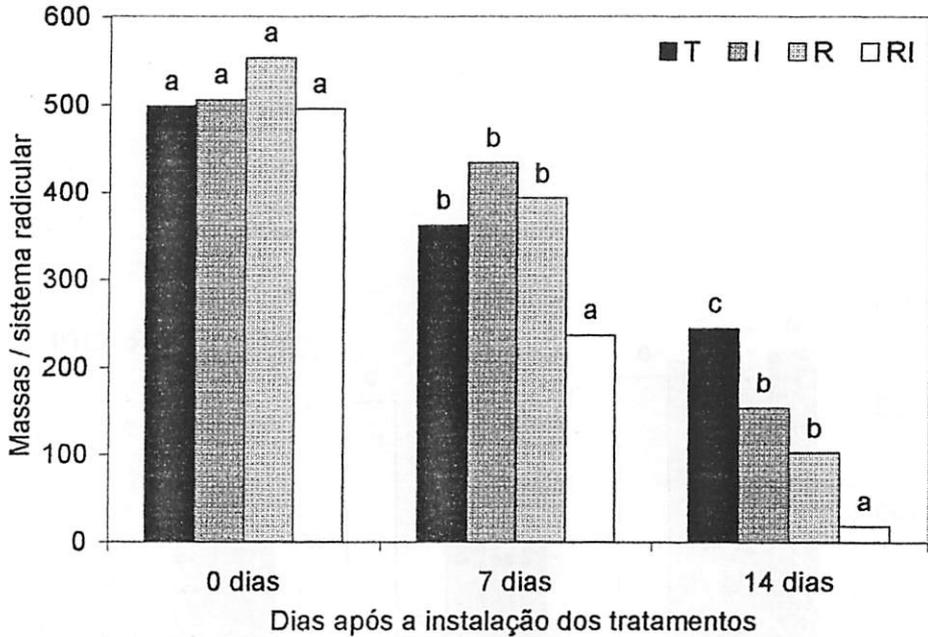


FIGURA 2 – População total de *M. incognita* no solo, avaliada pelo bioteste com tomateiro, expressa em número de massa de ovos / muda de tomateiro no momento do estabelecimento do ensaio aos 7 e 14 dias após o revolvimento do solo (R) e seguido da irrigação (RI), apenas irrigado sem revolvimento (I) ou sem irrigação e revolvimento (T). Para análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott (1974) (CV=11,36).

Quatorze dias após, o nível de inóculo em todas parcelas foi reduzido, no mínimo em 30% se comparado com aquele em 7 dias (Figura 1). Isto indica que um pousio, mesmo que breve, já reduz a população de J_2 de *M. incognita*. Entretanto, nas parcelas revolvidas com ou sem irrigação, a redução de J_2 foi ainda maior ($P \leq 0,01$). População de J_2 maior ($P \leq 0,01$) foi observada em solo revolvido e irrigado, comparada com aquela nas parcelas apenas revolvidas, cujo comportamento foi semelhante àquele aos 7 dias (Figura 1), devido à indução à eclosão J_2 pelo aumento da umidade no solo. A infectividade do inóculo no solo

aos 14 dias, avaliada em número de massa de ovos por muda de tomate, foi diferente ($P \leq 0,01$) entre todos os tratamentos, chegando a 96% de redução nas parcelas revolvidas e irrigadas (Figura 2) pela maior eclosão, movimentação e gasto energético dos juvenis no solo. Van Gundy et al. (1967) verificaram perda na infectividade relacionada com a redução de 50 a 60% das reservas energéticas lipídicas de J_2 de *M. javanica*.

5.2 Incubação de galhas de *M. incognita* no solo e a sua viabilidade como inóculo em condições controladas.

A incubação de galhas no solo mesmo com 5 dias reduziu a infectividade do patógeno, com queda progressiva até os 15 dias. No solo seco, em qualquer período de tempo e temperatura, esta redução foi maior ($P \leq 0,01$), comparado com o úmido (Figuras 3A e B). A redução da umidade do solo foi o fator de maior relevância na redução da população de *M. incognita*. A baixa umidade do solo inibe a eclosão do J_2 antes de afetar o desenvolvimento embrionário (Starr, 1993).

