

INTERAÇÕES ENTRE FITONEMATOIDES

Melissa D. Tomazini^{1*}, Oliveira Guerreiro Filho¹, Claudio Marcelo G. de Oliveira²

¹Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Café Alcides Carvalho, Campinas, SP, Brasil

*melmaluf@gmail.com.

² Instituto Biológico, Centro Avançado de Pesquisa em Proteção de Plantas e Saúde Animal, Campinas, SP, Brasil.

RESUMO

Estudos de patogenicidade relacionados à fitonematoides, na sua grande maioria, relacionam uma única espécie de nematoide em uma planta hospedeira. Deve-se dar importância ao fato de que, em ambientes naturais ou sistemas agrícolas, os nematoides ocorrem em comunidades poli-específicas. A predominância de uma espécie de nematoide no meio está relacionada aos fatores edafoclimáticos, à interação com o ambiente e à interação com outros organismos, incluindo outros nematoides. Duas espécies de nematoides podem coabitar o mesmo nicho ecológico ocorrendo uma competição entre os indivíduos, que podem resultar em interações benéficas ou prejudiciais para uma ou ambas as espécies. A competição é mais severa quando espécies possuem hábitos alimentares semelhantes e à medida que a relação parasito-hospedeiro se torna mais complexa, há um aumento na vantagem competitiva. Estudos de levantamentos de fitonematoides demonstram muitas espécies associadas a culturas perenes e anuais coabitando o sistema radicular. Entender a relação da abundância e diversidade da nematofauna, bem como interações das espécies em danos causados às plantas hospedeiras são de grande valia para a adoção de medidas de manejo de fitonematoides.

Palavras-chave: Levantamento. Nematoides parasitos de plantas. Populações concomitantes.

PLANT-PARASITIC NEMATODE INTERACTIONS

ABSTRACT

Pathogenicity studies related to plant parasitic-nematode, in their vast majority, report a single species of the nematode in a host plant, but in natural environments or agricultural systems nematodes occur in polyspecific communities. The predominance of a nematode species in the environment is related to edaphoclimatic factors, interaction with the environment and interaction with other organisms, including other nematodes. Two species of nematodes can cohabit the same ecological niche resulting in competition between individuals, which can result in beneficial or detrimental interactions for one or both species. Competition is more severe between species with similar feeding habits and as the parasite-host relationship becomes more complex, there is an increase in competitive advantage. Studies of plant-parasitic nematodes surveys demonstrate many species associated with perennial and annual crops cohabiting the root system. Understanding the relationship between nematofauna abundance and diversity, as well as interactions of species in damage caused to host plants are of great value for the management of plant-parasitic nematodes.

Keywords: Survey. Plant-parasitic nematodes. Concomitant populations.

A maioria dos estudos relacionados a nematoides parasitos de plantas envolvem os efeitos e danos causados apenas por uma única espécie de nematoide em uma determinada planta hospedeira. No entanto, em ambiente natural, os nematoides fitoparasitos raramente ocorrem em comunidades monoespecíficas. Pelo contrário, a comunidade de nematoides encontrados em sistemas agrícolas ou em áreas naturais é dinâmica, pois há interação com indivíduos de outras espécies, bem como interação com plantas, o ambiente e outros organismos edáficos (EISENBACK, 1985).

Assim, os nematoides fitoparasitos geralmente ocorrem em comunidades consideradas poli-específicas. Essa diversidade e o sucesso evolutivo relacionado a cada espécie dependem de diversos fatores, nos quais se podem destacar: a dispersão por meios naturais ou ação humana, a polifagia e a persistência da espécie, assim como a competição interespecífica dos nematoides. A ocorrência de uma espécie em um ambiente está diretamente relacionada ao seu poder de disseminação, aos fatores edafoclimáticos, ao histórico de cultivo da área, à utilização de plantas hospedeiras adequadas, à capacidade de reprodução do nematoide, a sua persistência no ambiente e à interação com outros organismos, inclusive com outros nematoides (OOSTENBRINK, 1966).

Relações entre espécies distintas de nematoides podem ser benéficas ou não.

Casos em que as relações beneficiam todos os nematoides envolvidos ou apenas um, porém sem prejudicar o outro, são chamadas de relações harmônicas. Mas, na maioria dos casos dessas relações ecológicas ocorre um prejuízo para uma ou ambas espécies, nesse caso denomina-se como relações desarmônicas (GOURT, 2009).

A concorrência entre espécies de nematoides ocorre quando a capacidade de reprodução de uma espécie é maior isoladamente quando comparada na presença de outra espécie. Essa interação antagônica pode ser causada pelo espaço ocupado nas raízes das plantas hospedeiras ou mesmo na alteração e destruição celular dos locais de alimentação que, através de alterações fisiológicas do hospedeiro, se torna menos favorável a uma espécie de nematoide do que outra. Na ecologia, a Lei de Gause, também chamada de exclusão competitiva, propõem que em um ambiente estável, no qual indivíduos se distribuem de forma homogênea, duas espécies com nichos ecológicos parecidos não podem coexistir, devido à pressão evolutiva exercida pela competição. Embora duas espécies sejam capazes de coexistirem em um nicho específico, haverá uma interação até que uma espécie predomine. Esta predominância ocorre por uma vantagem competitiva, por aumento da densidade populacional e pelo tempo; por exemplo, espécies que possuem uma taxa reprodutiva alta e mais rápida (MALVAZI et al., 2017).

No caso de nematoides fitoparasitos, o princípio de exclusão competitiva é dificultado, uma vez que o solo é um ambiente que contém inúmeros nichos ecológicos dinâmicos. Se a concordância for com os nichos, o texto a seguir deve estar no plural “difíceis de serem definidos e delineados. Além disso, as exclusões podem ser causadas por outros fatores e interações que podem ocorrer entre espécies próximas, mesmo que ocupem nichos diferentes. Duas espécies podem coabitar quando a competição entre indivíduos de uma delas é maior que a competição entre as duas.

Há interações entre duas espécies de nematoides que podem ser benéficas para uma espécie ou ambas. Os efeitos benéficos podem resultar de alterações mecânicas e fisiológicas das raízes que o torna um hospedeiro favorável. Alterações fisiológicas podem melhorar a nutrição e reduzir a resistência do hospedeiro ao parasitismo. Geralmente, os efeitos do parasitismo dos fitonematoides estão associados ao tipo de parasitismo. A competição é mais severa entre espécies com hábitos alimentares semelhantes, e a vantagem competitiva aumenta à medida que o relacionamento parasito-hospedeiro se torna mais complexo (EISENBACH, 1985).

Nematoides ectoparasitos podem ser divididos em vários grupos de acordo com seus hábitos parasitários. Os mais primitivos se alimentam de células da epiderme e pelos radiculares, perma-

necendo completamente fora dos tecidos da raiz, e perfuram as células com seus estiletos curtos, acarretando em uma relação nematoide-hospedeiro rápida e não muito especializada (FERRAZ; BROWN, 2016). Os gêneros representativos desse grupo são *Tylenchorhynchus*, *Paratylenchus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus*. Outro grupo de ectoparasitos, que se alimentam externamente ou por meio de penetração de parte de sua região anterior nos tecidos radiculares dos hospedeiros, é constituído pelos gêneros *Criconemella*, *Helicotylenchus* e *Hoplolaimus*.

Ainda, há ectoparasitos com estiletos relativamente longos que lhes possibilitam se alimentarem em células abaixo da epiderme radicular, podendo incitar hipertrofia e hiperplasia celular, contudo, permanecem com o corpo fora dos tecidos radiculares e possuem uma relação hospedeiro-parasito mais complexa (FERRAZ; BROWN, 2016). *Xiphinema*, *Longidorus*, *Belonolaimus*, *Dolichodorus* e *Hemicycliophora* são os gêneros que compõem esse grupo.

Sabe-se que o modo do parasitismo dos nematoides ectoparasitos afeta o grau de competição entre as espécies. Parasitos superficiais que se alimentam da epiderme radicular são mais antagonistas entre si comparados aos que se alimentam mais internamente nas raízes. Geralmente, os nematoides que possuem relações parasito-hospedeiro mais especializadas são mais competi-

vos comparados àqueles que têm essa relação simplificada (JOHNSON, 1970; JOHNSON; NUSBAUM, 1968; MISRA; DAS, 1979).

Estudos conduzidos por 50 dias em ambiente controlado, utilizando cinco cultivares de milho (*Zea mays*) frente a *Tylenchorynchus claytoni* e *Paratrichodorus minor*, demonstraram que *T. claytoni* foi antagônico a *P. minor* em uma das cultivares testadas, porém em outras três cultivares, o resultado foi inverso (JOHNSON; NUSBAUM, 1968). Em experimentos semelhantes com seis cultivares de grama Bermuda (*Cynodon dactylon*), ocorreu maior competição entre *T. martini* e *Criconemella ornata* do que entre *T. martini* e *Belonolaimus longicaudatus* ou *C. ornata* e *B. longicaudatus* após 155 dias; no entanto, as reações variaram de acordo com a cultivar (JOHNSON, 1970).

