

Manejo do Solo e da Irrigação como Nova Tática de Controle de *Meloidogyne incognita* em Feijoeiro*

Marcos Roberto Dutra & Vicente Paulo Campos

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Fitopatologia, Laboratório de Nematologia, Cx. Postal 37, 37200-000, Lavras, MG, Brasil, e-mail: mrdutra@ufla.br

(Aceito para publicação em 27/06/2003)

Autor para correspondência: Marcos R. Dutra

DUTRA, M.R. & CAMPOS, V.P. Manejo do solo e da irrigação como nova tática de controle de *Meloidogyne incognita* em feijoeiro. Fitopatologia Brasileira 28:608-614. 2003.

RESUMO

A população de *Meloidogyne incognita* e sua infetividade foram estudadas em parcelas amostradas a zero, dois e 14 dias após o revolvimento do solo com ou sem irrigação, irrigadas sem revolvimento e testemunha. Na amostragem aos dois dias após a instalação do ensaio, ocorreu maior redução ($P \leq 0,01$) de juvenis do segundo estágio (J_2) no solo apenas revolvido seguido pelo revolvido e irrigado. A infetividade do inóculo do solo, contudo, foi menor ($P \leq 0,01$) quando se revolheu e irrigou o solo comparado com aquele apenas revolvido. Aos 14 dias, a menor ($P \leq 0,01$) população de J_2 foi observada no solo revolvido e irrigado, seguido do revolvido, e elevada naquele apenas irrigado e na testemunha. A infetividade do inóculo do solo aos 14 dias continuou mais baixa no solo revolvido e irrigado. Aos 45 dias após a semeadura, a população de J_2 continuou mais baixa

($P \leq 0,01$) onde o solo foi revolvido e irrigado. O número de ovos por feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) no campo aos 90 dias também foi mais baixo ($P \leq 0,01$) no solo revolvido e irrigado. Maior ($P \leq 0,01$) peso das raízes e da parte aérea dos feijoeiros no campo foi observado em plantas crescidas em solo apenas revolvido, e no revolvido e irrigado. A produção de feijão no solo revolvido e irrigado posteriormente foi quatro vezes maior que a testemunha, porém todos os tratamentos diferiram-se entre si. A irrigação como prática agrícola para aumentar a eficácia do alqueive no controle de fitonematóides tem sido postulada por alguns pesquisadores, mas nunca provada experimentalmente, o que agora foi realizada.

Palavras-chave adicionais: revolvimento, controle de fitonematóides, *Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT

Soil and water management as a new tactic, for controlling *Meloidogyne incognita* in *Phaseolus vulgaris*

Population of *Meloidogyne incognita* were evaluated in the soil and by biotesting. The population fluctuation of *M. incognita* was also studied during the beans (*Phaseolus vulgaris*) life cycle. Two days after the treatments in the field, plowing, without irrigation was found to be the most efficient in reducing J_2 population ($P \leq 0,01$), followed by plowed-irrigated plots. The soil inoculum infectivity, however, was lower ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots than in plowed soil only. At 14 days, the lowest ($P \leq 0,01$) J_2 population was observed in plowed-irrigated plots, followed by plowed soil. The infectivity at 14 days was different ($P \leq 0,01$) for all treatments, but lowest ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated plots. At 45 days after bean planting in the field,

the J_2 population in soil was, also, different ($P \leq 0,01$) for all treatments, but still the lowest ($P \leq 0,01$) in plowed-irrigated soil 14 days before seeding. At 90 days, in the field, the numbers of eggs and egg-masses per bean plant, and the numbers of J_2 in the soil were also the lowest ($P \leq 0,01$) 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 in only irrigated plots. Crop yield was different in all treatments ($P \leq 0,01$). The greatest ($P \leq 0,01$) bean yield occurred in plowed-irrigated plots 14 days before seeding with an increased productivity of four times compared to the control. Irrigation as a way of increasing effectiveness against plant parasitic nematodes has been previously postulated but never proved experimentally, as it was accomplished in this work.

INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é um bom hospedeiro de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & Write) e *M. javanica* (Treub) (Vieira, 1993). As perdas devido ao ataque de nematóides podem chegar a 50-90% (Zaumeyer & Thomas, 1957; Freire & Ferraz, 1977; Agudelo, 1980).

O alqueive ou pousio, realizado em campo após a eliminação das raízes das plantas infetadas, é eficaz na redução populacional de *Meloidogyne* spp., mesmo quando realizado

por um curto período. Campos (1987) e Di Vito & Carella (1985) alcançaram redução de 63% e 86,7% nas populações de *M. javanica* em tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) e de *M. incognita* em pimentão (*Capsicum annuum* L.), respectivamente, aos 30 dias após a eliminação das plantas atacadas. Também, o simples revolvimento do solo eliminou 54% da população de *M. javanica* remanescente no solo num período de 72 h (Dutra & Campos, 1998).

