

Estudo Comparativo da Penetração e Reprodução de *Meloidogyne paranaensis* em Raízes de Cultivares de Soja Resistente e Suscetível*

Marcela P. Moritz^{1,3}, Rui G. Carneiro², Débora C. Santiago¹, Kelly C. Nakamura⁴,
Ericka Pignoni⁵ & José C. Gomes²

*Parte da Dissertação da primeira autora, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Fitopatologia) pela Universidade Estadual de Londrina (PR).

¹Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, Rodovia PR 445 km 380, C. Postal 6001, 86051-990, Londrina (PR) Brasil.

²Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), Rodovia Celso Garcia Cid km 375, C. Postal 481, 86.047-902, Londrina (PR) Brasil.

³Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

⁴Bolsista da Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Agronegócio (FUNAPE).

⁵Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento do Agronegócio (FAPEAGRO).

Autora para correspondência: marcela2404@yahoo.com.br

Recebido para publicação em 21 / 06 / 2007. Aceito em 09 / 11 / 2007

Resumo – Moritz, M.P., R.G. Carneiro, D.C. Santiago, K.C. Nakamura, E. Pignoni & J.C. Gomes. 2008. Estudo comparativo da penetração e reprodução de *Meloidogyne paranaensis* em raízes de cultivares de soja resistente e suscetível.

Os mecanismos de resistência a nematóides em plantas são vários, complexos e, em alguns casos, pouco conhecidos. A resistência a espécies de *Meloidogyne* pode ser definida como algum fator ou fatores nas plantas que inibem a reprodução desses nematóides. Com o objetivo de identificar possíveis mecanismos de resistência envolvidos nas interações entre *Meloidogyne paranaensis* e soja, foram realizados estudos comparativos do desenvolvimento desse nematóide em cultivares suscetível e resistente. Para tanto, as cultivares CD 203 (resistente) e CD 214 RR (suscetível) foram inoculadas com 2.000 J₂ de *M. paranaensis* e, 2, 4, 6 e 8 dias após a inoculação, foram avaliadas quanto ao número de J₂ que penetrou as raízes. Outras plantas das mesmas cultivares foram inoculadas com 5.000 ovos desse nematóide e avaliadas 45 dias após a inoculação, para verificar o número de massas de ovos produzidas por sistema radicular das duas cultivares, bem como o número de ovos por massa de ovo. Não houve diferença significativa no número de J₂ que penetrou nas raízes das duas cultivares. Entretanto, poucos dos J₂ que penetraram as raízes de ‘CD 203’ (resistente) conseguiram se estabelecer e tiveram seu desenvolvimento prejudicado, levando a baixa produção de ovos, mesmo 45 dias após a inoculação.

Palavras-chaves: nematóide de galhas, *Glycine max*, mecanismos de resistência.

Summary – Moritz, M.P., R.G. Carneiro, D.C. Santiago, K.C. Nakamura, E. Pignoni & J.C. Gomes. 2008. Penetration and reproduction of *Meloidogyne paranaensis* on roots of resistant and susceptible soybean cultivars.

The resistance mechanisms to nematodes in plants are several, complex and, in some cases, little known. The resistance to *Meloidogyne* species can be defined as some factor or factors in the plants that inhibit the reproduction of these nematodes. With the objective to identify the possible mechanisms of resistance involved in the interactions between *Meloidogyne paranaensis* and soybean, comparative studies of the nematode development were carried out with susceptible and resistant soybean cultivars. The cultivars CD 203 (resistant) and CD 214 RR (susceptible) were inoculated with 2,000 J₂ of *M. paranaensis* and, 2, 4, 6, and 8 days after inoculation the nematode penetration was evaluated in the roots. Other plants of the same cultivars were inoculated with 5,000 eggs of this nematode and evaluated 45 days after inoculation to verify the number of egg masses produced

per root system, and also the number of eggs per egg mass. There was no significant difference in the number of J₂ that penetrated in the roots of the two cultivars. However, in the resistant cultivar, fewer J₂ established resulting in low egg production 45 days after of the inoculation.

Key words: root-knot nematode, *Glycine max*, resistance mechanisms.

Introdução

A resistência a espécies de *Meloidogyne* (Goeldi, 1887) pode ser definida como algum fator ou fatores nas plantas que inibem a reprodução destes nematóides; as células gigantes podem ser mal formadas e, alimentando-se nessas células, o nematóide desenvolve-se pouco ou lentamente, deixando de produzir ou produzindo poucos ovos (Dropkin & Nelson, 1960; McClure *et al.*, 1974). Pode ainda decorrer de fatores que estão presentes antes mesmo que o nematóide penetre a raiz da planta (Huang, 1985).