Aos 5 dias de incubação das galhas, a infectividade do inóculo no solo foi alta e semelhante em todas temperaturas estudadas (Figura 3A e B). Com o prolongamento do período, as temperaturas de 8 e 28°C foram mais detrimenais na redução populacional de *M. incognita* (Figura 3A e B). A incubação a 8°C talvez tenha sido letal para grande população de embriões dentro dos ovos, pois os ovos predominam na população deste nematóide dentro das massas de ovos e dentro das fêmeas. Vrain (1978) constatou aumento de aproximadamente 3 vezes na porcentagem de ovos anormais ou não viáveis na temperatura de 10°C, quando comparada com 20°C.

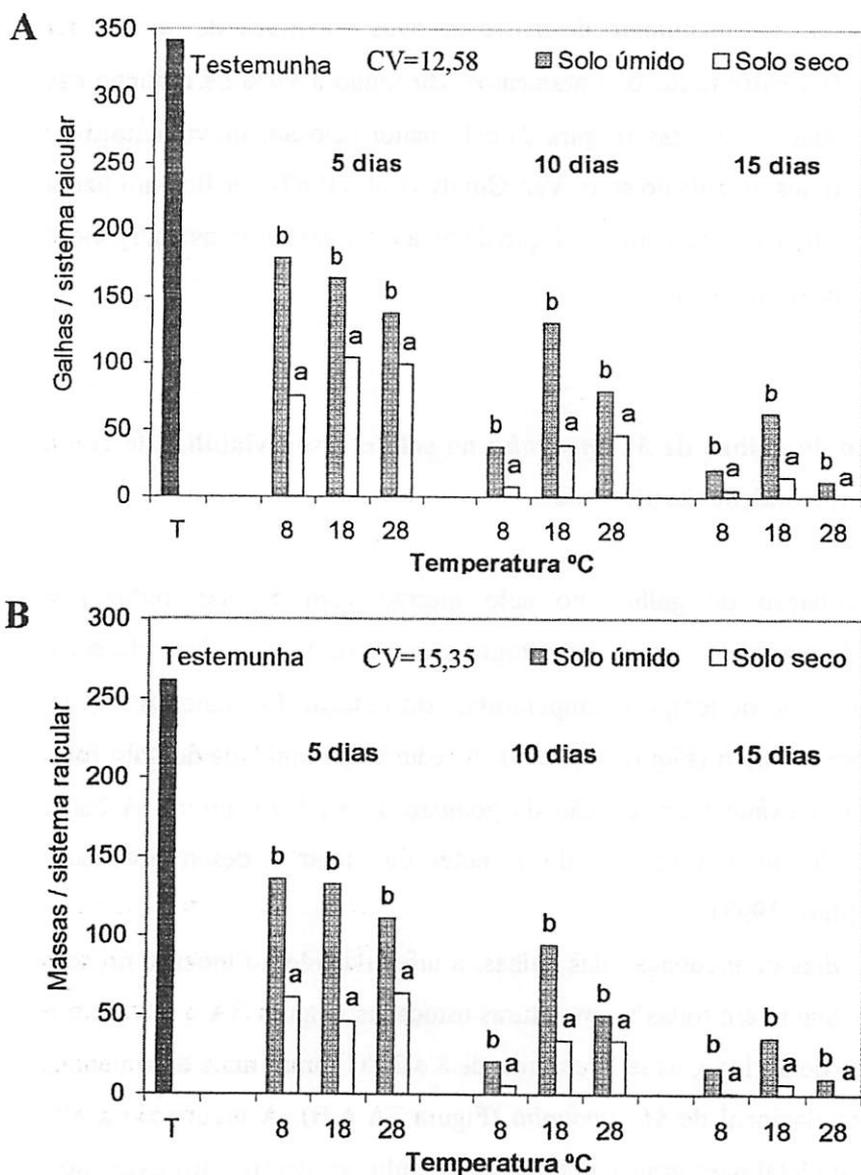


FIGURA 3 - Efeito do tempo e de níveis de umidade na incubação de galhas de *Meloidogyne incognita* no solo a 8, 18 e 28°C. A) número de galhas/sistema radicular; B) número de massas/sistema radicular. Para análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Letras diferentes diferem estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott (1974).

A 28°C, ocorreu eclosão de J₂, porém ocorreu perda da infectividade devido ao uso da reserva energética corporal na movimentação no solo sem a presença do hospedeiro. J₂ de *Meloidogyne* perdem a sua infectividade na mesma razão do seu metabolismo. Essa ativação em seu metabolismo leva-o a um consumo maior das reservas do corpo (Van Gundy et al., 1967). Bergerson (1959) constatou declínio rápido na capacidade de infestação a 26,7°C, levando-o à perda da infectividade e morte.