A rotação com cultura não hospedeira é outro método de controle dos nematóides de galhas, recomendado em culturas como feijoeiro (Vieira, 1993; Paula & Zambolim, 1998). Entretanto, por questões econômicas, muitos produtores não

*Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor. Universidade Federal de Lavras (2002). Pesquisa financiada pelo CNPq e FAPEMIG.

aceitam fazê-la, ou mesmo deixar o terreno por 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), culminando com a saída do juvenil de segundo estágio (J_2) do ovo, levando consigo reservas energéticas corporais basicamente lipídicas e glicogênicas (Chitwood, 1998), cuja perda de parte dela leva à redução da sua infetividade (Van Gundy *et al.*, 1967). Além disto, o J_2 necessita ter o corpo envolto por uma película de água. Essas fragilidades do J_2 poderão ser exploradas em novas medidas de controle desses patógenos.

A região Sudeste do Brasil, com inverno frio e seco contrastando com o verão, impõe condições desfavoráveis para o crescimento populacional de fitonematóides e o desenvolvimento 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, existindo períodos com temperaturas adequadas ao desenvolvimento embrionário, o que leva grande parte da população desses patógenos à condição de J_2 dentro do ovo, permanecendo sem eclodir devido às restrições de temperatura e/ou umidade (Starr, 1993; Campos *et al.*, 2001). Vrain & Barker (1978) e Goodell & Ferris (1989), trabalhando com ovos de *M. 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 que pode limitar o crescimento populacional de fitonematóides não só no inverno, mas também em períodos de interrupção de chuvas no verão, denominados veranico. Queda da umidade do solo a -300 KPa (solo seco) inibe a eclosão, levando à sobrevivência de juvenis dentro dos ovos (Goodell & Ferris, 1989), prontos a eclodir após a superação desse fator limitante. Alguns pesquisadores têm lançado a hipótese de pousio úmido, isto é, irrigação do solo durante o pousio para o controle de fitonematóides, porém, sem comprovação experimental (Wallace, 1968; Apt, 1976). Starr (1993) observou que baixa umidade do solo inibe a eclosão, porém propiciando, ainda que lento, o desenvolvimento do embrião. Portanto, mesmo sob condições adversas, o desenvolvimento embrionário atinge o estágio de J_2 dentro do ovo, porém a eclosão só ocorrerá em condições propícias de temperatura e umidade, às quais o hospedeiro também estará sendo submetido (Campos *et al.*, 2001).

Embora os efeitos da temperatura, umidade e a relação entre a reserva energética corporal e a infetividade já sejam conhecidos (Van Gundy *et al.*, 1967), ainda não foram conciliados de modo prático no controle de nematóides em campo, trazendo, inclusive, questionamentos sobre o potencial do J_2 no solo como inóculo viável, alguns dias após a eclosão. Suprindo ao mesmo tempo, esses dois fatores ambientais limitantes da eclosão (temperatura e umidade), J_2 serão liberados no solo e, na falta de hospedeiro, perderão a infetividade. Portanto, o solo e a irrigação poderão ser manipulados abreviando o período de pousio, com maior

redução populacional de *Meloidogyne* spp., propiciando, talvez, a instalação de cultura de ciclo curto e minimizando as perdas na produção pela presença desse nematóide, o que não tem sido enfatizado nas pesquisas em campo.

Desta forma, este trabalho teve como objetivos: estimular a eclosão de J_2 de *M. incognita* no campo, manipulando a umidade do solo em épocas de temperaturas altas e, estudar o efeito do revolvimento seguido ou não da irrigação no controle de *M. incognita* em feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi instalado em uma área de 80 ha, com média de 58 J_2 de *M. incognita* por 100 cm³ de solo, 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. A identificação da espécie *M. incognita* foi realizada por meio de cortes perineais e de eletroforese de isoenzimas em nematóides coletados em vários locais da área experimental. O solo foi classificado como Neossolo quartzarênico com 86% de areia, 1% de silte e 13% de argila; com 8,43% e 4,52% de umidade na capacidade de campo e ponto de murcha permanente, respectivamente. A área foi anteriormente cultivada com feijão, seguida de milho (*Zea mays* L.). O milho foi colhido três 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 fita métrica, tendo como referência a estrada de acesso ao centro do pivô e o rastro das suas rodas.