Antes de penetrar no hospedeiro, os juvenis de segundo estágio (J₂) de *Meloidogyne* spp. movimentam-se pelo solo e são atraídos pelas raízes (Endo, 1975; Hussey & Grundler, 1998). Exsudatos radiculares tóxicos ou ausência de reconhecimento podem impedir que o nematóide encontre as raízes. Na superfície da mesma, a penetração do J₂ ainda dependerá de fatores físicos do solo, da temperatura, da umidade local e de sua própria patogenicidade.

A penetração ocorre, quase sempre, na região adjacente à coifa da raiz ou nos primórdios de raízes laterais (Byrne *et al.*, 1977) e, uma vez no interior das raízes, os J₂ migram intra ou intercelularmente do córtex para a região de diferenciação celular (Christie, 1936; Krusberg & Nielsen 1958; Hussey, 1985). Após situar-se num ponto de alimentação, o J₂ permanece paralelo ao eixo principal da raiz, com o corpo imerso entre as células do córtex e com a região cefálica em contato com a periferia de elementos vasculares.

As plantas resistentes são frequentemente penetradas por similar número de J₂ que penetram raízes de plantas não resistentes. Verifica-se dessa forma que a resistência em geral não protege a planta contra a penetração dos J₂ (Reynolds *et al.*, 1970; Trudgill, 1991; Windhang & Williams, 1994; Pedrosa *et al.*, 1996). Após penetrarem raízes de genótipos resistentes, os J₂ podem sofrer diferentes processos dentro da planta: a depender da combinação

nematóide-hospedeiro, os J₂ podem retornar simplesmente ao solo, morrendo logo em seguida; podem iniciar o desenvolvimento, verificando-se o aumento do volume do corpo, porém com prejuízo do seu desenvolvimento, e não conclusão do seu ciclo de vida; podem, ainda, morrer logo após a penetração, devido a reações necróticas de hipersensibilidade; ou ainda sofrer inversão sexual, resultando em machos (Moura *et al.*, 1993).

Dropkin & Nelson (1960) observaram que o número de J₂ de *Meloidogyne incognita acrita* que penetrou as raízes não diferiu entre as cultivares resistente e suscetível de soja, havendo formação de necrose em torno dos J₂ na cultivar resistente. Porém, para *M. hapla*, ocorreu penetração de maior número de J₂ na cultivar suscetível. Carpenter & Lewis (1991) avaliaram a reprodução de *M. arenaria* em soja e observaram que a habilidade de penetração foi similar para as raças 1 e 2; entretanto, mais J₂ penetraram as raízes do genótipo suscetível que do resistente.

Carneiro *et al.* (2005), estudando a interação de algodoeiro com *M. incognita* raça 3, observaram que, embora os J₂ tenham penetrado as raízes do genótipo resistente e suscetível, seu desenvolvimento foi seriamente comprometido no genótipo resistente, pois falharam no estabelecimento e manutenção das células gigantes, resultando em baixa reprodução. McClure *et al.* (1974) observaram, nessa mesma planta, que na cultivar resistente os J₂ de *M. incognita* abandonaram as raízes após terem penetrado, ou não conseguiram se estabelecer e morreram.

Carneiro *et al.* (1992) observaram que número menor de J₂ de *M. incognita* raça 3 penetrou as raízes de feijoeiro resistente, quando comparado à cultivar suscetível. Além disso, na cultivar resistente, o desenvolvimento foi comprometido, resultando em menor quantidade de massas de ovos com menor número de ovos por massa de ovo.

Este trabalho teve como objetivo realizar estudos comparativos do desenvolvimento de *M. paranaensis*

Carneiro, Carneiro, Abrantes, Santos & Almeida, 1996 em cultivares suscetível e resistente de soja, de modo a identificar possíveis mecanismos de resistência envolvidos nas interações.

Material e Métodos

Obtenção da população do nematóide em campo. A população de *M. paranaensis* utilizada no ensaio foi proveniente de lavoura de café infestada. Para tanto, tomateiros (*Lycopersicon esculentum* L.) 'Rutgers' foram transplantados para vasos contendo solo e raízes coletados em campo, para multiplicação e caracterização da população. Após 28 dias do transplante das mudas, procedeu-se à caracterização da população por meio de perfil isoenzimático por eletroforese.

Obtenção do inóculo. Após a caracterização, o inóculo obtido a partir dessas plantas foi preparado segundo o método proposto por Hussey & Barker (1973) e modificado por Boneti & Ferraz (1981), para obtenção da suspensão contendo os ovos. Essa suspensão foi levada ao microscópio óptico e quantificada utilizando-se câmara de Peters.

