

EFEITO DA TEMPERATURA DO SOLO NA INFECTIVIDADE E REPRODUÇÃO DE *Meloidogyne javanica* E *Heterodera glycines* EM CULTIVARES DE SOJA

Effect of soil temperature on infectivity and reproduction of *Meloidogyne javanica* and *Heterodera glycines* in soybean cultivars

Hercules Diniz Campos¹, Juliana Resende Campos Silva¹, Vicente Paulo Campos², Luís Henrique Carregal Pereira da Silva¹, Lillian Simara Abreu Soares Costa³, Willian José Rodrigues da Silva⁴

RESUMO

A infectividade e a reprodução de *Meloidogyne javanica* e de *Heterodera glycines*, em cultivar suscetível e resistente de soja, diferiram, de acordo com a temperatura do solo. A 28° C o número de massas de ovos, total de ovos, de fêmeas e a porcentagem de sucesso de parasitismo dos juvenis do segundo estágio (J2) em cada cultivar (suscetível e resistentes) de soja infestada com *M. javanica* foram, significativamente maiores, comparados com as demais temperaturas (32° C, 26° C, 24° C e 20° C). Entretanto, a soma de juvenis do terceiro e quarto estádios (J3 e J4) foi maior em todas as cultivares, quando a temperatura submetida às plantas inoculadas com *M. javanica* foi de 20° C comparada com as demais temperaturas. A capacidade reprodutiva da fêmea (ovos por fêmea) de *M. javanica* foi sempre maior na cultivar suscetível em cada temperatura testada, porém, significativamente maior na cultivar suscetível colocada a 32° C comparada com as demais temperaturas. Nas relações *H. glycines* e soja, as temperaturas testadas proporcionaram valores semelhantes para a população total (fêmeas e cistos) na cultivar resistente. Na cultivar suscetível, a temperatura de 28° C aumentou significativamente o número de fêmeas, total de fêmeas e cistos e a porcentagem de parasitismo de J2 de *H. glycines*, comparada com todas as demais temperaturas.

Termos para indexação: Nematóides de galhas, parasitismo, *Glycine max*.

ABSTRACT

The infectivity and reproduction of *Meloidogyne javanica* and *Heterodera glycines* in susceptible and resistant soybean cultivars differs according to soil temperatures. At 28° C the egg-mass number, total eggs, and females, and percentage of parasitism success of second stage juveniles (J2) in each cultivar (susceptible and resistant) of infested soybean with *M. javanica* were significantly greater when compared to other temperatures (32° C, 26° C, 24° C and 20° C). However, the sum of third and fourth juvenile stages (J3 and J4) was greater in all cultivars when *M. javanica* inoculated plants were submitted to 20° C. The female reproductive capacity (eggs per female) of *M. javanica* was always greater on susceptible cultivars in each tested temperature, but significantly greater in the susceptible cultivars submitted to 32° C as compared to other temperatures. On the interaction between *H. glycines* and resistant soybean cultivars, the different temperatures resulted in similar values for the total population (females + cysts no.) on the resistant cultivars. On susceptible cultivars 28° C increased significantly the number of females, total females + cysts and the percentage of J2 parasitism of *H. glycines* as compared to all other temperatures.

Index terms: Root-knot nematode, parasitism, *Glycine max*.

(Recebido em 30 de março de 2010 e aprovado em 30 de maio de 2011)

INTRODUÇÃO

O emprego de cultivares de soja com resistência constitui método de fácil adoção no controle de nematóides do gênero *Meloidogyne*. Porém, essa resistência a *Meloidogyne* spp., em outras espécies vegetais, pode ser alterada pela temperatura (ARAÚJO et al., 1982, ALVES; CAMPOS, 2001). No Brasil, a soja é cultivada em diversas regiões, apresentando condições ambientais diversificadas, principalmente quando se trata

do fator temperatura, o qual proporciona maior interferência no desenvolvimento do nematóide dentro do hospedeiro. Em temperaturas altas do solo, geralmente os nematóides apresentam alta atividade. Estudos com a cultura do tomateiro (ARAÚJO et al., 1982; HAROON et al. 1993, ALVES; CAMPOS, 2001), feijoeiro, (OWEGA et al., 1990), alface e pimentão (ALVES; CAMPOS, 2001) já evidenciaram menor resistência de cultivares ou maior reprodução de *Meloidogyne* em temperaturas do solo acima de 28° C.