Delimitou-se uma área experimental de 50 x 96 m (4.800 m²), na qual foram estabelecidas 20 parcelas, cada uma com 120 m² de área útil. Cada parcela foi dividida em cinco subparcelas de 24 m² (3 x 8 m). Cada subparcela foi dividida em três partes (8 m² cada), onde foram obtidas as amostras simples (três por subparcela), as quais foram misturadas e delas obtida uma amostra composta de 500 cm³ representativa da subparcela. Portanto, de cada parcela obtiveram-se cinco amostras compostas para análise da população de *M. incognita*.

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

O experimento foi iniciado em janeiro de 2001, sob intenso veranico. A coleta inicial das amostras e a instalação do ensaio foram realizadas pela manhã, com temperatura do ar em 32 °C e 45% de UR às 9:00 h. A temperatura na superfície do solo era de 39,5 °C. A 15 cm de profundidade, a temperatura era de 18 °C, e a umidade de 7%, neste perfil, medida em laboratório. O revolvimento do solo foi executado com trator John Deere 7500, utilizando escarificador de sete hastes na profundidade de 26 cm a 10 km/h, seguido da operação de gradagem com grade intermediária de 14 discos de 70 cm, sendo os discos da seção dianteira recortados, e os da traseira lisos, a 13 cm de profundidade na velocidade de 8 km/h, deixando o solo bem

solto e destorroado. Nos tratamentos com irrigação, logo após o revolvimento do solo e naquelas parcelas sem revolvimento, aplicaram-se 10,8 mm de lâmina de água pelo pivô central.

Quatorze dias após a instalação dos tratamentos, realizou-se a semeadura de feijoeiro, cv. Pérola, com semeadura/adubadura própria para plantio direto, a qual foi empregada também nas parcelas em que o solo foi revolvido (Tratamentos 1 e 2) não só na área experimental, mas também em toda área do pivô, iniciando-se pela região em que se localizava o experimento, utilizando-se procedimentos de rotina na propriedade.

As amostragens foram feitas a zero, dois 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 20 cm de profundidade em cada ponto de amostragem, homogeneizava-se, obtendo-se 500 cm³ de solo, que formou a amostra composta. Aos 45 e 90 dias após o plantio, coletaram-se também amostras na rizosfera do feijoeiro, num raio de 20 cm, no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, coletando-se solo e todo o sistema radicular de uma planta nessa área, em cada ponto de amostragem. As raízes foram separadas do solo manualmente no campo. No laboratório, foram colocadas em becker de 1 litro com água parada e agitadas levemente para limpeza total, seguindo-se da coloração das massas de ovos por imersão das raízes por 5 min em solução 0,0015% de Floxina B. A seguir, as raízes foram deixadas sobre papel toalha por 10 min e obtido o peso da matéria fresca, seguida da contagem do número de massas de ovos por sistema radicular. Os sistemas radiculares dos feijoeiros foram, então, cortados em pedaços de 5 mm para extração de ovos pela técnica de Hussey & Barker, (1973). Em microscópio (Nikon TMS-F) de objetiva invertida, estimou-se o número de ovos de *M. incognita* por sistema radicular.

Aos 45 dias, a parte aérea dessas plantas foi separada das raízes, colocada em saco de papel e seca por 48 h a 60 °C, avaliando-se, em seguida, o peso da matéria seca da parte aérea de plantas coletadas em cada ponto de amostragem. Aos 90 dias, avaliou-se a produtividade de grãos, para a qual os feijoeiros foram ceifados e deixados no campo por dois dias para secagem. Em cada parcela experimental avaliou-se a produção de grãos em oito linhas de 0,4 x 2,0 m. A produtividade de grãos por parcela foi corrigida para 13% de umidade.

A população de *M. incognita* foi avaliada nas amostras de solo obtidas no campo antes e após o plantio do feijoeiro pelo método de Jenkins (1964), extraindo-se J₂ livres por 100 cm³ de 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 das cinco subparcelas de amostragem.

Na coleta inicial de amostras, bem como aos dois e 14 dias após o estabelecimento dos tratamentos, a população total de nematóides em cada amostra de 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, 50 cm³ de cada amostra de solo colhida no campo foi misturada com 50 cm³ de substrato Plantmax® e colocada em uma célula da bandeja, com duas repetições por amostra. Nestas células, sementes de tomateiro da cv. Santa Clara I 5300 foram semeadas e após a germinação deixou-se apenas uma plântula por célula. 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 em solução de Floxina B como descrito anteriormente, seguido da contagem do número de massas de ovos por sistema radicular obteve-se o peso da matéria fresca das raízes.

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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dinâmica do inóculo no solo antes do plantio do feijoeiro

A densidade populacional e a infetividade da população total de *M. incognita* foram semelhantes em todas as parcelas no momento do revolvimento ou irrigação do solo (0 dia), isto é, antes do estabelecimento dos tratamentos (Figuras 1 e 2).