As interações entre os nematoides ectoparasitos podem ser modificadas quando o hospedeiro é adequado. Por exemplo, *Paratylenchus projectus* foi suprimido por *Helicotylenchus pseudorobustus* e *Criconemella* (= *Mesocriconema*) *simile* em estudos conduzidos por 50 dias em casa de vegetação, com a cultura da soja (*Glycine max*). A espécie revelou-se um bom hospedeiro para *C. simile*, um hospedeiro moderado para *H. pseudorobustus* e um hospedeiro ruim para *P. projectus*, não havendo interação entre as três espécies de nematoides estudadas (McGAWLEY; CHAPMAN, 1976; McGAWLEY; CHAPMAN, 1983).

A competição dos nematoides ectoparasitos também é dependente da densidade populacional, podendo ser modificada pelos fatores ambientais. Estudos realizados em casa de vegetação utilizando mudas de ameixeira demonstraram que altas populações de *Paratylenchus neoamblycephalus* foram suprimidas pelo baixo número de *C. xenoplax* a 20°C, após 6 semanas, e quando ocorreram altas densidades de *C. xenoplax* estas antagonizaram uma baixa densidade de *P. neoamblycephalus*. No entanto, em temperatura mais elevada (26°C) a supressão populacional dependeu de altas taxas da densidade populacional, assim, a espécie com maior densidade populacional prevaleceu. Constatou-se que a temperatura ideal para *P. neoamblycephalus* foi de 20°C, enquanto que para *C. xenoplax* foi de 26°C (BRAUN et al., 1975).

Estudos mostram que a interação entre ectoparasitos pode estimular a reprodução dos nematoides fitoparasitos, mas os mecanismos que envolvem as interações entre as espécies de nematoides ectoparasitos são desconhecidos. Experimentos controlados demonstraram que populações concomitantes de *Hoplolaimus columbus* e *Scutellonema brachyurum* tiveram aumento reprodutivo após 90 dias em algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) (KRAUS-SCHMIDT; LEWIS, 1981). Resultado semelhante foi encontrado por YANG et al. (1976), após 63 dias, em cultivo protegido, no algodoeiro com *B. longicaudatus* e *H. galeatus*.

Já os nematoides endoparasitos migradores se movimentam através dos tecidos radiculares, alterando a estrutura morfológica e fisiológica das raízes. Geralmente, são considerados antagonísticos aos nematoides ectoparasitos (AMOSU; TAYLOR, 1975; CHAPMAN, 1959; PINOCHET et al., 1976; UPAGHYAY; SWARUP, 1981).

A disponibilidade de um hospedeiro adequado é o fator mais importante nas interações interespecíficas. Estudos conduzidos em casa de vegetação, durante 267 dias, com *T. martini* e *Pratylenchus penetrans* em raízes de trevo vermelho (*Trifolium pratense*) resultaram na supressão da reprodução de *T. martini* em 75-90%, porém, o trevo vermelho demonstrou ser um bom hospedeiro para ambas as espécies (CHAPMAN, 1959). Também não foi observada interação de *T. agri* e *P. penetrans* em grama *Agrostis* (brentgrass), em experimentos conduzidos em casa de vegetação por 10 meses. Essa grama é considerada um bom hospedeiro para *T. agri*, mas ruim para *P. penetrans* (SIKORA et al., 1972). Em diversas cultivares de soja, testadas em 50 dias em cultivo protegido, populações de *P. brachyurus* foram suprimidas por *P. minor* e *Helicotylenchus dihystera*, mas em duas cultivares de soja, a espécie *P. brachyurus* suprimiu *H. dihystera* (JOHNSON; NUSBAUM, 1968).

O tempo de ação nas plantas hospedeiras é determinante na interação entre espécies de nematoides fitoparasitos.

Como no caso, de *Tylenchorynchus agri* que suprimiu a reprodução de *P. penetrans* no trevo vermelho após três meses em condições controladas, porém após cinco e sete meses a supressão de *T. agri* em *P. penetrans* não foi mais observada (AMOSU; TAYLOR, 1975). Estudos conduzidos por MILLER; McINTYRE (1975) revelaram que alterações fisiológicas no hospedeiro induzidas pelo parasitismo de *T. claytoni* favoreceram a penetração de *P. penetrans* na cultivar WS117 de fumo (*Nicotiana tabacum*) em níveis variáveis entre 25 e 90%. Os autores concluíram que houve ocorrência de alterações de substâncias químicas radiculares, a curto período de tempo (dias) que mudaram a atratividade do *P. penetrans*, sem que isso ocorresse em períodos mais longos.

Interações positivas foram relatadas entre *P. minor* e *P. zaeae* em diversas variedades de milho e entre *P. minor* e *P. brachyurus* em cultivares de soja em experimentos em casa de vegetação com 50 dias após a inoculação. Em duas variedades de milho, constatou-se que a população de *P. zaeae* foi aumentada em relação a *P. minor*, contudo o inverso foi observado em cinco outras variedades. Em três cultivares de soja, também se observou aumento na taxa reprodutiva de *P. minor* associado com *P. brachyurus* (JOHNSON; NUSBAUM, 1968). Os mecanismos relacionados ao aumento ou diminuição de populações de nematoides interagindo concomitantemente são desconhecidos, mas há pequenas mudanças de adequações da planta hospedeira.

deira, que podem ser responsáveis pelo aumento na taxa de reprodução em nematoides fitoparasitos.

Os modos de alimentação dos nematoides fitoparasitos sedentários são complexos e estão intimamente ligados à fisiologia e à estrutura das raízes. Nematoides fitoparasitos sedentários e endoparasitos migradores podem coexistir na mesma planta hospedeira sem qualquer interação (HAQUE; MUKHOPADHYAYA, 1979; MISRA; DAS, 1979). No entanto, dependendo dos mecanismos envolvidos, as interações podem ser supressivas para uma espécie sedentária, prejudiciais para ambas ou estimular alimentação e a reprodução para uma ou outra. Pelo modo de parasitismo e procura de alimento, os nematoides migradores endoparasitos podem suprimir a reprodução dos fitonematoides que possuem o sedentarismo como forma de parasitismo. Isso ocorre de forma indireta, na destruição de células radiculares diminuindo locais para alimentação nas raízes ou, diretamente, pela concorrência pelos locais adequados para a alimentação.

Baseando-se em experimentos com o capim *Agrotis*, pode-se concluir que *Paratrichodorus minor* inibiu *Meloidogyne naasi* por preferir se alimentar nas extremidades das raízes e competindo diretamente com *M. naasi* em locais de alimentação. O nematoide endoparasito migrador *Tylenchorryncus agri* também suprimiu *M. naasi*, provavelmente pela inibição do crescimento radicular (SIKORA et al., 1972, SIKORA et al., 1979).

Resultados semelhantes foram relatados por VAISHNAV; SETHI (1978) em painço (*Pennisetum typhoides*), em que *T. vulgaris* antagonizou *M. incognita*. Em berinjela (*Solanum melongena*), *Criconebella ornata*, *Hoplolaimus indicus* e *T. nudus* interagiram negativamente com *M. incognita* (MISRA; DAS, 1979).

Vários outros estudos relataram resultados semelhantes de supressão de um fitonematoide ectoparasito migrador e endoparasito sedentário: *C. xenoplax* com *M. hapla* em uva (*Vitis* sp.) (SANTO; BOLANDER, 1977); *P. minor* e *M. javanica* em tomate (*Solanum lycopersicum*) (VAN GUNDY; KIRKPATRICK, 1975); *H. columbus* e *M. incognita* em algodão (*Gossypium hirsutum*), nesse caso, provavelmente, alterando a fisiologia do hospedeiro em vez de competição direta por locais para alimentação (KRAUS-SCHMIDT; LEWIS, 1981).

Em contraponto, existem relatos de fitonematoides endoparasitos sedentários que suprimiram os endoparasitos migradores e ectoparasitos. Acredita-se que esses mecanismos são provavelmente ligados mais a fisiologia radicular do que a processos mecânicos. Raízes parasitadas por espécies de nematoides endoparasitos sedentários podem se tornar menos atraentes ou adequadas aos nematoides ectoparasitos, com a produção de exsudatos diferenciados, por exemplo. Em estudos com algodão em ambiente controlado, *M. incognita* suprimiu *Scutellonema brachyurum*, após 60 dias (KRAUS-SCHMIDT; LEWIS, 1981);

M. incognita inibiu *T. brassicae* em tomate, após 30 dias (ALAM et al., 1975) e *M. incognita* suprimiu *T. agri* em trevo vermelho em três avaliações; aos três, cinco e sete meses após a inoculação (AMOSU; TAYLOR, 1975).

Em campo, após 4 anos, verificou que *M. hapla* antagonizou *Xiphinema americanum* em alfafa. O autor quantificou o dobro de *X. americanum* nas parcelas que não continham *M. hapla*, demonstrando que *M. hapla* pode limitar o número de locais de alimentação mas, provavelmente, altera a fisiologia radicular do hospedeiro se tornando menos adequado (NORTON, 1969).