A 18°C a temperatura foi, talvez, adequada para o desenvolvimento embrionário e penetração e não deve ter ocorrido perda drástica da reserva corporal, já que a movimentação deste nematóide no solo pode ter sido menor. Reservas do J₂ são gastas mais rapidamente a temperaturas mais elevadas e conservadas em temperaturas inferiores (Goodell & Ferris, 1989).

5.3 Incubação de ovos de *M. incognita* no solo e a sua viabilidade como inóculo em condições controladas.

Redução gradativa ocorreu também no inóculo resultante da incubação de ovos no solo ao longo dos 15 dias (Tabela 4A e B) como aconteceu com a incubação de galhas no solo. Maior ($P \leq 0,01$) redução ocorreu na infectividade de ovos de *M. incognita* incubados em solo seco, comparado com o úmido (Figuras 4A e B), resultado semelhantes aos dados obtidos com a incubação de galhas descritos anteriormente.

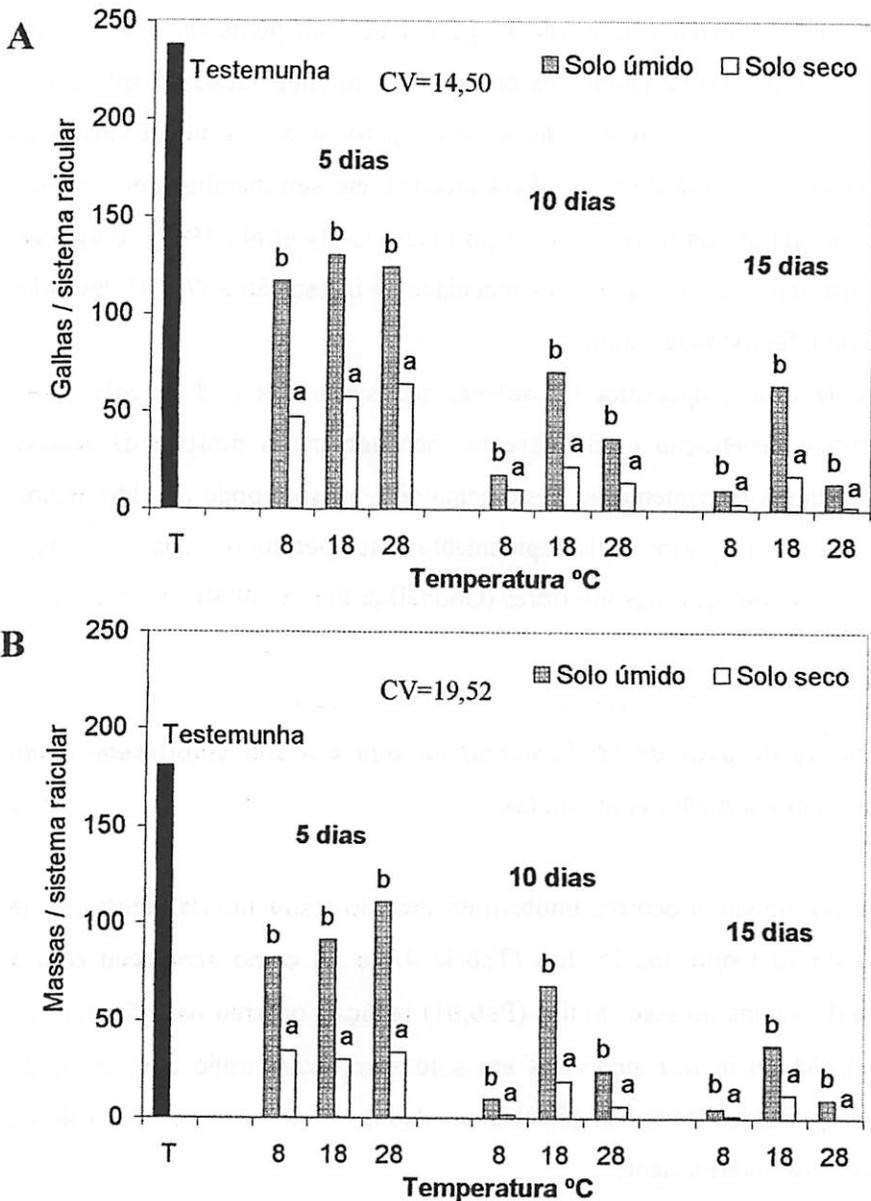


FIGURA 4 - Efeito do tempo e de níveis de umidade na incubação de ovos de *Meloidogyne incognita* no solo a 8, 18 e 28°C. A) número de galhas/sistema radicular; B) número de massas/sistema radicular. Para análise estatística, os dados foram transformados em $\sqrt{x+0,5}$. Letras diferentes diferem estatisticamente ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott (1974).