Dois dias após, o número de J₂ no solo e a infetividade em tomateiro da população total nas parcelas revolvidas (R) revolvidas e irrigadas posteriormente (RI) foram menores (P≤0,01) do que naquelas apenas irrigadas (I) e testemunhas (T) (Figuras 1 e 2). O revolvimento, por conseguinte, reduziu a população de J₂ devido, talvez, ao maior ressecamento e variação da temperatura do solo. A temperatura ao nível do solo às 14:00 h, no dia da instalação do ensaio chegou a 59 °C, sendo que a 15 cm de profundidade foi de 23 °C nas parcelas que receberam revolvimento, contrastando com aquelas não revolvidas, em que a temperatura, nesta mesma profundidade, era de apenas 18 °C. Omat *et al.* (1999) encontraram menor população de *M. arenaria* após dois meses de alqueive em solo revolvido do que em não revolvido. O revolvimento do solo alterou a população de *M. incognita*, diferentemente (P≤0,01) com ou sem irrigação (Figura 1 e 2). Nas parcelas revolvidas a população de J₂ no solo (Figura 1) foi maior (P≤0,01) quando se irrigou (RI) devido à indução da eclosão dos juvenis já formados nos ovos, os quais se encontravam em dormência devido à falta de umidade (Starr, 1993; Jones *et al.*, 1998; Campos *et al.*, 2001). Em condições moderadas de seca no campo, o mecanismo de sobrevivência permite ao nematóide desenvolver-se embrionariamente, mas não eclodir, evitando que o juvenil fique livre no solo antes da presença do hospedeiro (Starr, 1993; Jones *et al.*, 1998; Campos *et al.* 2001). A população total e infetiva, contudo, avaliada pelo bioteste, foi maior (P≤0,01) nas parcelas R do que naquelas RI, devido à

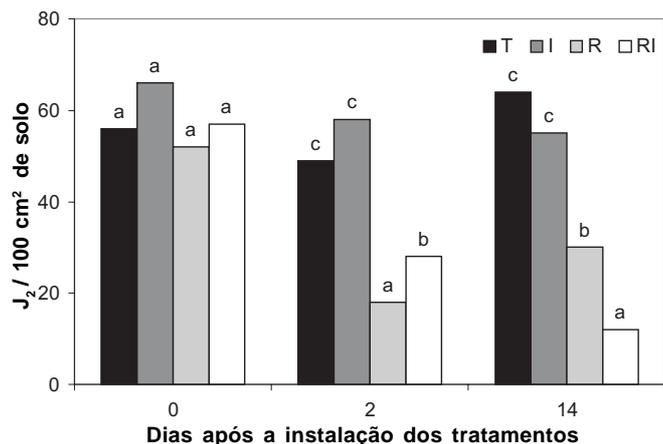


FIG. 1 - Número de juvenis do segundo estágio (J_2) de *Meloidogyne* sp. por 100 cm³ de solo colhido no campo no momento ou aos dois e 14 dias após o revolvemento do solo (R) e seguido da irrigação (RI), apenas irrigado sem revolvemento (I), sem irrigação e sem revolvemento (T). Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 1% de significância pelo teste de Scott & Knott (1974) (CV=10,24%).

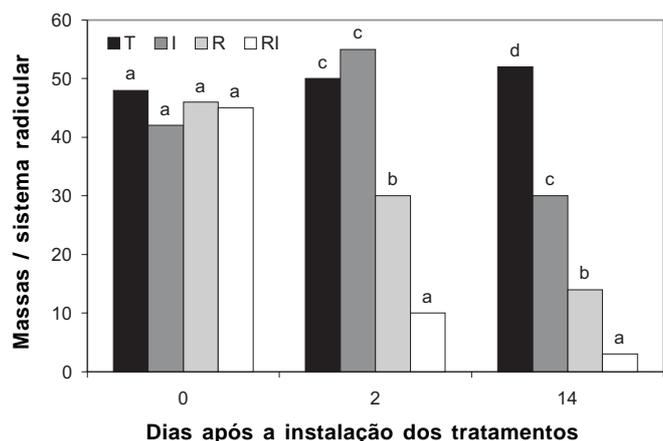


FIG. 2 - População total e infectiva de *Meloidogyne incognita* no solo, avaliado pelo bioteste com tomateiro (*Lycopersicon esculentum*), expressa em número de massa de ovos/ planta em solo colhido no campo no momento, dois ou 14 dias após o revolvemento do solo (R) e seguido da irrigação (RI), apenas irrigado sem revolvemento (I), sem irrigação e sem revolvemento (T). Letras diferentes diferem significativamente ao nível de 1% de significância pelo teste de Scott & Knott (1974) (CV=21,43%).

maior população de ovos que ainda estava em dormência que resistiram às condições de temperatura e umidade impostas pelo revolvemento, o que não aconteceu nas parcelas RI em que os J_2 eclodiram dos ovos tornando assim mais frágeis às condições impostas pelo revolvemento. Starr (1993) encontrou maior redução na população de *M. incognita* em solo úmido com potencial maior do que a -300 KPa. As populações de J_2 no solo e a infetividade total foram maiores e semelhantes ($P \leq 0,01$) nas parcelas I e T (Figuras 1 e 2).