Obtenção de juvenis de segundo estágio (J₂). Para obtenção de J₂, uma suspensão de ovos obtida como descrita anteriormente foi distribuída em seis funis de Baermann modificados (lenços duplos de papel sobre tela de aço sobre *gerbox*) e incubados em B.O.D. a 28 °C. Após 24 horas, a suspensão do *gerbox* com os J₂ foi passada por peneira de 500 *mesh*, e os J₂ retidos foram transferidos para béquer, quantificados, e reservados em geladeira. As telas de aço contendo o lenço de papel com os ovos foram colocadas sobre outros *gerbox* com 300 ml de água, para permitir a eclosão de J₂ dos ovos ainda intactos. Os seis funis de Baermann modificados contendo os ovos restantes voltaram para a B.O.D. a 28 °C por mais 24 horas. Esse procedimento foi repetido por três dias, quando se obteve a quantidade suficiente de J₂ para o experimento.

Penetração de J₂. As cultivares utilizadas nesse ensaio foram selecionadas quanto à reação a *M. paranaensis* em ensaio anterior (Moritz *et al.*, dados não publicados). Para os estudos da penetração e desenvolvimento de *M. paranaensis*, as cultivares de soja resistente (CD 203) e suscetível (CD 214 RR) foram

semeadas em substrato de areia e solo na proporção de 2:1 e tratado com brometo de metila, contido em copos plásticos descartáveis com capacidade de 300 cm³. Após a germinação, foram feitos desbastes, de modo a deixar apenas uma planta por vaso. A inoculação foi realizada 15 dias após a germinação, utilizando-se 2.000 J₂ de *M. paranaensis*. Para tanto, 4 ml da suspensão contendo 500 J₂ por ml foram depositados em três orifícios de 2 cm de profundidade, ao redor de cada planta. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições para cada dia de avaliação. Foram realizadas avaliações aos 2, 4, 6 e 8 dias após a inoculação, quando as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas cuidadosamente, clarificadas e coloridas pela metodologia descrita por Byrd *et al.* (1983). As amostras foram avaliadas contando-se, sob microscópio estereoscópico, os juvenis de 2º e 3º estádios no interior das raízes. Para análise estatística dos dados, as médias dos números de J₂ foram transformadas em $\sqrt{x + 0,5}$ e comparadas pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o programa SAS (Statistical Analysis System, 1985). Após as contagens, as raízes foram fotografadas com câmara digital Sonny Cyber Shot, 5.1 mega *pixels*.

Número de massas de ovos e de ovos por massa de ovo. Para os estudos da produção de ovos de *M. paranaensis* nas cultivares de soja resistente (CD 203) e suscetível (CD 214 RR), procedeu-se à semeadura em substrato de areia e solo na proporção de 2:1 e tratado com brometo de metila, contido em vasos com capacidade de 500 cm³; após a germinação, foram feitos desbastes, de modo a deixar apenas uma planta por vaso. A inoculação foi realizada aos 15 dias após a germinação, utilizando-se 5.000 ovos de *M. paranaensis*. Para tanto, 5 ml da suspensão contendo 1.000 ovos e J₂ por ml foram depositados em três orifícios de 2 cm de profundidade feitos ao redor de cada planta.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado com 15 repetições e, 45 dias após a inoculação, os sistemas radiculares foram coletados, lavados cuidadosamente e corados com solução de 0,015 % de floxina B por 15 minutos, conforme descrito por Taylor & Sasser (1978). A seguir, foram contados os

números de massas de ovos por sistema radicial. Desse mesmo material, foram retiradas de cada planta 10 massas de ovos, que foram transferidas, isoladamente, para tubos de microcentrífuga de 2 ml contendo 1,5 ml de NaOCl na concentração de 1%. Em seguida, os tubos foram fechados e agitados manualmente por 5 minutos, para a liberação dos ovos. A contagem do número de ovos por massa de ovos foi realizada em vidro de relógio de Syracuse com fundo plano e reticulado, sob microscópio estereoscópico. Para análise estatística dos dados, as médias dos números de massas de ovos foram transformadas em $\sqrt{x + 0,5}$ e comparadas pelo teste T a 5% de probabilidade, e as médias de ovos por massa de ovos, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa SAS (Statistical Analysis System, 1985).

Resultados e Discussão

As observações feitas aos 2, 4, 6 e 8 dias após a inoculação das cultivares CD214RR e CD203 mostraram que os J_2 penetraram através dos primórdios de raízes laterais ou na região da coifa (Figuras 1A e B) e migraram intercelularmente do córtex para a região de diferenciação celular (Figuras 1B, C e D), fatos anteriormente já observados por Byrne *et al.* (1977) e Hussey (1985).