¹Fundação de Ensino Superior de Rio Verde/FESURV – Rio Verde, GO

²Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Fitopatologia/DFP – Lavras, MG

³Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Fitopatologia/DFP – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – lillianufla@yahoo.com.br

⁴Universidade Federal de Lavras/UFLA – Departamento de Química/DQI – Lavras, MG

A adaptação do nematóide de cisto da soja *Heterodera glycines* a diferentes ambientes tem sido causa de reavaliação de recomendações de controle cultural, embora o emprego de cultivares resistentes, aliado a outras estratégias de controle, constituam caminho eficiente no seu controle. Segundo Niblack (1999), nos países onde já se conseguiram avanços no melhoramento da soja, *H. glycines* ainda é um sério problema, principalmente em função de sua elevada variabilidade intraespecífica, pois apresenta um grande número de raças fisiológicas, aumentando a sua capacidade de se adaptar em diferentes ambientes e às novas cultivares lançadas. De acordo com Anand et al. (1995), temperatura, raça, genótipo do hospedeiro e a interação entre eles são fatores significantes e importantes na reprodução de *H. glycines* em soja. Ainda não se conhece bem a reação dos vários genótipos de soja resistentes ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e de *H. glycines* a temperaturas do solo. Assim, objetivou-se, neste trabalho, estudar o efeito de temperaturas fixas do solo na infectividade e reprodutividade de *M. javanica* e de *H. glycines* raça 3, bem como a demanda de graus-dia para completar o seu desenvolvimento em cultivar susceptível e resistentes de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção do inóculo de *Meloidogyne javanica* e de *Heterodera glycines*

M. javanica foi inoculada em soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar EMBRAPA 20 (Doko RC), semeada em vasos em casa de vegetação. Raízes galhadas foram coletadas e os ovos foram extraídos, utilizando-se a técnica de Hussey e Barker (1973). A suspensão de ovos livres de impureza foi colocada em câmara de eclosão e mantida em temperatura de $26 \pm 2^\circ \text{C}$. Apenas os juvenis de segundo estágio (J2), produzidos após 72 horas, foram usados nos ensaios.

O inóculo utilizado de *H. glycines* foi a raça 3, confirmada pelos testes em cultivares e linhagens diferenciadoras, conforme descrito por Niblack (1992). Plantas de soja, cultivar EMBRAPA 20 (Doko RC) foram inoculadas com ovos de *Heterodera glycines* raça 3 e mantidas em vasos de argila em casa de vegetação. Trinta dias após, as plantas infectadas foram retiradas dos vasos. Os sistemas radiculares foram colocados em peneira de 0,85 mm sobrepostas a de 0,18 mm e direcionados jatos de água que deslocaram as fêmeas e cistos. Os ovos dos cistos foram obtidos, utilizando a metodologia descrita por Dias et al., (1999). Para isso,

as fêmeas e cistos foram rompidos, pressionando um Becker sobre eles na própria peneira de 0,18 mm, acoplada a outra de 0,025 mm. Os ovos liberados foram recolhidos na peneira de 0,025 mm e submetidos à centrifugação em solução de sacarose composta de 454 g de açúcar por litro de água, a 2000 rpm por 1 minuto, para a eliminação de impurezas. A seguir, os ovos foram colocados em câmara de eclosão e mantidos à temperatura de $26 \pm 2^\circ \text{C}$. Nos ensaios foram empregados apenas J2, produzidos após 72 horas.