Quatorze dias após, o efeito do revolvemento do solo nas parcelas R e RI, comparadas com aquelas não revolvidas I

e T, na redução de J_2 no solo, continuou semelhante à última avaliação relatada anteriormente (Figura 1). Entretanto nas parcelas R o número de J_2 no solo foi maior ($P \leq 0,01$) do que naquelas RI (Figura 1), devido, talvez, a dois fatores: maior sobrevivência de embriões viáveis dentro dos ovos que se tornaram J_2 livres e a grande redução de J_2 ocorrida no período de 12 dias pela privação alimentar prolongada nas parcelas RI. Entretanto, a população total e infetiva avaliada pelo bioteste demonstrou bem o efeito isolado ou concomitante, tanto da irrigação como do revolvemento do solo, com todos os tratamentos diferindo-se ($P \leq 0,01$) entre si (Figura 2). Insere-se aqui outro componente explicativo, isto é, a perda da infetividade do J_2 no campo, pois, com exceção da testemunha todos os tratamentos tiveram a população total e infetiva (Figura 2) menor do que a do J_2 no solo (Figura 1). Segundo Van Gundy *et al.* (1967), a capacidade de infecção do J_2 de *M. javanica* diminui com a perda da mobilidade e das reservas energéticas do corpo constituídas por lipídio que perfazem 30% do corpo do J_2 imediatamente após a saída do ovo. Essas reservas são gastas rapidamente a temperaturas altas e preservadas a temperaturas baixas. A 29 °C a atividade muscular e a respiração requerem grande utilização de energia pelo nematóide (Goodell & Ferris, 1989). A perda de 50-60% dessa reserva lipídica leva o J_2 a perda da infetividade (Van Gundy *et al.*, 1967). A irrigação mesmo sem revolvemento do solo reduziu ($P \leq 0,01$) a população total e infetiva comparada com a testemunha (Figura 2), comprovando experimentalmente a hipótese da efetividade do pousio úmido agora testada no campo, porém com eficácia bem superior ($P \leq 0,01$) quando o terreno foi revolvido e irrigado (RI). Melhor eficácia deste tratamento poderá ser alcançada com o aumento da sua frequência em diferentes intervalos de tempo, o que pode constituir-se em novas pesquisas, também para diferentes tipos de solo.

Barker & Koenning (1998) citaram publicação de Tyler (1933), sugerindo o alqueive úmido durante o período quente, num terreno sem ervas daninhas, como uma tentativa para erradicar os nematóides de galhas de áreas infestadas. Towson & Apt (1983) sugeriram, também, como promissora e de aplicação prática, a pré-irrigação semanal durante um mês antes do plantio para a redução significativa da população dos nematóides de galhas e reniforme do abacaxi [*Ananas comosus* (L.) Merr]. Apt (1976), estudando a sobrevivência do nematóide reniforme em solo infestado colhido no campo e submetido a diversas condições de umidade em períodos variáveis de tempo, sugeriu, baseado nos seus dados em laboratório, que a irrigação poderia no campo ser mais eficaz na redução populacional do *Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira durante os quatro primeiros meses do alqueive. Goodell & Ferris (1989), estudando a influência de fatores ambientais na eclosão e na sobrevivência de *M. incognita*, concluíram que seus resultados dão suporte ao conceito do "alqueive úmido", onde a aplicação de água no local de plantio na ausência do hospedeiro pode ser usada para aumentar a mortalidade de *M. incognita*.

Portanto, a irrigação pode constituir em nova estratégia de manejo de fitonematóides para abreviar ainda mais o período

de alqueive aumentando a eficácia na redução populacional de *Meloidogyne* spp. Tem-se, tradicionalmente, recomendado três-quatro meses de alqueive, com redução de 90% da população de *M. incognita* (Huang & Porto, 1988) e de seis meses para redução a nível não detectável da população de *M. javanica* (Campos, 1987). Com a irrigação esse período poderá ser reduzido.

Ornat *et al.* (1999) reduziram a população de *M. incognita* em 99,98% após oito semanas de alqueive no verão. Essa eficácia pode ter sido alcançada por esses autores devido a chuvas e altas temperaturas no período.