Não houve diferença significativa entre o número de J_2 de *M. paranaensis* que penetrou as raízes das cultivares resistente e suscetível aos 2, 4, 6 e 8 dias após a inoculação (Figura 2). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Dropkin & Nelson (1960), que observaram que o número de J_2 de *M. incognita acrita* que penetrou as raízes não diferiu entre as cultivares resistente e suscetível de soja, bem como os obtidos por Minton (1962) na interação algodão \times *Meloidogyne* spp. Carneiro *et al.* (2005) constataram que, embora os J_2 de *M. incognita* raça 3 tenham penetrado as raízes do genótipo resistente e suscetível, seu desenvolvimento foi seriamente comprometido no genótipo resistente. Resultados conflitantes foram obtidos em outras interações entre *Meloidogyne* spp. e soja por Herman *et al.* (1991) e Carpenter & Lewis (1991), o que comprovou que a reação de resistência da planta não depende necessariamente de sua capacidade de impedir ou dificultar a penetração dos J_2 , mas possivelmente esteja em alguma etapa posterior

do parasitismo, como no estabelecimento do sítio de alimentação, por exemplo.

No 2º dia após a inoculação, poucos J_2 haviam penetrado as raízes das cultivares resistente e suscetível (Figuras 1A e 2). No 4º dia após a inoculação, observou-se penetração massiva de J_2 , principalmente nas regiões da coifa das raízes das cultivares resistente e suscetível (Figuras 1B e 2). No 6º dia após a inoculação, observou-se ainda a penetração massiva de J_2 , porém muitos deles haviam migrado através do córtex e encontravam-se estendidos paralelamente ao cilindro vascular; observou-se também nesse período a formação de galhas, tanto na cultivar resistente quanto na suscetível (Figuras 1C e 2). No 8º dia após a inoculação, a maioria dos nematóides que havia penetrado nas raízes das cultivares suscetível e resistente ainda estava no estágio de desenvolvimento J_2 , permanecendo paralelos ao cilindro central das raízes (Figura 1D); nessa época, não houve diferença significativa entre o número de juvenis de terceiro estágio (J_3) formado nas cultivares resistente e suscetível (Figura 2), indicando que os mecanismos de resistência da cultivar CD 203 ainda não estavam retardando o desenvolvimento do nematóide (Figuras 1E e F). Porém, grande número de fêmeas começou a aparecer dos 22 aos 32 dias após a inoculação na cultivar CD 214 RR (Figuras 1G, H e I) e poucas atingiram esse estágio na cultivar CD 203 (Figura 1L), mesmo aos 45 dias após a inoculação.

Alguns machos se desenvolveram 32 dias após a inoculação na cultivar CD 203 (Figura 1K). Resultados semelhantes foram obtidos por Moura *et al.* (1993), que observaram a formação de machos em galhas de cultivares resistentes de soja a *M. incognita*. Já foi sugerido por Davide & Triantaphyllou (1968) que a nutrição pode ter um importante papel na diferenciação sexual em alguns nematóides.

Quanto à produção de ovos aos 45 dias após a inoculação, houve diferença significativa entre as cultivares resistente e suscetível. O nematóide produziu ovos nas duas cultivares, entretanto, na cultivar resistente a produção de ovos foi menor que na cultivar suscetível (Figura 3). Formaram-se muitas galhas, tanto na cultivar suscetível quanto na resistente, e na última havia muitas galhas com machos (Figuras 1K e L). Esse fato vem corroborar a hipótese de que