A relação entre nematoides ectoparasitos e endoparasitos sedentários ainda pode ser mutuamente supressiva. Ocorre que, às vezes, ambas as espécies podem predominar ou não de acordo com fatores ambientais e edáficos. Estudos em plantações de algodoeiro, que tinham mais de seis anos, mostraram que *H. galeatus* era praticamente indetectável, porém, gradualmente foi substituindo o fitonematoide predominante na área, *M. incognita*. Em outra localidade, em condições de campo, numa área delimitada havia a predominância de *H. galeatus* e na porção restante *M. incognita* era a espécie mais abundante; porém, quando foram detectadas as duas espécies no mesmo local, ambas foram inibidas (BIRD et al., 1974). Resultados semelhantes de supressão mútua foram observados com *Globodera tabacum* e *T. claytoni* em casa de vegetação

após quatro semanas, no entanto, em condições de campo, *G. tabacum* inibiu severamente *T. claytoni*, os autores associam esse fato a persistência do cisto do nematoide no solo. Resultados semelhantes de supressão mútua foram observados em diversos experimentos em casa de vegetação; como *M. incognita* e *H. galeatus* ou *B. longicaudatus* em algodoeiro, *M. incognita* e *C. ornata* em berinjela (*Solanum melongena*) (YANG et al., 1976), *M. javanica* e *Hemicycliphora arenaria*, em tomate (VAN GUNDY; KIRKPATRICK, 1975).

A reprodução de fitonematoides ectoparasitos pode ser estimulada pela presença de nematoides sedentários, ou ocorrer o inverso. Diversos estudos em casa de vegetação revelaram que: *M. incognita* aumentou a reprodução de *H. columbus* (KRAUS-SCHMIDT; LEWIS, 1981), *M. hapla* estimulou a reprodução de *C. xenoplax* em videira (SANTO; BOLANDER, 1977) e *M. incognita* estimulou a reprodução de *Tylenchorhynchus vulgaris* em milheto (*Pennisetum glaucum*) (VAISHNAV; SETHI, 1978). Porém, em um experimento com o algodão, o fitonematoide ectoparasito *S. brachyurum* estimulou a reprodução do endoparasito sedentário *M. incognita* (KRAUS-SCHMIDT; LEWIS, 1981). Não há estudo conclusivo para os mecanismos envolvidos na supressão, mas provavelmente, eles estariam ligados à alteração da fisiologia radicular do hospedeiro.

Em noqueira-pecã (*Carya illinoensis*), *Meloidogyne partityla* suprimiu a reprodução de *Mesocriconema xenoplax*, mas

a presença de *M. xenoplax* não afetou a densidade populacional de juvenis de *M. partityla* no solo. Os autores concluíram que a presença concomitante dos nematoides foi danosa para o hospedeiro após 37 meses, porém o mais patogênico à cultura foi *M. partityla* (NYCZEPIR; WOOD, 2008).

ESTEVES et al. (2019) avaliaram a aptidão reprodutiva *in vitro* de três isolados portugueses de *P. neglectus* provenientes de batata (*Solanum tuberosum*) utilizando cultura monoxênica em discos de cenoura. Cada tratamento foi inoculado com 10 fêmeas e mantido a 25°C. Os autores observaram que os três isolados foram capazes de se reproduzir aos 56 dias após a inoculação, aumentando significativamente após 84 dias. O isolado de *P. neglectus* com melhor capacidade de reprodução foi avaliado concomitante a *M. hispanica* com batata cultivar Agria como hospedeiro. Brotos de batata foram inoculados com 250, 500, 750 e 1000 de indivíduos de ambas as espécies. Após 60 dias, os resultados demonstraram um efeito aditivo de *M. hispanica* na reprodução de *P. neglectus* quando os dois nematoides são inoculados juntos, reforçando a necessidade de monitoramento dessas espécies em regiões produtoras de batata.

As espécies de fitonematoides endoparasitos migradores são consideradas competitivas por geralmente utilizarem os mesmos locais de alimentação, sendo o fator mais importante à adequação ao hospedeiro. Em experimentos condu-

zidos por três meses com soja, *P. penetrans* suprimiu *P. allenii*. A proporção fêmeas/machos foi maior em *P. penetrans* quando foram inoculados juntamente *P. allenii*, comparados às plantas inoculadas apenas com *P. penetrans* (FERRIS et al., 1967). Resultados semelhantes foram observados na Guiné em inhame (*Dioscorea*), onde *P. coffeae* antagonizou *Scutellonema bradys* (ACOSTA; AYALA, 1976).

Fatores edáficos ou climáticos podem estar envolvidos na interação entre os fitonematoides endoparasitos migradores. Em mudas de citros, em ambiente controlado, *Radopholus similis* e *P. coffeae* foram mutuamente suprimidos após 10 a 15 meses da infestação. Há casos em que a textura do solo favorece apenas umas das espécies. Solos com textura fina predominou *P. coffeae*, já em solos de textura grossa, *R. similis* apresentou vantagem (O'BANNON et al., 1976).

O modo de alimentação dos fitonematoides sedentários é prejudicado pelo dano causado pelo movimento e alimentação dos nematoides migradores, pois ocorre dano nas células do sistema radicular. Por exemplo, *P. major* suprimiu *Meloidogyne* spp. no abacaxi (*Ananas comosus*); *P. brachyurus* inibiu *M. incognita* no algodão e *Pratylenchus* spp. suprimiu *M. incognita* em fumo (GAY; BIRD, 1973; GRAHAM et al., 1964). Frequentemente, os fitonematoides endoparasitos migradores penetram nas raízes mais rapidamente ou mesmo conseguem inibir a penetração das espécies sedentá-

rias (GAY; BIRD, 1973; TURNER; CHAPMAN, 1972).

Nematoides endoparasitos sedentários podem estimular ou suprimir espécies migradoras, dependendo da planta hospedeira. Em tomateiro, quando a inoculação acontece primeiro com *M. incognita*, esta espécie suprime *P. brachyurus*, isso está relacionado ao tomate ser um bom hospedeiro do nematoide sedentário. Algodoeiro é relatado como bom hospedeiro para *P. brachyurus* e mal hospedeiro para *M. incognita*; porém, quanto infestado primeiro por *M. incognita* diminui, um pouco, o estímulo de penetração do *P. brachyurus* nas raízes (GAY; BIRD, 1973).

A interação interespecífica de fitonematoides, com frequência, depende do tempo de exposição dos nematoides ao hospedeiro. Em estudos em grama, inicialmente *P. penetrans* inibiu a ação de *M. naasi*, mas após dez meses isso não foi mais observado (SIKORA et al., 1972). Resultado semelhante foi relatado por AMOSU; TAYLOR (1975) em estudos conduzidos em casa de vegetação, em que *M. incognita* não inibiu a população de *P. penetrans* em trevo vermelho após três meses, mas houve supressão após cinco meses de estudos.

Comparando o tipo de parasitismo, fitonematoides sedentários são mais evoluídos em relação ao modo de alimentação que as espécies migratórias. Os nematoides sedentários estabelecem um relacionamento complexo com a planta

hospedeira, alterando muito a fisiologia das raízes. Há casos em que as mudanças aumentam a adequação do hospedeiro em relação aos nematoides migradores. Isso nem sempre acontece, como no caso de *P. penetrans* e *M. incognita* que foram mutuamente supressores em ambiente controlado. Em experimentos nos quais se analisaram as raízes dos hospedeiros, substâncias translocáveis foram induzidas nas raízes pelo parasitismo de *M. incognita* que inibiu a penetração de *P. penetrans*. Entretanto, não houve demonstração e comprovação que as substâncias translocáveis produzidas pudessem inibir a penetração. Os autores apenas sugeriram que, provavelmente, isto esteja relacionado à interrupção ou mesmo à ausência de locais de alimentação para os nematoides migradores (ESTORES; CHEN, 1970; ESTORES; CHEN, 1972).

A concorrência entre espécies de fitonematoides é grandemente afetada pelo parasitismo de um hospedeiro adequado. Testes com cultivar suscetível de fumo (NC 2326) a *M. incognita*, resultou em supressão mútua a *P. brachyurus* e *M. incognita*; em cultivar suscetível (Hicks) mostrou efeito nulo de *P. brachyurus* a *M. incognita*; e em cultivares resistentes (NC95 e NC2512), *M. incognita* estimulou a reprodução de *P. brachyurus*. Estudos semelhantes evidenciaram que *P. brachyurus* suprimiu *M. hapla* nas cultivares 'Hicks' e 'NC95', mas não houve efeito nas cultivares 'NC2326' e 'NC2512'; *M. hapla* inibiu *P. brachyurus* em 'Hicks' e 'NC2326', mas sem efeito

sobre 'NC95' e 'NC2512' (JOHNSON; NUSBAUM, 1970).