Contudo o revolvimento (R) foi melhor ($P \leq 0,01$) na redução da patogenicidade do J_2 do que quando apenas se irrigou o solo (I) (Figura 2). Comprovando-se também que parte da população de J_2 detectada pelo método de Jenkins (1964) (Figura 1) não era mais infetiva, já que populações semelhantes ($P \leq 0,01$) de J_2 detectadas nas parcelas T e naquelas parcelas I (Figura 1) foram diferentes em patogenicidade no bioteste (Figura 2).

A queima da palhada do milho realizada antes do estabelecimento do ensaio favoreceu o revolvimento do solo, e evitou o surgimento de ervas daninhas na área experimental, evitando o aumento da população de nematóides, o que poderia diminuir o efeito dos tratamentos aplicados.

Evolução da população de *M. incognita* no campo

O feijoeiro, considerado bom hospedeiro, proporcionou a evolução populacional infetiva de J_2 de *M. incognita* em proporções semelhantes aos níveis detectados nas parcelas 14 dias após os manejos do solo pelo revolvimento e/ou irrigação como descritos anteriormente (Figura 2). Os números de J_2 no solo, ovos e massas de ovos por planta avaliados aos 45 dias, e de ovos/planta aos 90 dias após o plantio do feijoeiro foram mais baixos ($P \leq 0,01$) nas parcelas RI do que nas demais (Figuras 3A, B e C). Nessas parcelas o inóculo no solo era também o mais baixo ($P \leq 0,01$) dentre todos os demais no final dos 14 dias de pousio (Figura 1). Apenas o revolvimento do solo foi menos eficaz do que o tratamento, revolvimento seguido de irrigação, porém reduziu ($P \leq 0,01$) o número de J_2 no solo, ovos e massa de ovos/planta aos 45 e 90 dias após o plantio do feijoeiro comparado com a irrigação sem revolvimento e a testemunha (Figuras 3A, B e C). Contudo, nas parcelas I e nas T, os números de J_2 no solo, ovos e massa de ovos / planta aos 90 dias e de ovos e massa de ovos / planta aos 45 dias após o plantio do feijoeiro foram semelhantes ($P \leq 0,01$) (Figuras 3A, B e C), indicando menor eficácia da irrigação sem o revolvimento do solo como forma de manejo populacional de *M. incognita*. Nessa condição do solo sem distúrbio a irrigação pode ter reduzido um pouco mais a temperatura no perfil e mantida a umidade adequada para a sobrevivência de *M. incognita* por período mais longo no solo. Apesar de baixa, alguma eficácia ocorreu na redução da população de *M. incognita* nas primeiras fases do desenvolvimento vegetativo do feijoeiro quando apenas se irrigou, já que o número de J_2 no solo foi menor ($P \leq 0,01$) do que na testemunha, aos 45 dias após o plantio. Melhor eficácia desse tratamento poderia ter sido detectada,