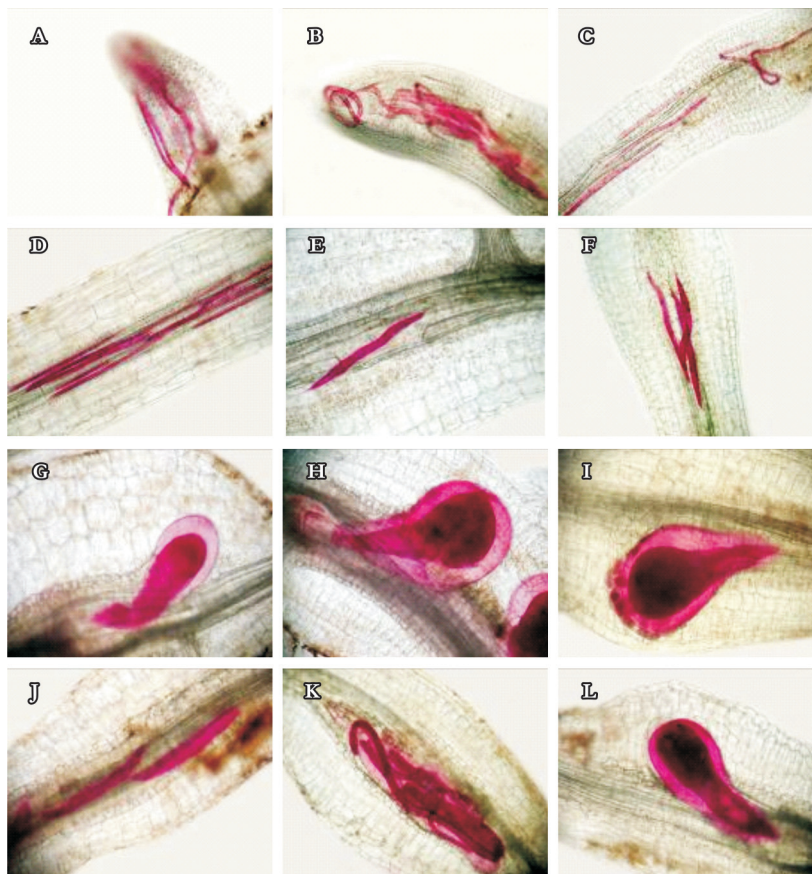


Figura 1 – Desenvolvimento de *M. paranaensis* aos 2, 4, 6, 8, 22 e 32 dias após a inoculação nas cultivares de soja resistente (CD 203) e suscetível (CD 214 RR): **A**) dois dias após a inoculação, juvenis de segundo estágio (J_2) penetrando pelo meristema apical das raízes; **B**) quatro dias após a inoculação, penetração massiva de J_2 ; **C**) seis dias após a inoculação, J_2 dispersos paralelos ao cilindro vascular e leve formação de galha; **D, E e F**) oito dias após a inoculação, em **D**, J_2 no cilindro vascular, em **E e F**, J_3 no cilindro vascular e formação de galhas; **G**) 22 dias após a inoculação, fêmea jovem na cultivar suscetível; **H e I**) 32 dias após a inoculação, fêmeas já em início de ovoposição, duas fêmeas na mesma galha (CD 214 RR); **J**) 22 dias após a inoculação, J_3 estendidos no cilindro vascular na cultivar resistente; **K**) macho dentro da galha (CD 203), reação de resistência; **L**) fêmea pouco desenvolvida aos 32 dias após a inoculação (CD 203).

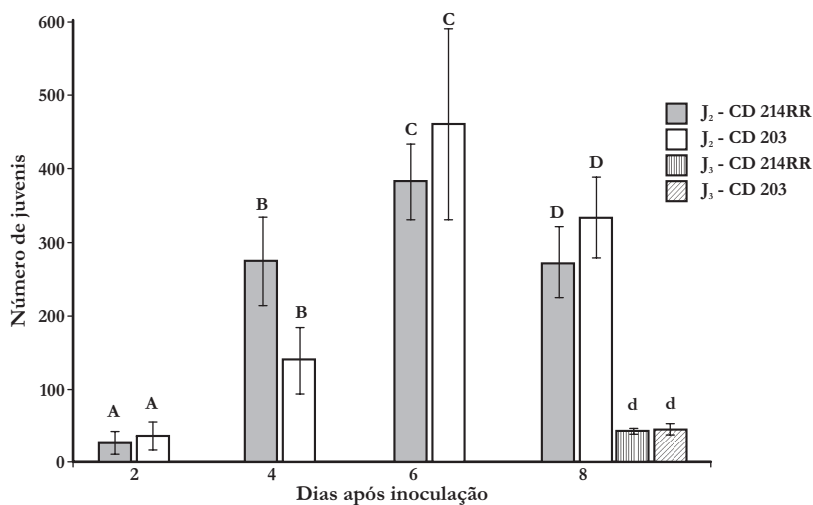


Figura 2 – Número de juvenis de segundo estágio (J_2) nas cultivares de soja CD 214 RR (suscetível) e CD 203 (resistente), aos 2, 4, 6 e 8 dias após a inoculação com 2.000 J_2 de *M. paranaensis*. Média de seis repetições. Os dados foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$ para análise estatística. Médias seguidas de mesma letra, para a mesma época de avaliação, não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