Penetração e desenvolvimento de *Meloidogyne javanica* ou *Heterodera glycines* raça 3 em raiz de soja suscetível e resistente crescida em diferentes temperaturas do solo (Ensaio 1)

Sementes de soja da cultivar EMBRAPA-20 (suscetível a *M. javanica* e *H. glycines*), MGBR-46 (Conquista) e BRSMG Garantia (resistentes a *M. javanica*) e BRSMG Liderança (resistente a *H. glycines* raça 3) foram desinfestadas com hipoclorito de sódio 1% por 1 minuto e colocadas para germinar em bandejas contendo areia grossa umedecida em sala climatizada a $27 \pm 2^\circ \text{C}$. Após 3 dias da semeadura, as sementes germinadas com radícula de 2 cm foram transferidas para os tubos de ensaio contendo 50 cm³ da mistura solo e areia grossa (2:1) desinfestada com brometo de metila na dosagem de 150 cm³ / m³ da mistura, e previamente umedecida. Quarenta e oito horas após, infestou-se o substrato de cada tubo com 100 J2 de *M. javanica* ou de *H. glycines* e, em seguida, foram mantidos em sala climatizada a $27 \pm 2^\circ \text{C}$.

Aos 4 dias após a inoculação, 6 plantas de cada cultivar foram utilizadas para avaliar a penetração de J2 no sistema radicular. Os demais tubos com plantas foram colocados em recipientes de aço inoxidável, de 1200 cm³ e, ao redor, foi adicionada areia grossa, previamente umedecida. Em seguida, o conjunto foi colocado em banho-maria próprio para aquecer vasos (ALVES; CAMPOS, 2001) e instalados em sala climatizada. Dessa forma, a areia nos recipientes e a mistura de solo e areia no interior dos tubos de ensaio foram aquecidos. As temperaturas utilizadas nos banhos-maria foram 20, 24, 28 e $32 \pm 0,3^\circ \text{C}$. Nos banhos-maria foram colocados sensores imersos na areia contida nos recipientes de aço inoxidável com as plantas e suspensos a 0,5 m acima deles para registrar a temperatura e umidade interna e externa dos recipientes. Os sensores foram conectados a cabos e estes, a "datalloggers", que registraram os dados a cada 60 minutos. Em seguida, esses dados foram descarregados em computador por meio do programa Pclink 4p.

Foi empregado o delineamento estatístico inteiramente casualizado em fatorial 3 x 4, para o ensaio com *M. javanica*, com 3 cultivares (EMBRAPA 20, MGBR-46, BRSMG Garantia) e 4 temperaturas, e fatorial 2 x 4 para o ensaio com *H. glycines*, com 2 cultivares (EMBRAPA 20 e BRSMG Liderança) e 4 temperaturas, em 6 repetições.

Aos 4 dias após a inoculação, isto é, antes das plantas serem transferidas para o banho-maria, e aos 20 dias após a inoculação dos J2, as plantas foram retiradas, jorrando-se água nas bordas dos tubos. Os sistemas radiculares foram lavados sobre peneira de 0,075 mm, para que não houvesse perda de raiz ou fêmeas no caso de *H. glycines*. Em seguida, as raízes foram submetidas ao clareamento dos tecidos em hipoclorito de sódio a 1,5% por 6 minutos para aquelas colhidas aos 4 dias após a inoculação e de 10 minutos, para aquelas 20 dias a partir da inoculação. As raízes foram enxaguadas em água corrente para eliminar todo o resíduo de hipoclorito de sódio. Foram transferidas para tubo de vidro e adicionada uma solução corante diluída até cobri-las, preparada com 3,5 gramas de fucsina ácida + 250 mL de ácido láctico + 750 mL de água destilada (adaptado de BYRD et al., 1983) e diluída 1:29 (1 mL de solução corante inicial + 29 mL de água destilada). Em seguida, foram imersas nesse corante e mantidas por 2 minutos em banho-maria com a água em ebulição. O resfriamento total foi feito em condições ambiente durante a noite. As raízes foram, então, lavadas para eliminar o excesso de corante e recolocadas nos tubos, cobertas com solução de glicerina 1:1 (glicerina pura + água destilada) e deixadas em repouso por no mínimo duas horas. Todas as raízes foram colocadas em lâmina de vidro, sobre as quais foram colocadas gotas de glicerina pura. Outra lâmina de vidro foi sobreposta e, assim, estava pronta para a observação no microscópio de objetiva invertida. Quantificou-se, aos 4 dias da inoculação, o número de J2 (*M. javanica* ou *H. glycines*) que penetrou no sistema radicular. Aos 20 dias, quantificou-se o número de juvenis do terceiro e quarto estádios de *M. javanica* conjuntamente (J3 + J4), o número de fêmeas de *M. javanica* ou *H. glycines* por sistema radicular, e o percentual de sucesso no parasitismo de ambos, o qual foi obtido, dividindo-se o número de fêmeas pelo número de J2 penetrados x 100, bem como a capacidade reprodutiva do J2 de *M. javanica*, isto é, o número de ovos produzidos por fêmea.