O efeito da interação de duas espécies de fitonematoides na adequação de uma planta hospedeira depende da densidade populacional da espécie do nematoide. CHAPMAN; TURNER (1972; 1975) demonstraram que *P. penetrans* reduziu em 37%, a capacidade de oviposição quando *M. incognita* estava presente em densidade populacional baixa e 57%, quando a densidade de *M. incognita* foi aumentada. A densidade populacional pode afetar as interações entre as espécies que são mutuamente supressivas. Em estudos controlados, *P. penetrans* foi inibido por *Globodera tabacum*, mas quando a densidade populacional de *P. penetrans* foi maior, o contrário foi observado. Entretanto, em condições de campo, *G. tabacum* ocorre, geralmente, em comunidades monoespecíficas (MILLER; WIHRHEIM, 1968).

Diversas interações entre nematoides fitoparasitos sedentários e endoparasitos migradores são relatadas como mutuamente supressoras. Sabe-se que fatores climáticos e/ou edáficos determinam a espécie dominante. Em pomares de citros (*Citrus* sp.), observou-se que *P. coffeae* e *T. semipenetrans* são suprimidos mutuamente (KAPLAN; TIMMER, 1982). Da mesma forma, *Radopholus similis* e *M. incognita*, foram mutuamente suprimidos em pimenta preta (*Piper nigrum*), em casa de vegetação (SHEELA; VENKITESAN, 1981).

Em cultivo de cebola (*Allium cepa*), sabe-se que, isoladamente, *M. hapla* e *P. penetrans* reduzem o desenvolvimento do bulbo e, conseqüentemente, a produção. No entanto, a ação conjunta desses nematoides demonstrou danos ainda mais severos, embora cada espécie de nematoide tenha suprimido a multiplicação da outra, fato mais evidente em *P. penetrans* para *M. hapla* (PANG et al., 2009).

Nem sempre as interações entre fitonematoides endoparasitos migradores ou sedentários são negativas, há casos em que elas podem ser consideradas neutras, como relatado por LAWN; NOEL (1990). Os autores observaram que a inoculação de diversas densidades populacionais de *P. scribneri* e *H. glycines* em soja, não afetaram o desenvolvimento dos nematoides quando estudados concomitantemente. Mas, há casos em que as interações podem ser estimuladas, por exemplo, a presença de *M. incognita* aumentou a reprodução de *P. brachyurus* em fumo (JOHNSON; NUSBAUM, 1970) e *M. naasi* estimulou *P. penetrans* em grama (SIKORA et al, 1979). Infestação prévia de *Ditylenchus dipsaci* em uma cultivar de alfafa (*Medicago sativa*) resistente a nematoide de galhas reduziu a resistência da cultivar a *M. hapla* (GRIFFIN, 1972; GRIFFIN, 1980).

HERMAN et al. (1988) utilizaram soja como hospedeiro e relacionaram a interação de *M. incognita* e *P. brachyurus*. Em uma mesma planta, o sistema radicu-

lar foi dividido em duas partes, em umas das partes foi inoculado *M. incognita* e no sentido oposto *P. brachyurus*, além disso, em um dos tratamentos, ambos nematoides foram inoculados conjuntamente. Os resultados demonstraram que *M. incognita* suprimiu a reprodução de *P. brachyurus* quando coabitando a metade do sistema radicular ou quando infectados em lados opostos do sistema radicular, porém *P. brachyurus* afetou *M. incognita* somente se ambos nematoides infestaram o mesmo lado do sistema radicular.

Estudos relacionados à influência da temperatura, da planta hospedeira e da interação interespecífica entre *P. neglectus* e *M. chitwoodi* em batata e cevada (*Hordeum vulgare*), demonstraram que a penetração radicular de *P. neglectus* foi afetada pelo parasitismo de *M. chitwoodi* (UMESH; FERRIS, 1994); a inoculação concomitante das espécies, nas temperaturas de 15 e 25°C, resultou em menor número de *P. neglectus* em ambos hospedeiros. Os autores concluíram que há uma interação competitiva entre as espécies estudadas, sendo que *P. neglectus* foi supressor, variando as temperaturas e hospedeiros e que essa interação causou danos às plantas. Posteriormente, esses resultados foram comprovados por HAFEZ; SUNDARARAJ (2000) em estudos com batata, nos quais os mesmos nematoides inoculados, isoladamente ou em conjunto, refletiram em danos.

Como exposto, nota-se a ocorrência de danos causados com duas espécies

de fitonematoides concomitante, porém há relatos de casos onde mesmo havendo danos causados por dois fitonematoides eles não são maiores quando comparados aos danos causados apenas por uma espécie isoladamente. NYCZEPIR (2009) em estudos com pessegueiro, demonstrou que mesmo havendo supressão de *M. incognita* por *P. vulnus* com relação à densidade populacional, o desenvolvimento das plantas inoculadas apenas com *M. incognita*, foi mais afetado.

Quando analisados diferentes níveis de inóculos de *P. zae* e *M. incognita* em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), FONTANA et al. (2015) concluíram que, o aumento da densidade populacional inicial de uma espécie, implica da supressão da outra, contudo, ambas aumentaram sua população. Quando submetidas ao mesmo nível de inóculo, *P. zae* foi mais eficiente em reproduzir-se do que *M. incognita*, mas o desenvolvimento vegetativo não foi afetado mesmo quando utilizado populações mistas ou apenas uma espécie.

Em experimentos em casa de vegetação, no Marrocos, foram selecionados cultivares de trigo (*Triticum aestivum* e *T. durum*) resistentes aos nematoides *P. penetrans* e *P. thornei*. Foram observadas três linhagens resistentes baseados na quantificação de nematoides no sistema radicular, após nove semanas. A durabilidade da resistência dessas cultivares de trigo foi investigada pelos autores a partir da inoculação concomitante das plantas com *H. avenae*, sendo que três linha-

gens permaneceram moderadamente resistentes na presença de *H. avenae* e as populações de *Pratylenchus* diminuíram (MOKRINI et al., 2018).

FERRAZ (1995) avaliou o efeito de diferentes densidades populacionais isolados e concomitantes de *M. javanica* e *P. brachyurus* numa cultivar suscetível de soja 'Cristalina'. Após 60 dias da inoculação, ocorreu antagonismo entre *P. brachyurus* e *M. javanica* em infestações conjuntas, com efeitos adversos mais comuns sobre *P. brachyurus*. A ocorrência ou não de redução significativa no crescimento das plantas, nas infestações simples ou conjuntas, dependeram dos níveis de inóculo inicial dos nematoides utilizados.

Os mesmos nematoides foram estudados por FONTANA et al. (2018), que avaliaram a interferência do aumento populacional de *M. javanica* sobre a reprodução de *P. brachyurus* e o efeito de populações mistas no desenvolvimento da soja cv. Pintado (BRS/MT). Após 65 dias, observou-se que o aumento na população de *M. javanica* reduziu em 79 a 73% a população de *P. brachyurus*, assim o aumento de número de nematoides reduziu o desenvolvimento do hospedeiro.

Nematoides endoparasitos sedentários são altamente especializados, com uma relação parasito/hospedeiro complexa e duradoura (FERRAZ; BROWN, 2016). As interações entre espécies de *Meloidogyne*, entre os gêneros *Heterodera* e *Meloidogyne*, entre *Rotylenchus*

reniformis e espécies de *Meloidogyne* e entre *R. reniformis* e *Tylenchulus semipenetrans* são as mais relatadas e estudadas.

Geralmente, quando duas espécies endoparasitos sedentários ocorrem concomitantemente, elas são mutuamente suprimidas, pois há escassez da disponibilidade de locais para alimentação e alterações fisiológicas radiculares (NORTON, 1969); no entanto, podem ocorrer interações neutras ou estimulantes para algumas espécies.

Em condições de campo, é comum a ocorrência de duas ou mais espécies de *Meloidogyne* concomitantemente, no solo, no sistema radicular ou mesmo nas galhas indicando que há uma competição entre as espécies. Há outros fatores importantes que influenciam o domínio de uma espécie. Sabe-se que a temperatura é um fator importante, pois algumas espécies de fitonematoides são mais comuns em climas frios e outras, em climas quentes.

Em experimentos conduzidos em casa de vegetação com tomateiros, *M. javanica* suprimiu *M. incognita* e *M. hapla* sob temperaturas abaixo de 20 °C, mas, quando em temperaturas foram acima deste valor, *M. incognita* dominou as outras duas espécies (MINZ; STRICH-HARRARI, 1959). Juvenis de *M. incognita* e *M. hapla* inoculados simultaneamente, em plantas mantidas em ambiente com temperaturas elevadas, resultaram em 90% de fêmeas de *M. incognita* e 10% de

fêmeas de *M. hapla*; mas, em temperatura baixa, a porcentagem de fêmeas de *M. incognita* caiu para 57% (CHAPMAN, 1965). Temperaturas baixas, geralmente, favorecem *M. hapla*, porém essa espécie foi dominada por *M. incognita* a 20 °C.