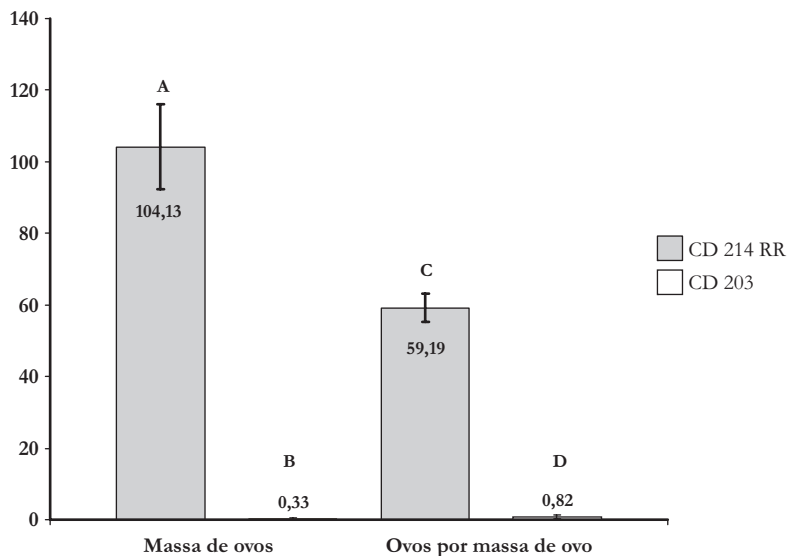


Figura 3 – Produção de massas de ovos por planta e de ovos por massa de ovo nas cultivares de soja CD 214 RR (suscetível) e CD 203 (resistente), 45 dias após a inoculação com 5.000 ovos de *M. paranaensis*: **A e B**) média de 15 repetições; médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste T a 5 % de probabilidade; **C e D**) média de 10 repetições; os dados foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$ para análise estatística; médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

o mecanismo de resistência esteja provavelmente ligado a condições encontradas pelo nematóide na fase pós-penetração, ao não serem obtidas as condições essenciais para o estabelecimento do sítio de alimentação e a conclusão de seu desenvolvimento. A baixa quantidade de fêmeas produzidas associada à elevada formação de machos é conhecida como consequência da resistência de plantas, como constatado por Kaplan & Keen (1980), que afirmaram que a alteração da expressão do sexo, ou seja, o desenvolvimento de machos em nematóides partenogenéticos pode ser atribuído a modificações no nível de nutrientes do hospedeiro, podendo estar relacionada com o mecanismo de incompatibilidade de plantas a certos nematóides. Diferentes relatos vêm mostrando que fatores anti-nutricionais representados, principalmente, por inibidores de proteinases (orizocistina, esporamina) podem modificar a expressão do sexo, a fecundidade e o desenvolvimento de nematóides endoparasitas sedentários (Atkinson *et al.*, 1995; Cai *et al.*, 2003). Esses resultados sugerem que a má formação de células gigantes em genótipos resistentes, assim como a diminuição da fecundidade das fêmeas e aumento do número de machos, podem estar relacionadas à presença constitutiva ou induzida de potentes inibidores de proteinases nos tecidos das

raízes infectadas (Carneiro *et al.*, 2005).

A formação de galhas na cultivar resistente vem comprovar que não são importantes para o desenvolvimento do nematóide, como já relatado por Taylor & Sasser (1978), constituindo reação secundária à ação dos J_2 . As galhas e as massas de ovos eram bem pequenas, pouco visíveis a olho nu nas duas cultivares.

Poucos nematóides atingiram a maturidade e depositaram ovos na matriz gelatinosa na cultivar resistente, mesmo aos 45 dias após a infecção (Figura 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Moura *et al.* (1993), na interação *M. incognita* x soja, e também por Jones & Birchfield (1967), que compararam duas cultivares resistentes (Bayou e Alburn 56) e uma suscetível (Deltapine) de algodoeiro, e por Carneiro *et al.* (1992), na interação entre *M. incognita* raça 3 e cultivares resistente e suscetível de feijão.

Embora o desenvolvimento do nematóide na cultivar resistente tenha sido mais lento e a produção de ovos menor que na cultivar suscetível, o número de ovos produzidos na cultivar suscetível também foi pequeno em relação ao relatado na literatura. A cultivar suscetível permitiu a produção de 60 ovos por massa de ovo, em média (Figura 3), e permitiu um fator de reprodução do nematóide igual a 2. Outros autores observaram resultados semelhantes: é o caso de Moura

et al. (1993), trabalhando com *M. incognita* raça 3 e as cultivares Bossier, Forrest e PI 96354 de soja, que observaram que 45 dias após a inoculação, na cultivar Bossier, o nematóide produziu 99 ovos por massa de ovo, em Forrest, 128 ovos por massa de ovo, e em PI 96354 (altamente resistente), 1 ovo por massa de ovo. Também Carneiro *et al.* (1992), trabalhando com o mesmo nematóide em feijoeiro, observaram, 27 dias após a inoculação, que a média de ovos produzidos por massa de ovo na cultivar suscetível foi de 188,56, e na cultivar resistente, 86,81 ovos por massa de ovo. Esses valores estão abaixo da média de 500 ovos por massa de ovo relatada na literatura para as espécies de *Meloidogyne*. Segundo Moura (1996), a fecundidade pode ser afetada por fatores ambientais e por condições inerentes ao hospedeiro.