Reprodução de *Meloidogyne javanica* e de *Heterodera glycines* raça 3 em raiz de soja suscetível e resistentes crescidas em diferentes temperaturas do solo (Ensaio 2)

Plântulas de soja de cultivar suscetível e resistente foram cultivadas em tubos de ensaio contendo solo e areia

grossa em mistura e inoculadas com *M. javanica* ou *H. glycines*, como nos demais ensaios. Empregaram-se os mesmos tratamentos e delineamento experimental do ensaio anterior.

Aos 28 dias da inoculação, as plantas desenvolvidas nas mesmas condições já descritas no ensaio anterior, e infestadas com *M. javanica*, foram retiradas dos tubos jorrando-se água em seus bordos. Os sistemas radiculares foram lavados e imersos por 15 minutos em solução de floxina B 0,0015% para a coloração das massas de ovos de vermelho. Em seguida, o sistema radicular foi colocado sobre papel toalha por 10 minutos para retirar o excesso de água seguido da contagem do número de massas de ovos por sistema radicular. Para a avaliação do número de ovos, utilizou-se a técnica de Hussey e Barker (1973). Em microscópio de objetiva invertida, estimou-se o número total de ovos de *M. javanica* por sistema radicular (total) e a capacidade reprodutiva por fêmea, cujo valor foi obtido dividindo-se o número de ovos por sistema radicular pelo número de fêmeas por sistema radicular.

Nas cultivares infestadas com *H. glycines*, o substrato e o sistema radicular da planta de cada unidade experimental foram retirados dos tubos cuidadosamente e colocados sobre peneira de 0,85 mm sobrepostas à outra de 0,18 mm, e lavados sob jato de água. Em seguida, o sistema radicular inteiro e o material retido na peneira de 0,18 mm foram recolhidos e analisados em lupa. Quantificou-se o número de fêmeas e cistos por planta.

Na análise de variância, para os dois ensaios, utilizou-se o programa Sisvar. Os dados relativos ao número de J3 + J4 e número de massas de ovos de *M. javanica* foram transformados em raiz de $x + 0,5$ para a realização da análise de variância. Na comparação das médias, utilizou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Acúmulo de graus-dias para o desenvolvimento de *M. javanica* e de *H. glygines*

Para o cálculo dos graus-dias, a partir da penetração dos J2 nas plantas, tomou-se como base a equação utilizada por Tyler (1933), que estimou o limiar de desenvolvimento para *Meloidogyne* spp. em 10° C. A equação mencionada foi $K = y(t - T_b)$, em que K = constante térmica expressa em graus-dia; y = número de dias para o desenvolvimento pós-penetração do J2 no nematóide, que foi de 24 dias; t = temperatura média do substrato no aquecedor tipo banho-maria; T_b = temperatura base (10° C). Para *H. glycines*, foi utilizado 5° C como temperatura base, conforme sugerido por Alston e Schmitt (1988) e Schneider et al. (1989), $y = 24$ dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito da temperatura sobre a infectividade e reprodução de *M. javanica*

A temperatura do solo (de 20° C e 32° C), proporcionou semelhante ($P \leq 0,05$) sucesso de parasitismo de *Meloidogyne javanica* na cultivar suscetível (EMBRAPA 20) e nas resistentes (MGBR-46 e BRSMG Garantia), embora a penetração de juvenis do segundo estágio (J2) tenha sido maior (24%) ($P \leq 0,05$) na suscetível, comparada com às resistentes. Entretanto, o número de outros estágios (J3 + J4 e fêmeas), capacidade reprodutiva, reprodução (massa de ovos e total de ovos) foi maior na cultivar suscetível em comparação com as resistentes (Tabela 1).