Além da temperatura, outro fator importante para a dominância de uma determinada espécie de *Meloidogyne* é a densidade populacional do fitone-matote. Estudos em casa de vegetação, em temperatura considerada moderada, variando entre 20 e 25 °C, *M. incognita* suprimiu *M. hapla* em cultivares resistentes de fumo (NC95 e NC2512) a *M. incognita*, em inoculações simultâneas dos nematoides, *M. incognita* penetrou mais e rapidamente comparado, sendo que toda a área do sistema radicular favorável a alimentação dos nematoides foram ocupados e, conseqüentemente, destruídos pela reação de hipersensibilidade do hospedeiro (JOHNSON; NUSBAUM, 1970).

As interações entre *Meloidogyne* e *Heterodera* podem sofrer efeito inibidor, estimulador ou nulo. Em experimentos conduzidos em ambiente controlado, *M. graminicola* antagonizou *H. oryzicola* em arroz (*Oryza sativa*), após 52 dias com inoculações simultâneas das duas espécies ou espaçadas em sete dias (RAO; PRASAD, 1981). Em feijão caupi (*Vigna unguiculata*) com inoculação simultânea, em ambiente controlado, não houve interação entre *M. incognita* e *H. cajani*, ou entre *M. hapla* e *H. schachtii* em beterraba (*Beta vulgaris*) (SHARMA; SETHI,

1978). Mas, quando a inoculação do hospedeiro é realizada primeiramente por *M. hapla*, essa espécie, estimula a ação de *H. schachtii* (JATALA; JENSEN, 1976; JATALA; JENSEN, 1983).

Há relatos de supressão ou efeito nulo de espécies de *Heterodera* a *Meloidogyne*. *Heterodera schachtii* inibiu *M. hapla*, em tomateiro e em beterraba (GRIFFIN; WAITE, 1982; JATALA; JENSEN, 1976). A relação dessas duas espécies é dependente da densidade populacional e do tempo da interação (SHARMA; SETHI, 1978). Baixas densidades populacionais de *M. incognita* não tiveram efeito sobre *H. glycines* em soja cultivada em campo, em microparcels; porém, altas densidades populacionais suprimiram *H. glycines* no início do desenvolvimento do hospedeiro e *M. incognita* foram estimulados no final do ciclo da soja (ROSS, 1964).

A inoculação prévia de *M. incognita*, em casa de vegetação, foi prejudicial para *H. cajani* em feijão caupi, mas quando *H. cajani* foi inoculado primeiro, os resultados mostraram que *M. incognita* foi prejudicado. Resultados de inoculações simultâneas, quando comparados, são dependentes da densidade e, na maioria dos casos, antagônicos (SHARMA; SETHI, 1978). Em estudos controlados com beterraba como hospedeira, a inoculação prévia de *H. schachtii* suprimiu *M. hapla*, mas a infecção prévia de *M. hapla* estimulou *H. schachtii* (JATALA; JENSEN, 1976; JATALA; JENSEN, 1983).

Interações entre *Meloidogyne* e *Rotylenchulus* podem ser supressoras de uma ou ambas as espécies. Com inoculações simultâneas em soja, em casa de vegetação, *M. incognita* suprimiu *R. reniformis* (SINGH, 1976). Resultados semelhantes foram obtidos em feijão 'Vigna mungo' (MISHARA; GAUR, 1982). Entretanto, em mudas de videiras, as duas espécies foram mutuamente antagônicas, embora *M. incognita* tenha sido um pouco mais competitiva ao longo do tempo (RAS; SESHADRI, 1981). De modo geral, *R. reniformis* inibe *M. incognita* em tomateiro, porém, quando a densidade populacional de *M. incognita* é superior a *R. reniformis*, este é suprimido pelo nematoide das galhas (KHEIR; OSMAN, 1977; WINOTO; LIM, 1972). Da mesma forma, *R. reniformis* inibiu inicialmente *M. javanica*, mas foi menos competitivo ao longo do tempo em feijão caupi (TAHA; KASSAB, 1979; TAHA; KASSAB, 1980). O curto ciclo de vida de *R. reniformis* permitiu aumentar rapidamente e suprimir *M. javanica* após 60 dias, mas nenhuma diferença ocorreu aos 90 dias (RAS; PRASAD, 1971).

Segundo THOMAS; CLARK (1983), interações entre espécies de *Meloidogyne* e *R. reniformis* são dependentes de densidade populacional e do tempo. Em campo, baixos níveis populacionais de *R. reniformis* inibiram *M. incognita* em batata-doce (*Ipomoea batatas*), enquanto variações na densidade populacional de *M. incognita* não tiveram efeito sobre *R. reniformis*. No entanto, altos níveis de

M. incognita suprimiram *R. reniformis*, que não afetou o nematoide de galhas. Os autores observaram que cada espécie foi capaz de suprimir a outra para se tornar espécie dominante. Níveis de densidade populacional de *M. incognita* altos ou baixos reduziram a reprodução de *R. reniformis*, mas que *R. reniformis* não causou efeito na taxa de reprodução de *M. incognita*.

A interação entre *Tylenchulus semipenetrans* e *R. reniformis*, em videira, revelaram esses nematoides são mutuamente supressivos, mas quando inoculados separadamente, há um aumento na densidade populacional de ambas as espécies (TAHA; SULTAN, 1977).

Com o objetivo de analisar relações interespecíficas entre *M. javanica* e raças de *M. incognita*, KHAN; HAIDER (1991) em tomateiro, demonstraram que a interação entre as espécies foi mutualmente inibitória, já que as variáveis analisadas de desenvolvimento dos nematoides foram afetadas nos tratamentos inoculados simultaneamente com as duas espécies. Os autores concluíram também, que a raça 2 de *M. incognita* mostrou-se mais competitiva. Porém, essa interação não é intensa, mas é importante, pois em condições de campo as espécies coexistem.

Relações entre *M. incognita* raça 2 e *R. reniformis* em genótipos suscetível e resistente de soja foram avaliadas em casa de vegetação e em campo. Em casa de vegetação, o desenvolvimento

de *M. incognita* no genótipo de soja suscetível foi estimulado na presença de *R. reniformis*; no campo, densidades populacionais baixas de ambos os nematoides demonstraram resultados similares a danos relatados com altas populações de nematoides das galhas. O genótipo resistente a *M. incognita* teve alto índice de multiplicação de *R. reniformis* demonstrando, assim, que a resistência de hospedeiro é o fator chave para determinar a relação entre essas duas espécies de fitonematoides (STETINA et al., 1997).

ANVER; ALAM (1999) estudaram a eficácia de tratamentos orgânicos - neem, mamona, nabo e rúcula - contra a infecção concomitante de *M. incognita* e *R. reniformis* juntamente com o fungo *Purpureocillium lilacinus* (= *Paecilomyces lilacinus*), em grão de bico. Os tratamentos com nematoides isolados e nematoides concomitantes tiveram uma redução significativa no desenvolvimento das plantas, porém o efeito danoso de *M. incognita* foi maior que o de *R. reniformis*, mas a inoculação combinada causou redução adicional, todavia menor que a soma de danos causada por qualquer um deles sozinho.

Os estudos mais evidenciados e divulgados, geralmente, estão relacionados às grandes culturas e seu principal fitopatógeno, em sua maioria, os nematoides das galhas. Mas, estudos de levantamento demonstram que várias espécies de nematoides coabitam o mesmo ambiente, o sistema radicular.

No Paquistão, SAFDAR; McKENRY (2012) fizeram um levantamento de fitonematoides em áreas com diversas finalidades de produção agrícola. Foram coletados, entre os anos de 2007 e 2009, 325 amostras de solo e raízes. Os autores observaram que 90% das amostras continham *M. incognita*; *P. penetrans* (30,2%); *T. clarus* (29%); *H. columbus* (15%), *P. minor* (7,5%), abrangendo todos os hábitos alimentares e diferentes relações do parasito com a cultura hospedeira.

No Brasil, levantamentos populacionais dos fitonematoides mostram a diversidade de espécies não somente em áreas com diversas plantas hospedeiras, mas sim, em culturas perenes. Por exemplo, SILVA et al. (2008) avaliaram o efeito do uso agrícola do solo sobre comunidade de fitonematoides comparadas a áreas preservadas da floresta amazônica no Estado do Mato Grosso. Dos 14 táxons identificados, alguns com relevância de perdas de produção foram relatados, como: *M. exigua*, *M. javanica*, *P. zaeae*, *P. loosi*, *X. ensiculiferum*, *X. luci* entre outros.