A duração do ciclo pode ser afetada por diversos fatores, entre os quais se destacam a temperatura e também as condições de hospedabilidade da planta. Para as espécies tropicais *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria*, o ciclo completa-se em média em 25 dias, em temperaturas próximas de 28 °C e em plantas suscetíveis, a exemplo das cultivares de tomateiro ‘Rutgers’ e ‘Santa Cruz’. Durante o experimento, as médias de temperaturas máximas e mínimas na casa de vegetação foram, respectivamente, 36,9 °C e 20,3 °C, com temperaturas médias de 28,6 °C. É possível que o ciclo de vida de *M. paranaensis* em soja seja mais longo, e que 60 dias após a inoculação a produção de ovos fosse maior, ou seja, a baixa produção de ovos observada pode estar relacionada às condições inerentes do hospedeiro ou ainda à capacidade reprodutiva de *M. paranaensis* em soja. O esclarecimento dessa questão depende de novos estudos sobre o assunto.

Não foram observadas necroses na cultivar resistente, comumente associadas a reações de hipersensibilidade, indicando que este não deve ser o mecanismo de resistência na cultivar CD 203. Segundo McClure *et al.* (1974), as necroses que aparecem ao longo das raízes são originárias de penetração massiva de J₂, ocorrendo tanto na cultivar resistente quanto na suscetível, e parece não estar relacionada a mecanismo de resistência. Entretanto, Moura *et al.* (1993) observaram em cultivares resistentes de soja infectada com *M. incognita*, tecidos necrosados em

regiões infectadas 20 dias após a inoculação. Os primeiros trabalhos realizados nesse sentido por Brodie *et al.* (1960) e Minton (1962) com *Meloidogyne* spp. em cultivares de algodão resistentes associavam as necroses nas raízes a mecanismos de resistência. Isso indica que as necroses podem ou não estar relacionadas aos mecanismos de resistência.

Portanto os mecanismos de resistência na cultivar CD 203 estão provavelmente ligados a condições encontradas pelo nematóide na fase pós-penetração, quando não obtém as condições essenciais para estabelecer seu sítio de alimentação e prosseguir seu desenvolvimento. Esse fato foi confirmado pela baixa quantidade de fêmeas com reduzida ou nenhuma produção de ovos, associadas à elevada formação de machos na cultivar resistente.

Literatura Citada

- ATKINSON, H.J., M.J. MCPHERSON & P.E. URWIN. 1995. Engineered resistance to plant parasitic nematodes. *Trends in Biotechnology*, 3: 369-374.
- BYRD Jr., D.W., T. KIRKPATRIK & K.R. BARKER. 1983. An improved technique for clearing and staining plant tissues for detection of nematodes. *Journal of Nematology*, 15 (1): 142-143.
- BONETTI, J.I.S. & S. FERRAZ. 1981. Modificação do método de Hussey & Barker para a extração de ovos de *M. exigua*, em raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, 6 (3): 553.
- BRODIE, B.B., L.A. BRINKERHOFF & F.B. STRUBLE. 1960. Resistance to the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita acrita* in upland cotton seedlings. *Phytopathology*, 50: 673-677.
- BYRNE, J.M., T.C. PESACRETA & J.A. FOX. 1977. Vascular pattern change caused by a nematode, *Meloidogyne incognita*, in the lateral roots of *Glycine max* (L.). *Meridian American Journal Botanic*, 64 (8): 960-965.
- CAI, D., T. THURAU, Y. TIAN, T. LANGE, K.W. YEH & C. JUNG. 2003. Sporamin-mediated resistance to beet cyst nematodes (*Heterodera schachtii* Schm.) is dependent on trypsin inhibitory activity in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) hairy roots. *Plant Molecular Biology*, 51: 839-849.
- CARNEIRO, R.M.D.G., D.I. NEVES, E. CIA & M.F.G. SÁ. 2005. Resistência de genótipos de algodoeiro a *M. incognita* raça 3: reprodução e histopatologia. *Nematologia Brasileira*, 29 (1): 1-10.
- CARNEIRO, R.M.D.G., CARNEIRO, R.G., ABRANTES, M.O., SANTOS, M.S.N.A., ALMEIDA, M.R. 1996. *Meloidogyne paranaensis* n. sp. (Nemata: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing coffee in Brazil. *Journal of Nematology*, 28 (2): 177-189.