Valores de parâmetros avaliados nos ensaios sobre o efeito da temperatura na infectividade e reprodução de *M. javanica* em cultivares de soja

Dessa forma, muitos J2 de *M. javanica* que penetraram nas raízes não tiveram sucesso na formação do sítio de alimentação, mesmo na cultivar suscetível, mas a alta capacidade reprodutiva das fêmeas na cultivar suscetível denota alta eficácia de suas células gigantes, no fornecimento de alimento aos juvenis e fêmeas, comparada com as resistentes, produzindo 2,3 a 3,0 vezes mais ovos (total de ovos), comparada, ainda às, resistentes.

Os efeitos resultantes das temperaturas do solo analisados individualmente em cada cultivar de soja infestada com *M. javanica* diferiram entre si em cada parâmetro avaliado. O número de massas de ovos, total de ovos, de fêmeas e a porcentagem do sucesso de parasitismo dos J2 em cada cultivar foi, significativamente, maior em todas as cultivares (suscetível e resistentes) quando a soja infestada com *M. javanica* foi crescida a 28° C, indicando aceleração dos eventos ocorridos na pós embriogênese e na postura bem acima nas plantas submetidas às demais temperaturas. Na fase embrionária (dentro do ovo), a temperatura de 28° C continuamente ou alternada com temperatura baixa (5° C e 10° C) acelera drasticamente a produção de J2 de *M. javanica* (CAMPOS et al., 2008). Entretanto, essa aceleração nos eventos de pós-embriogênese e postura de *M. javanica* nas cultivares resistentes (MGBR-46 e BRSMG Garantia) afeta o mecanismo de resistência dessas cultivares. Contudo, esse efeito não se manifestou a 32° C, nas cultivares resistentes (Tabela 2) como ocorrido em tomateiro com gene Mi inoculado com *M. javanica* e mantidos em temperaturas de 29,1 e 32° C (INOMOTO et al., 1995). Segundo Dropkin (1969), a resistência a *Meloidogyne* conferida pelo gene Mi em tomateiro é reduzida em temperaturas a partir de 28° C. A redução da resistência de tomateiro, pimentão e alface a *M. javanica* e/ou a *M. incognita* também foi observada por Alves e Campos (2001), quando as plantas foram mantidas em sala climatizada em temperaturas do solo de 29,3° C.

Tabela 1 – Valores de parâmetros avaliados nos ensaios sobre o efeito da temperatura na penetração de juvenil de segundo estágio (J2), infectividade e reprodução de *Meloidogyne javanica* em cultivares de soja.

Cultivar	Número de J2 penetrados	T (°C)	Somatório J3+J4	Nº de fêmeas	Massas de ovos	Total de ovos	Total do Sucesso no parasitismo	Total da Capacidade reprodutiva
Embrapa 20	34,17 a	32	2,83 b	28,67 b	19,83 b	11258,45 a	82,55 a	382,64 a
		28	4,17 b	50,33 a	40,17 a			
		24	5,00 b	26,83 b	21,33 b			
		20	34,17 a	7,00 c	7,17 c			
MGBR-46	26,33 b	32	4,33 b	11,67 b	12,00 b	3761,04 b	76,07 a	207,72 b
		28	0,17 c	41,00 a	24,33 a			
		24	4,00 b	15,33 b	6,83 b c			
		20	31,83 a	10,17 b	2,50 c			
BRSMG Garantia	25,50 b	32	3,33 c	16,33 b	6,50 b	4992,39 b	76,10 a	194,41 b
		28	0,00 d	49,33 a	21,67 a			
		24	14,17 b	9,17 b c	6,83 b			
		20	27,33 a	2,00 c	3,00 b			

* Médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Suscetível: EMBRAPA 20.

Resistente: MGBR-46, BRSMG Garantia.