As espécies *M. incognita*, *M. exigua* e *P. coffeae* são as espécies mais mencionadas em levantamentos em regiões cafeeiras da América Central. Contudo, a nematofauna presente nos campos é complexa. Os principais gêneros, *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, são observados frequentemente coabitando com espécies de outros gêneros, cuja patogenicidade sobre cafeeiros não é conhecida,

nem mesmo interações entre as principais espécies relatadas (VILLAIN et al., 1999). Na Guatemala, quase todas as regiões produtoras de café são infestadas por fitonematóides. O gênero *Pratylenchus* é o mais frequente, em populações isoladas ou associadas ao gênero *Meloidogyne*. Em regiões de baixa altitude, inferior a 800 m, e expostas a índices pluviométricos altos, 2.000 mm ao ano, a incidência de *Meloidogyne* é maior; contudo, condições contrárias favorecem a ocorrência de *Pratylenchus*.

Na Guatemala e Costa Rica (BERTRAND et al., 1998; 2001) foram observados que os gêneros *Pratylenchus* e *Meloidogyne* têm distribuição espacial muito agregada, já que estão no solo e possuem baixa dispersão. Altos níveis populacionais de um gênero geralmente excluem ou suprimem o outro gênero coabitante. Quando se utiliza uma cultivar de cafeeiro arábica resistente a *Meloidogyne exigua*, ocorre um aumento nos níveis populacionais de espécies de *Pratylenchus*, ou seja, o cultivo de uma cultivar resistente a uma dessas populações pode ocasionar alterações importantes na nematofauna. Com isso, algumas espécies que estavam com baixo índice populacional, que não ocasionavam danos ou prejuízos, se tornam preocupantes por causa da supressão causada pelo hospedeiro (VILLAIN et al., 1999).

HERVÉ et al. (2005) observaram a densidade populacional e sua distribuição em cafezais da Guatemala e Costa Rica com relação a *Pratylenchus* e *Me-*

loidogyne. Os autores notaram que a distribuição dos nematóides foi agregada. Essa característica indica uma colonização em focos ligados a adaptações ecológicas dos dois gêneros. Para *Pratylenchus* e *Meloidogyne* os dados se ajustam para distribuições binomiais negativas e a intensidade de agregação parece estar ligada ao tamanho da população considerada. No mesmo estudo, observou-se que a agregação era maior quando o número de nematóides era menor. Portanto, é razoável supor que a infestação começa nos viveiros de mudas ou logo após o plantio, resultando no desenvolvimento de focos sucessivos após a infestação por alguns indivíduos cujas progênies formam focos altamente agregados devido a sua capacidade limitada de se locomover pelo solo. Com o passar do tempo, existe um aumento populacional do nematoide, há uma pressão seleção para o surgimento de populações com alta taxa de reprodução e com habilidade de se distribuir mais rapidamente no sistema radicular resultando em uma população menos agregada.

Regiões cafeeiras do Brasil também têm sido estudadas para entender a relação de danos. Em Rondônia, o fitonematoide mais presente em cafezais é *M. exigua*. Entretanto, VIEIRA Jr. et al. (2008) constataram um aumento na distribuição de *M. incognita*, concluindo que há disseminação, principalmente por meio de mudas infestadas, já que averiguaram elevada ocorrência dos fitonematóides em municípios onde o cultivo do café é

mais recente. No mesmo estudo, houve detecção de *M. javanica* nas amostras. Porém, a ocorrência e multiplicação desse nematoide, que não é parasita em cafeeiro, encontra-se nas culturas nas entrelinhas do cafezal.

Visando a seleção de cafeeiros resistentes à nematoide de galhas, CARNEIRO et al. (2005) analisaram 54 populações de *Meloidogyne* provenientes de cafezais do Estado de São Paulo e Minas Gerais e concluíram que as populações de *Meloidogyne* apareceram misturadas em 24% das amostras, predominando as espécies *M. incognita* e *M. paranaensis*, enquanto que *M. exigua* foi detectada em menor número.

Em outro levantamento com intuito de investigar lavouras de cafeeiros arábicos de alguns municípios produtores de café do Sul de Minas Gerais, SALGADO et al. (2015) analisaram a incidência do nematoide de galhas em 165 amostras. O gênero *Meloidogyne* foi encontrado em 40,03% das amostras, sendo *M. exigua* em 92,95%; seguido de *M. paranaensis* com 4,22% e mistura das duas espécies em 2,81% das amostras. Os autores destacaram que nos municípios em que *M. paranaensis* foi detectado observaram intenso depauperamento e morte das plantas.

No Estado de São Paulo, existem vários estudos e levantamentos relacionam espécies dos nematoides de galhas ao cafeeiro. Dentre estão: *M. exigua*, *M. coffeicola*, *M. incognita*, *M. paranaenses* e

M. hapla, este último, disseminado apenas em uma região restrita (OLIVEIRA; ROSA, 2018).

KUBO et al. (2004) realizaram coleta de raízes em cafezais paulistas, com o intuito de demonstrar a distribuição geográfica dos nematoides das lesões. Nesse estudo, foram relatadas as espécies *P. brachyurus*, *P. coffeae*, *P. jaehni* e *P. vulnus*.

É conveniente considerar a nemato-fauna em seu conjunto e não somente as espécies existentes separadamente. Portanto, é necessário conhecer bem a diversidades biológicas das populações, assim como as relações que essas populações tenham entre si e com a planta hospedeira. Só assim implementar estratégias de manejo integrado eficaz a longo prazo. Deve-se considerar os nematoides como um componente de todo um complexo patogênico de parasitas do solo (VILLAIN et al., 1999).

A quantificação e classificação correta dos nematoides parasitas de plantas está estritamente relacionada ao crescimento e rendimento esperado para no planejamento da cultura. A importância de se mensurar as densidades populacionais iniciais está ligada ao fato de que os nematoides possuem taxas de mobilidade e reprodutiva relativamente baixas, em condições naturais. A implementação de culturas faz com que as relações do nematoide com planta hospedeira sejam modificadas devido à diversos fatores como a cultivar a ser uti-

lizada, idade de plantio, espécie ou raça do nematoide existente e o ambiente. Os danos ocasionados em culturas perenes provocadas por fitonematoides são, na maioria dos casos, por introdução dos patógenos, crescimento populacional de uma espécie não detectável no início da implementação da cultura, ou por ambos. Estudo de caracterização das interações de nematoide com a planta hospedeira, assim como as interações de comunidades concomitantes de nematoides tem um papel importante no desenvolvimento de sistemas de controle eficazes para reduzir a população inicial do nematoide chave, porém não aumentando os níveis populacionais de fitonematoides, até então considerados de importância secundária, podendo assim, se tornar o principal causador de danos.

Modelos específicos para avaliação de danos estão sendo empregados com bons resultados, destacando-se o esta-

belecido por DROPKIN; NELSON (1960) que classifica as plantas em relação ao fitonematoides, em função da redução do nematoide e desenvolvimento da planta, englobando os conceitos parasitológicos e fitopatológicos, visando assim, suprimir os interesses das pesquisas em manejo de nematoides fitoparasitos, incluindo como processos fundamentais as relações dos patógenos com hospedeiro, interações ecológicas e considerações econômicas. Contudo, há escassez desses estudos, principalmente em nosso país. O conhecimento dos mecanismos que giram em torno da relação da abundância e diversidade da nematofauna, bem como interações das espécies em danos causados às plantas hospedeiras são fundamentais para a adoção de medidas de manejo de fitonematoides, necessitando cada vez mais de trabalhos relacionados ao conhecimento das interações de populações concomitantes e o potencial de dano causado.

Agradecimentos

Os autores são gratos ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (CBP&D-Café), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Processo CNPq/DT N° 307.610/2020-9), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (PDIP-FAPESP, processo 2017/50334-3), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café (INCT-Café), pelo fomento às atividades de pesquisa e concessão de bolsas aos autores.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, N.; AYALA, A. Effects of *Pratylenchus coffeae* and *Scutellonema bradys* alone and in combination on guinea yam (*Dioscorea rotundata*). *Journal of Nematology*, v.8, p.315-317, 1976.
- ALAM, M. M.; HASSAN, N.; SAXENA, S. K. Influence of concomitante populations of *Meloidogyne incognita* and *Tylenchorhynchys brassicae* on their development and on the growth of tomato. *Indian Journal of Nematology*, v.5, p.247-249, 1975.
- AMOSU, J. O.; TAYLOR, D. P. Interaction of *Meloidogyne hapla*, *Pratylenchus penetrans* and *Tylenchorhynchus ogri* on Kenland red clover, *Trifolium pratense*. *Indian Journal of Nematology*, v.4, p.124-131, 1975.
- ANVER, S.; ALAM, M. M. Control of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchus reniformis* singly and concomitantly on chickpea and pigeonpea. *Archives of Phytopathology & Plant Protection*, v.32, p.161-172, 1999.
- BERTRAND, B.; ANTHONY, F.; LASHERMES, P. Breeding for resistance to *Meloidogyne exigua* in *Coffea arabica* by introgression of resistance gene of *Coffea canephora*. *Plant Pathology*, v.50, p.637-643, 2001.
- BERTRAND, B. et al. Relations entre les populations des nématodes *Meloidogyne exigua* et *Pratylenchus* sp., dans les racines de *Coffea arabica* au Costa Rica. *Plantations, Recherche, Développement*, v.5, p.279-286, 1998.
- BIRD, G. W.; BROOKS, O. L.; PERRY, C. E. Dynamics of concomitant field populations of *Hoplolaimus columbus* and *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology*, v.6, p.190-194, 1974.
- BRAUN, A. L.; MOJTAHEDI, H.; LOWNSBERY, B. F. Separate and combined effects of *Pratylenchus neoamblycephalus* and *Criconemoides xenoplax* on 'Myrobalan' plum. *Phytopathology*, v.65, p.328-33, 1975.