6 CONCLUSÕES

- 1) O revolvimento do solo aumentou a eficiência do alqueive, atuando mais intensivamente na redução populacional de *J₂* livre no solo.
- 2) As diferenças encontradas entre a técnica de Jenkins (1964) e o bioteste indicam que grande parte dos *J₂* encontrados no solo não eram mais infectivos e que a ausência destes no solo não pode ser vista como garantia de que não haja nematóides viáveis.
- 3) A irrigação logo após o alqueive do solo aumenta sua eficiência na redução populacional de *M. incognita*, induzindo a eclosão dos *J₂*, os quais, em poucos dias movimentando-se no solo, perdem sua infectividade.
- 4) O revolvimento e a irrigação têm alvos diferentes no processo de redução populacional de *Meloidogyne* sp. e constituem, por isso, fatores aditivos no processo de redução populacional desses fitonematóides.
- 5) A perda da viabilidade de galhas e ovos como inóculo no solo aumenta com o período de incubação, com maior intensidade nas temperaturas extremas de 8 e 28°C.
- 6) O inóculo no solo perde a viabilidade mais rapidamente em solo seco.
- 7) Redução elevada na infectividade do inóculo de *M. incognita* em solo úmido ocorre a partir do 10º dia de incubação em qualquer temperatura.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGERSON, G. B. The influence of temperature on the survival of some species of the genus *Meloidogyne* in the absence of a host. *Nematologica*, Leiden, v. 4, n. 4, p. 344-354, Dec. 1959.

CAMPOS, V. P. Sobrevivência de *Meloidogyne javanica* no solo e em raízes de tomateiros. *Summa Phytopathologica*, Jaguariúna, v. 13, n. 3/4, p. 191-196, jul./dez. 1987.

BURIOL, G. A.; SCHNEIDER, F. M.; ESTAFANEL, V. Modificação da temperatura mínima do ar causada por estufas de polietileno transparente de baixa intensidade. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 43-49, 1993.

DI VITO, M. N. G.; CARELLA, A. Population densities of *Meloidogyne incognita* and yield of *Capsicum annum*. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 17, n. 1, p. 45-49, Jan. 1985.

GOODELL, P. B.; FERRIS, H. Influence of environmental factors on the hatch and survival of *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 21, n. 3, p. 328-334, July 1989.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp. , including a new technique. *Plant Disease Reporter*, St Paul, v. 57, p. 1025-1028, 1973.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, St Paul, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.

MADULU, J. D.; TRUDGILL, D. L. Influence of temperature on the development and survival of *Meloidogyne javanica*. *Nematologica*, Leiden, v. 40, n. 2, p. 230-243, Apr. 1994.

MEDEIROS, L. A. M.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; BONNERCARRÈRE, R. A. G. Crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) conduzida em estufa plástica com fertirrigação em substratos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 199-204, 2001.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis means in the analysis of variance. *Biometrics*, North Carolina, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SCHNEIDER, F. M.; BURIOL, G. A.; ANDRIOLO, J. L. Modificação na temperatura do solo causada por estufas de polietileno de baixa densidade em Santa Maria, RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 37-42, 1993.

STARR, J. L. Recovery and longevity of Egg Masses of *Meloidogyne incognita* during simulated winter survival. *Journal of Nematology*, Lawrence, v. 25, n. 2, p. 244-248, June 1993.

STRECK, N. A. **Potencial físico da região de Santa Maria para solarização do solo em estufa plástica.** 1994. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

VAN GUNDY, S. D.; BIRD, A. F.; WALLACE, H. R. Aging and starvation in juvenile or *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans*. *Phytopathology*, St. Paul, v. 57, n. 6, p. 559-571, June 1967.

VRAIN, T. C. Influence of chilling and freezing temperatures on infectivity of *M. incognita* and *M. hapla*. *Journal of Nematology*, De Leon Springs, v. 10, n. 2, p. 177-180, Apr. 1978.