- CARNEIRO, R.G., A.A.K. ALTEIA & J.A. BRITO. 1992. Levantamento da ocorrência e da frequência de espécies e raças fisiológicas de *Meloidogyne* no Noroeste do Paraná. I. Núcleo Regional da EMATER de Paranavai. Nematologia Brasileira, 16 (1/2): 89.
- CARPENTER, A.S. & S.A. LEWIS. 1991. Aggressiveness and reproduction of four *Meloidogyne arenaria* populations on soybean. Journal of Nematology, 23 (2): 232-238.
- CHRISTIE, J.R. 1936. The development of root-knot galls. Phytopathology, 26 (1): 1-22.
- DAVID, R.G. & A.C. TRIANTAPHYLLOU. 1968. Influence of the environmental on development and sex differentiation of root-knot nematodes. III – Effect of foliar application of maleic hydrazide. Nematologica, 14: 37-46.
- DROPKIN, V.H. & P.E. NELSON. 1960. The histopathology of root-knot nematode infections in soybeans. Phytopathology, 50: 442-447.
- ENDO, B.Y. & W.P. WERGIN. 1973. Ultrastructural investigation of glover roots during early stages of infection by the root knot nematode, *Meloidogyne incognita*. Protoplasma, 78: 365-379.
- ENDO, B.Y. 1975. Pathogenesis of nematode infected plants. Annual Review of Phytopathology, 13: 213-238.
- HERMAM, M., R.S. HUSSEY & H.R. BOERMA. 1991. Penetration and development of *Meloidogyne incognita* on roots of resistant soybean genotypes. Journal of Nematology, 23 (2): 155-161.
- HUANG, J. 1985. Mechanisms of resistance to root-knot nematodes. In: SASSER, J.N., CARTER, C.C. (ed). An Advanced Treatise on *Meloidogyne*: I - Biology and Control. North Carolina State University Graphics, Raleigh. p. 165-174.
- HUSSEY, R.S. & F.M.W. GRUNDLER. 1998. Nematode parasitism of plant. In: PERRY, R.N & WRIGHT, D.J. (ed). The Physiology and Biochemistry of Free-living and Plant-Parasitic Nematodes. CABI Publishing, New York. p. 213-244.
- HUSSEY, R.S. 1985. Host-parasite relationships and associated physiological changes. In: SASSER, J.N. & CARTER, C.C. (ed). An Advanced treatise on *Meloidogyne*: I - Biology and Control. North Carolina State University Graphics, Raleigh. p. 143-153.
- JONES, J.E. & W. BIRCHFIELD. 1967. Resistance of the experimental cotton variety Bayon and related strains to root-knot nematodes and *Fusarium* wilt. Phytopathology, 57 (12): 1327-1331.
- KAPLAN, D.K. & N.T. KEEN. 1980. Mechanisms conferring plant incompatibility to nematodes. Revue de Nématologie, 3 (1): 123-134.
- KRUSBERG, L.R. & L.W. NIELSEN. 1958. Pathogenesis of root-knot nematodes to the Porto Rico variety of sweet potato. Phytopathology, 48 (1): 30-39.
- McCLURE, M.A., K.C. ELLIS & E.L. MICH. 1974. Post-infection development and histopathology of *Meloidogyne incognita* in resistant cotton. Journal of Nematology, 6 (1): 21-26.
- MOURA, R.M., E.L. DAVIS, B.M. LUZZI, H.R. BOERMA & R.S. HUSSEY. 1993. Post-infectious development of *Meloidogyne incognita* on susceptible and resistant soybean genotypes, Nematropica, 23 (1): 7-13.
- MOURA, R.M. 1996. Gênero *Meloidogyne* e a meloidoginose: parte I. Revisão Anual de Patologia de Plantas (RAPP), 4: 209-244.
- MINTON, N.A. 1962. Factors influencing resistance of cotton to root knot nematodes (*Meloidogyne* spp). Phytopathology, 52 (3): 272-279.
- PEDROSA, E.M.R., R.S. HUSSEY & H.R. BOERMA. 1996. Cellular responses of resistant and susceptible soybean genotypes infected with *Meloidogyne arenaria* races 1 and 2. Journal of Nematology, 28 (2): 225 – 232.
- REYNOLDS, H.W., W.W. CARTER & J.H. O'BANNON. 1970. Symptomless resistance of alfafa to *Meloidogyne incognita acrita*. Journal of Nematology, 2: 131-134.
- SAS, Institute. 1985. SAS User's Guide; Statistics. 5 ed. Cary (NC). 956 p.
- TAYLOR, A.L. & J.N. SASSER. 1978. Biology, Identification and Control of Root-knot Nematodes (*Meloidogyne* Species). North Carolina State University Graphics, Raleigh. p. 165-174. 111 p.
- TRUDGILL, D.L. 1991. Resistance to and tolerance of parasitic nematodes in plants. Annual Review of Phytopathology. 29: 167-192.
- WINDHAM, G.L. & W.P. WILLIAMS. 1994. Penetration and development of *Meloidogyne incognita* in roots of resistant e susceptible corn genotypes. Journal of Nematology, 26: 80-85.