- CARNEIRO, R. M. D. G. et al. Identificação e caracterização de espécies de *Meloidogyne* em cafeeiros nos Estados de São Paulo e Minas Gerais através dos fenótipos de esterase e SCAR-Multiplex-PCR. *Nematologia Brasileira*, v.29, p.233-241, 2005.
- CHAPMAN, A. R.; TURNER, D. R. Effect of entrant *Meloidogyne incognita* on reproduction of concomitant *Pratylenchus penetrans* in red clover. *Journal of Nematology*, v.4, p.221, 1972.
- CHAPMAN, A. R.; TURNER, D. R. Effect of *Meloidogyne incognita* on reproduction of *Pratylenchus penetrans* in red clover and alfalfa. *Journal of Nematology*, v.7, p.6-10, 1975.
- CHAPMAN, R. A. Development of *Pratylenchus penetrans* and *Tylenchorhynchus martini* on red clover and alfalfa. *Phytopathology*, v.49, p.357-359, 1959.
- CHAPMAN, R. A. Infection of single root systems by larvae of two coincident species of root-knot nematodes. *Nematologica*, v.12, p.89, 1965.
- DROPKIN, V. H.; NELSON, P. E. The histopathology of root-knot nematode infections in soybean. *Phytopathology*, v.50, p.442-447, 1960.
- EISENBACK, J. D. Interactions among concomitant populations of nematodes. In: KHAN, M. Nematodes Interactions. Springer: Dordrecht. Cap.17, p.193-213, 1985. DOI: 10.1007/978-94-011-1488-2.
- ESTEVES, I. et al. In vitro reproduction of *Pratylenchus neglectus* on carrot discs and investigation of its interaction with *Meloidogyne hispanica* on potato. *European Journal Plant Pathology*, v.153, p.957-963, 2019.
- ESTORES, R. A.; CHEN, T. A. Interaction of *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne incognita acrita* as cohabitants on tomatoes. *Phytopathology*, v.60, p.1291, 1970.
- ESTORES, R. A.; CHEN, T. A. Interactions of *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne incognita* as cohabitants in tomato. *Journal of Nematology*, v.4, p.170-170, 1972.
- FERRAZ, L. C. C. B. Interações entre *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne javanica* em soja. *Scientia Agricola*. v.52, p.305-309, 1995.
- FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. Nematologia de Plantas: fundamentos e importância. Manaus, Norma (e-book). 251p. 2016. Disponível em: <<http://docentes.esalq.usp.br/sbn/ferbro/FerrazBrown2016.pdf>>.
- FERRIS, V. R.; FERRIS, J. M.; BERNARD, R. L. Relative competitiveness of two species of *Pratylenchus* in soybeans. *Nematologica*, v.13, p.143, 1967.
- FONTANA, L. F. et al. Interference of *Meloidogyne javanica* in the reproduction of *Pratylenchus brachyurus* in soybean cultivar BRS/BR pintado. *Summa Phytopathologica*, v.44, p.143-147, 2018.

- FONTANA, L. F. et al. Competition between *Pratylenchus zae* and *Meloidogyne incognita* on sugarcane. *Nematropica*, v.45, p.1-8, 2015.
- GAY, C. M.; BIRD, G. W. Influence of concomitant *Pratylenchus brachyurus* and *Meloidogyne* spp. on root penetration and population dynamics. *Journal of Nematology*, v.5, p.212-217, 1973.
- GOULART, A. M. C. Análise de dados em estudos de diversidade de nematoides. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 46 p. 2009.
- GRAHAM, T. W.; FORD, Z. T.; CURRIN, R. E. Response of root-knot resistant tobacco to the nematode disease complex caused by *Pratylenchus* spp. and *Meloidogyne incognita acrita*. *Phytopathology*, v.54, p.205-210, 1964.
- GRIFFIN, G. D. Interaction of *Meloidogyne hapla* and *Ditylenchus dipsaci* on root-knot resistant alfalfa. *Phytopathology*, v. 62, p.1103, 1972.
- GRIFFIN, G. D. Interrelationship of *Meloidogyne hapla* and *Ditylenchus dipsaci* on resistant and susceptible alfalfa. *Journal of Nematology*, v.12, p.287-293, 1980.
- GRIFFIN, G. D.; WAITE, W. W. Pathological interaction of a combination of *Heterodera schachtii* and *Meloidogyne hapla* on tomato. *Journal of Nematology*, v.14, p.182-187, 1982.
- HAFEZ, S. L.; SUNDARARAJ, P. Concomitant interaction of *Meloidogyne chitwoodi* and *Pratylenchus neglectus* in a potato cropping system. *Nematologia Mediterranea*, v.28, p.89-92, 2000.
- HAQUE, M. S.; MUKHOPADHYAYA, M. C. Pathogenicity of *Macrophomina phaseoli* on jute in the presence of *Meloidogyne incognita* and *Hoplolaimus indicus*. *Journal of Nematology*, v.11, p.318-320, 1979.
- HERMAN, M.; HUSSEY, R. S.; BOERMA, H. R. Interactions between *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus brachyurus* on soybean. *Journal of Nematology*, v.20, p.79-84, 1988.
- HERVÉ, G. et al. Distribution analyses of *Meloidogyne* spp and *Pratylenchus coffeae sensu lato* in coffee plots in Costa Rica and Guatemala. *Plant Pathology*, v.54, p.471-475, 2005.
- JATALA, P.; JENSEN, H. J. Parasitism of *Beta vulgaris* by *Meloidogyne hapla* and *Heterodera schachtii* alone and combination. *Journal of Nematology*, v.8, p.200-205, 1976
- JATALA, P.; JENSEN, H. J. Influence of *Meloidogyne hapla* Chitwood, 1949 on development and establishment of *Heterodera schachtii* Schmidt, 1987 on *Beta vulgaris* L. *Journal of Nematology*, v.15, p.564-566, 1983.
- JOHNSON, A. W. Pathogenic and interaction of three nematode species on six bermudagrasses. *Journal of Nematology*, v.2, p.36-41, 1970.

- JOHNSON, A. W.; NUSBAUM, C. J. The activity of *Tylenchorhynchus claytoni*, *Trichodorus christiei*, *Pratylenchus brachyurus*, *P. zae* and *Helicotylenchus dihystera* in single and multiple inoculations on corn and soybean. *Nematologica*, v.14, p.9, 1968.
- JOHNSON, A. W.; NUSBAUM, C. J. Interactions between *Meloidogyne incognita*, *M. hapla* and *Pratylenchus brachyurus* in tobacco. *Journal of Nematology*, v.2, p.334-340, 1970.
- KAPLAN, D. T.; TIMMER, L. W. Effects of *Pratylenchus coffeae* – *Tylenchulus semipenetrans* interactions on nematode population dynamics in citrus. *Journal of Nematology*, v.14, p.386-373, 1982.
- KHAN, M. W.; HAIDER, S. R. Interaction of the *Meloidogyne javanica* with different races of *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology*, v.23, p.298-305, 1991.
- KHEIR, A. M.; OSMAM, A. A. Interaction of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* on tomato. *Nematologia Mediterranea*, v.5, p.113-116, 1977.
- KRAUS-SCHMIDT, H.; LEWIS, S. A. Dynamics of concomitant populations of *Hoplolaimus columbus*, *Scutellonema brachyurum* and *Meloidogyne incognita* on cotton. *Journal of Nematology*, v.13, p.41-48, 1981.
- KUBO, R. K. et al. Ocorrência de nematoides do gênero *Pratylenchus* em cafezais do Estado de São Paulo. *Nematologia Brasileira*, v.28, p.159-165, 2004.
- LAWN D. A.; NOEL, G. R. Effects of temperature on competition between *Heterodera glycines* and *Pratylenchus scribneri* on soybean. *Nematropica*, v.20, p.57, 1990.
- MALAVAZI, M. et al. Um modelo de competição interespecífica: coexistência entre populações com nichos ecológicos semelhantes. *Biomatemática*, v.27, p.43-56, 2017.
- McGAWLEY, E. C.; CHAPMAN, R. A. Development of concomitant populations of *Helicotylenchus pseudorobustus*, *Paratylenchus projectus* and *Criconemoides simile* on soybean. *Journal of Nematology*, v.8, p.29, 1976.
- McGAWLEY, E. C.; CHAPMAN, R. A. Reproduction of *Criconemoides simile*, *Helicotylenchus projectus* on soybean. *Journal of Nematology*, v.15, p.87-91, 1983.
- MILLER, P. M.; McINTYRE, J. L. *Tylenchorhynchus claytoni* feeding on tobacco roots inhibits entry of *Pratylenchus penetrans*. *Journal of Nematology*, v.17, p.327, 1975.
- MILLER, P. M.; WIHRHEIM, S. E. Mutual antagonism between *Heterodera tabacum* and some other parasitic nematodes. *Plant Disease Reporter*, v.52, p.57-58, 1968.
- MINZ, G.; STRICH-HARARI, D. Inoculation experiments with *Meloidogyne* spp. on tomato roots. *Israel Journal of Agricultural Research*, v. 9, p.275-279, 1959.
- MISHARA, S. D.; GAUR, H. S. Effect of individual and concomitant inoculation with *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* on the growth of black gram *Vigna mungo*. *Indian Journal of Nematology*, v.11, p.25-28, 1982.