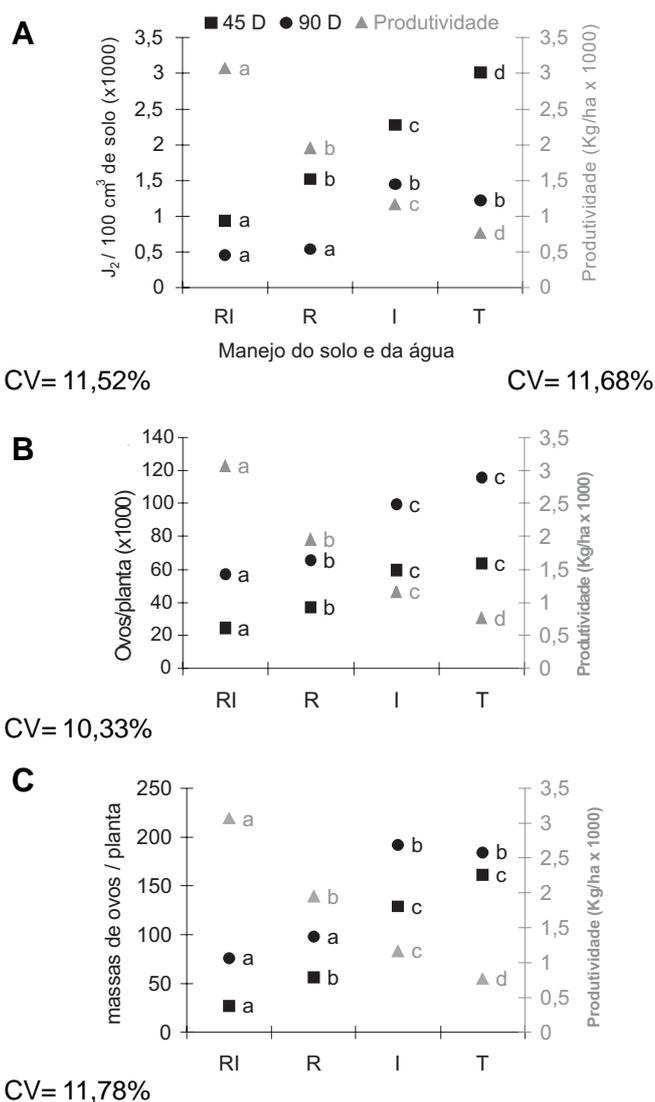


FIG. 3 – Número de juvenis do segundo estágio (J_2) por 100 cm^3 de solo (A), de ovos (B) e de massas de ovos por planta (C) de *Meloidogyne incognita*, por planta de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), obtidos no campo em solo revolido (R), seguido de irrigação (RI), apenas irrigado sem aração (I), ou sem aração e sem irrigação (T), aos 45 e 90 dias após a semeadura. Produtividade em quilos (kg) por hectare. Letras diferentes diferem estatisticamente ao nível de 1% de significância pelo teste de Scott & Knott (1964).

se avaliações populacionais tivessem sido feitas nas três primeiras semanas após o plantio. Redução populacional de *Meloidogyne* spp. nas fases iniciais do desenvolvimento vegetativo de cultura anual pode incrementar seu potencial de produção (Huang & Porto, 1988).

Em resumo, nas condições deste experimento, das duas formas de manejo estudadas, o revolvimento foi o único que isoladamente reduziu eficazmente a população de *M. incognita*. A irrigação após o revolvimento, entretanto, tem efeito sinérgico na redução populacional desse nematóide. A irrigação sem revolvimento teve pequeno efeito reducional da população desse nematóide.

Desenvolvimento e produção de feijoeiro no campo

Embora o peso da matéria fresca da parte aérea dos feijoeiros das parcelas RI fosse maior do que naqueles das parcelas R, não ocorreu diferença estatística significativa entre elas (Tabela 1); contudo, foram bem maiores ($P \leq 0,01$) do que o peso da matéria fresca da parte aérea dos feijoeiros de parcelas I e das T. O menor ($P \leq 0,01$) crescimento vegetativo, dentre todos os tratamentos, ocorreu nas parcelas T (Tabela 1). A irrigação sem revolvimento aumentou ($P \leq 0,01$) o peso da parte aérea em relação à testemunha (Tabela 1). O peso da parte aérea foi inversamente proporcional à infetividade do inóculo na época da sementeira, com correlação de $-0,85$. O peso da matéria fresca das raízes dos feijoeiros das parcelas RI e R foi semelhante ($P \leq 0,01$); contudo, maior ($P \leq 0,01$) do que aqueles das parcelas I e T (Tabela 1) aos 90 dias após a sementeira, embora nenhuma diferença entre os tratamentos ocorresse aos 45 dias para o peso da matéria fresca das raízes (Tabela 1). A secagem das raízes não contribuiu para a diferenciação dos tratamentos. Maior população de *M. incognita* na sementeira (Figura 2) concorreu para a redução do sistema radicular do feijoeiro. Os nematóides do gênero *Meloidogyne*, em associação com o sistema radicular do feijoeiro, causam decadência geral das plantas, com amarelecimento da folhagem, redução das raízes laterais, formação de grandes galhas, queda na produção, podendo levar a morte da planta (Lordello & Santos, 1960).

A produção dos feijoeiros no campo foi inversamente proporcional à população de *M. incognita*, tanto na sementeira (Figuras 1 e 2) quanto aos 45 e 90 dias após (Figura 3) com uma correlação de $-0,90$ para J_2 no solo na época da sementeira e de $-0,88$ para população infetiva no mesmo período. Todos os tratamentos diferiram-se entre si e produziram mais ($P \leq 0,01$) do que a testemunha, na qual se empregou a técnica do plantio direto.

O revolvimento seguido da irrigação (RI) proporcionou a maior ($P \leq 0,01$) produtividade com 3.065 kg/ha (Tabela 1), cerca de quatro vezes àquela produzida pela testemunha, com ótimo desenvolvimento da parte aérea, contrastando com o desenvolvimento vegetativo reduzido na testemunha pelo plantio direto.

TABELA 1 - Peso da matéria fresca de raízes de feijoeiros (*Phaseolus vulgaris*) colhidas aos 45 e 90 dias após a sementeira, e da matéria fresca da parte aérea aos 45 dias e produtividade da cultura em áreas apenas revolvidas (R), apenas irrigadas (I), revolvidas e irrigadas (RI) e não revolvidas e nem irrigadas (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	45 dias	90 dias
RI	5,1 A	10,7 A	13,1 A		3065 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 & Knott (1974).