- MISRA, C.; DAS, S. N. Interaction of some plant parasitic nematodes on root-knot development in brinjal. *Indian Journal of Nematology*, v.7, p.46-53, 1979.
- MOKRINI, F. et al. Investigation of resistance to *Pratylenchus penetrans* and *P. thornei* in international wheat lines and its durability when inoculated together with the cereal cyst nematode *Heterodera avenae*, using qPCR for nematode quantification. *European Journal of Plant Pathology*, v.151, p.875-889, 2018.
- NORTON, D. C. *Meloidogyne hapla* as a factor in alfalfa decline in Iowa. *Phytopathology*, v.59, p.1824-1828, 1969.
- NYCZEPIR, A. P. Dynamics of concomitant populations of *Pratylenchus vulnus* and *Meloidogyne incognita* on peach. *Nematropica*, v.39, p.273-279, 2009.
- NYCZEPIR, A. P.; WOOD, W. Interaction of concurrent populations of *Meloidogyne partityla* and *Mesocriconema xenoplax* on pecan. *Journal of Nematology*, v.40, p.221-225, 2008.
- O'BANNON, J. H. et al. Comparative influence of *Radopholus similis* and *Pratylenchus coffeae* on citrus. *Journal of Nematology*, v.8, p.58-63, 1976.
- OLIVEIRA, C. M. G.; ROSA, J. M. O. Nematoides parasitos do cafeeiro. Boletim Técnico: Instituto Biológico, SP. n.32. 28p. 2018.
- OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. Meded. Landbouw. Wageningen no. 66-4. 46pp. 1966.
- PANG, W.; HAFEZ, S. L.; SUNDARARAJ, P. Concomitant interaction of *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne hapla* on onion. *Nematropica*, v.39, p.297-303, 2009.
- PINOCHET, J.; RASKI, D. J.; GOHEEN, A. C. Effects of *Pratylenchus vulnus* and *Xiphinema index* singly and combined on vine growth of *Vitis vinifera*. *Journal of Nematology*, v.8, p.330-33, 1976.
- RAO, Y. S.; PRASAD, J. S. Interaction of *Heterodera oryzicola* and *Meloidogyne graminicola* in artificial inoculation in rice. *Indian Journal of Nematology*, v.11, p.104, 1981.
- RAS, K. T.; SESHADRI, A. R. Studies on interaction between *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* on grapevine seedlings. *Indian Journal of Nematology*, v.11, p.101-102, 1981.
- RAS, B. H. K.; PRASAD, S. K. Population studies of *Meloidogyne javanica* and *Rotylenchulus reniformis* occurring together and separately and their effects on the host. *Indian Journal of Entomology*, v.31, p.194-200, 1971.
- ROSS, J. P. Interaction of *Heterodera glycines* and *Meloidogyne incognita* on soybeans. *Phytopathology*, v.54, p.304-307, 1964.

- SAFDAR, A. A.; MCKENRY, M. V. Incidence and population density of plant-parasitic nematodes infecting vegetable crops and associated yield losses in Pujan, *Pakistan. Pakistan Journal of Zoology*, v.44, p.327-333, 2012.
- SALGADO, S. M. L. et al. *Meloidogyne paranaensis* e *Meloidogyne exigua* em lavouras cafeeiras na região Sul de Minas Gerais. *Coffee Science*, v.10, p.475-481, 2015.
- SANTO, G. S.; BOLANDER, W. J. Separate and concomitant effects of *Macropostonia xenoplax* and *Meloidogyne hapla* on concord grapes. *Journal of Nematology*, v.9, p.282-283, 1977.
- SHARMA, N. K.; SETHI, C. L. Interaction between *Meloidogyne Incognita* and *Heterodera cajani* on cowpea. *Indian Journal of Nematology*, v.6, p.1-12, 1978.
- SHEELA, M. S.; VENKITESAN, T. S. Interrelationships of infectivity between the burrowing and root-knot nematode in black pepper, *Piper nigrum*. *Indian Journal of Nematology*, v.11, p.105, 1981.
- SIKORA, R. A. et al. Reduction of *Meloidogyne naasi* infection of creeping bent grass by *Tylenchorynchus agri* and *Paratrichodorus minor*. *Nematologica*, v.25, p.179-183, 1979.
- SIKORA, R. A. et al. Interaction of *Meloidogyne naasi*, *Pratylenchus penetrans*, and *Tylenchorhynchus agri* on creeping bent grass. *Journal of Nematology*, v.4, p.162-16, 1972.
- SILVA, R. A., OLIVEIRA, C. M. G.; INOMOTO, M. M. Fauna de fitonematoides em áreas preservadas e cultivadas da floresta amazônica no Estado de Mato Grosso. *Tropical Plant Pathology*, v.33, p.204-211, 2008.
- SINGH, N. D. Interaction of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* on soybean. *Nematropica*, v.6, p.76-81, 1976.
- STETINA, S. R.; MCGAWLEY, E. C.; RUSSIN, J. S. Relationship between *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* as influenced by soybean genotype. *Journal of Nematology*, v.29, p.395-403, 1997.
- TAHA, A. H. Y.; KASSAB, A. S. The histological reactions of *Vigna sinensis* to separate and concomitant parasitism by *Meloidogyne javanica* and *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of Nematology*, v.11, p.117-123, 1979.
- TAHA, A. H. Y.; KASSAB, A. S. Interrelations between *Meloidogyne incognita*, *Rotylenchulus reniformis* and *Rhizobium* sp. on *Vigna sinensis*. *Journal of Nematology*, v.12, p.57-62, 1980.
- TAHA, A. H. Y.; SULTAN, S. A. Populations of *Rotylenchulus reniformis* and *Tylenchulus semipenetrans* on grape seedlings as influenced by coincident infestation. *Nematologia Mediterranea*, v.5, p.253-257, 1977.

- THOMAS, R. J.; CLARK, C. A. Population dynamics of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* alone and in combination and their effects on sweet potato. *Journal of Nematology*, v.15, p.204-21, 1983.
- TURNER, D. R.; CHAPMAN, R. A. Infection of seedlings of alfalfa and red clover by concomitant populations of *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus penetrans*. *Journal of Nematology*, v.4, p.280-286, 1972.
- UMESH, K. C.; FERRIS, H. Influence of temperature and host plant on the interaction between *Pratylenchus neglectus* and *Meloidogyne chitwoodi*. *Journal of Nematology*, v.26 p.65-71, 1994.
- UPADHYAY, K. D.; SWARUP, G. Growth of maize plants in the presence of *Tylenchorhynchus vulgaris* Upaghyay et al. 1973, singly and combination with *Pratylenchus zaeae* Graham, 1951 and *Fusarium moniliforme* Sheld. *Indian Journal of Nematology*, v.11, p.29-34, 1981.
- VAISHNAV, M. U.; SETHI, C. L. Pathogenicity of *Meloidogyne incognita* and *Tylenchorhynchus vulgaris* on bajra and their interrelationship. *Indian Journal of Nematology*, v.8, p.1-8, 1978.
- VAN GUNDY, S. D.; KIRKPATRICK, J. D. Nematode-nematode interactions on tomato. *Journal of Nematology*, v.7, p.330-337, 1975.
- VIEIRA Jr., J. R. et al. Levantamento da ocorrência de populações do nematoide das galhas do cafeeiro (*Meloidogyne* sp.) em Rondônia. Comunicado Técnico: Embrapa Porto Velho, RO. ISSN 0103-9458. 4p. 2008.
- VILLAIN, L. et al. Los nematodos parasitos del cafeto. pp. 327-368. In: BERTRAND, B.; RAPIDEL, B. Desafios de la caficultura em Centroamerica. San José, Costa Rica: IICA-CIRAD. 496 p. 1999.
- WINOTO, S.; LIM, T. K. Interaction of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* on tomato. *Malaysian Agricultural Research*, v.1, p.6-13, 1972.
- YANG, H.; POWELL, N. T.; BARKER, K. R. Interactions of concomitant species of nematodes and *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* on cotton. *Journal of Nematology*, v.8, p.74-80, 1976.

Recebido em: 28/12/2020

Aprovado em: 01/02/2021