O revolvimento e a irrigação, isoladamente, proporcionaram aumentos de 2,55 e 1,52 vezes (Tabela 1), respectivamente, a produção na testemunha, demonstrando, portanto menor eficácia do que aquela obtida pelo efeito concomitante dos dois manejos, isto é, revolvimento seguido da irrigação. Portanto, aumentos expressivos de produtividade e de redução populacional de *M. incognita* do feijoeiro podem ser alcançados com 14 dias de pousio desde que o solo infestado seja revolvido e irrigado em período seco e de temperatura elevada no campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUDELO, F.V. de. Nematodes. In: Schwartz, H.F. & Galvez, G.E. (Eds.). Bean production problems: disease, insect, soil and climatic constraints of *Phaseolus vulgaris*. Cali. CIAT. 1980. pp.315-326.
- APT, W.J. Survival of reniforme nematodes in desiccated soils. Journal of Nematology 8:278. 1976.
- BARKER, K.R. & KOENNING, S.R. Developing sustainable systems for nematode management. Annual Review of Phytopathology 36:165-205. 1998.
- CAMPOS, V.P. Sobrevivência de *Meloidogyne javanica* no solo e em raízes de tomateiros. Summa Phytopathologica 13:191-196. 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. (Eds.) Manejo integrado: doenças e pragas em hortaliças. Lavras. Editora UFLA. 2001. pp.125-158.
- CHITWOOD, D.J. Biosynthesis. In: Perry, R.N. & Wright, D.J. (Eds.). The physiology and biochemistry of free-living and plant-parasitic nematodes. London. CAB International. 1998. pp.303-330.
- DI VITO, M.N.G. & CARELLA, A. Population densities of *Meloidogyne incognita* and yield of *Capsicum annum*. Journal of Nematology 17:45-49. 1985.
- DUTRA, M.R. & CAMPOS, V.P. Efeito do preparo do solo na população dos nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.). Resumos, 21º Congresso Brasileiro de Nematologia, Maringá, SP. 1998. p.45.
- FREIRE, F.C.O. & FERRAZ, S. Nematóides associados ao feijoeiro, na Zona da Mata, Minas Gerais, e efeitos do parasitismo de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* sobre o cultivar 'Rico 23'. Revista Ceres 24:141-149. 1977.
- GOODELL, P.B. & FERRIS, H. Influence of environmental factors on the hatch and survival of *Meloidogyne incognita*. Journal of Nematology 21:328-334. 1989.
- HUANG, S.P. & PORTO, M.V.B. Efeito do alqueive na população dos nematóides das galhas e na produção de cenoura. Fitopatologia Brasileira 13:377-381. 1988.
- HUSSEY, R.S. & BARKER, K.R. A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp., including a new technique. Plant Disease Reporter 57:1025-1028. 1973.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Reporter 48:692. 1964.
- JONES, P.W., TYLKA, G.L. & PERRY, R.N. Hatching. In: Perry, R.N. & Wright, D.J. (Eds.). The physiology and biochemistry of free-living and plant parasitic nematodes. London. CAB International. 1998. pp.181-212.
- LEE, D.L. & ATKINSON, H.J. Physiology of nematodes. New York.

Columbia University Press. 1977.

LORDELLO, L.G.E. & SANTOS, C.F.O. Incidência de nematóides em culturas de feijão. *O Biológico* 26:213-217. 1960.

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* 29:5-16. 1999.

PAULA JUNIOR, T.J. de & ZAMBOLIM L. Doenças. In: Vieira, C., Paula Junior, T.J., Borém, A. (Eds.) Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais. Viçosa. Editora UFV. 1998. pp. 373-433.

SCOTT, A.J. & KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis means in the analysis of variance. *Biometrics* 30:507-512. 1974.

STARR, J.L. Recovery and longevity of Egg Masses of *Meloidogyne incognita* during simulated winter survival. *Journal of Nematology*

25:244-248. 1993.

TOWSON, A.J. & APT, W.J. Effect of soil water potential on survival of *Meloidogyne javanica* in fallow soil. *Journal of Nematology* 15:110-115. 1983.

VAN GUNDY, S.D., BIRD, A.F. & WALLACE, H.R. Aging and starvation in juvenile or *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans*. *Phytopathology* 57:559-571. 1967.

VIEIRA, C. Doenças e pragas do feijoeiro. Viçosa. Editora UFV. 1993.

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* 10:311-313. 1978.

WALLACE, H. R. Undulatory locomotion of the plant-parasitic nematodes, *M. incognita*. *Parasitology* 58: 377-391. 1968.

ZAUMEYER, W.J. & THOMAS, H.R. A monographic study of bean diseases and methods for their control. Washington. U.S.D.A. 1957.