Tabela 2 – Número total de ovos, percentual do sucesso de parasitismo e capacidade reprodutiva por fêmea de *Meloidogyne javanica* em cultivares de soja suscetível (EMBRAPA 20) e resistente (MGBR-46 e BRSMG Garantia) crescidas em diferentes temperaturas do solo.

Cultivar	Temperatura (° C)	Total de ovos	Sucesso no parasitismo (%)	Capacidade Reprodutiva / fêmea
Embrapa 20	32	16033,54 a	80,44 b	572,71 a
	28	17566,32 a	147,70 a	352,41 b
	24	9631,09 b	80,59 b	360,36 b
	20	1802,86 c	21,49 c	245,08 b
MGBR-46	32	3487,94 b	46,83 b	380,50 a
	28	8111,50 a	157,45 a	214,54 a b
	24	3064,35 b	59,96 b	197,14 b c
	20	380,39 b	40,03 b	38,71 c
BRSMG Garantia	32	3053,86 b	65,87 b	191,77 a
	28	14222,09 a	194,57 a	302,42 a
	24	2474,25 b	32,26 b c	272,06 a
	20	219,35 b	7,72 c	11,42 b

* Médias nas colunas seguidas pela mesma letra para cada cultivar não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Suscetível: EMBRAPA 20.

Resistente: MGBR-46, BRSMG Garantia.

Além disto, no trabalho ora executado, o efeito da temperatura de 28° C foi maior na cultivar resistente BRSMG Garantia, proporcionando a *M. javanica* a produção de ovos (total de ovos) bem próxima da cultivar suscetível EMBRAPA 20 e menor do que na resistente MGBR-46 (Tabela 2). Entretanto, a soma de J3 + J4 foi maior em todas as cultivares quando a temperatura submetida às plantas inoculadas foi de 20° C. Porém, pior em todos os demais parâmetros avaliados (n.º de fêmeas, massas de ovos, total de ovos, percentagem de sucesso de parasitismo dos J2 e capacidade reprodutiva) (Tabelas 1 e 2). Dessa forma, a temperatura de 20° C afeta apenas o desenvolvimento pós-embrionário (J3 + J4 dentro do hospedeiro) independente da resistência do hospedeiro. Nesses estádios (J3 e J4), as relações alimentares com o hospedeiro inexistem (KARSSSEN; MOENS, 2006) e a duração deles é curta (3 dias), período em que J3 e J4 usam o hospedeiro, praticamente, como abrigo. Mas a formação de fêmeas e a postura, que constituem os próximos passos do ciclo, são exigentes nutricionalmente (KARSSSEN; MOENS, 2006). Portanto, é possível que na temperatura de 20° C os J2 tenham sucesso na formação de células gigantes, o que propicia a alimentação no estágio de J2, mas que são, na maioria, incapazes de suprir nutricionalmente as fêmeas e muito menos a postura. Estudos posteriores deveriam ser direcionados para a mensuração volumétrica e dos aspectos fisiológicos das

células gigantes de plantas infestadas por *Meloidogyne* sp. em diferentes temperaturas e correccioná-los com a reprodução. De forma auxiliar, a temperatura de 20° C também pode ser fisiologicamente mais favorável para a evolução dos estádios J3 e J4. Por exemplo, a temperatura de 10° C propicia a multiplicação celular dentro do ovo de *M. javanica*, mas impede o avanço do seu desenvolvimento embrionário para gástrula e formação dos juvenis (CAMPOS et al., 2008).

As temperaturas acima de 24° C favorecem bem as relações *M. javanica* e as cultivares de soja estudadas em todos os parâmetros avaliados, comparadas com a temperatura de 20° C (Tabelas 1 e 2).

No número total de ovos, as cultivares resistentes infestadas com *M. javanica* proporcionaram, aproximadamente, 10 vezes mais ovos a 24° C em relação a 20° C, com essa proporção diminuindo na suscetível (EMBRAPA 20) (Tabela 2). Na cultivar suscetível (EMBRAPA 20), em cada temperatura testada, o total de ovos foi sempre maior, comparado às resistentes. Na comparação do efeito das diferentes temperaturas no total de ovos de *M. javanica* na cultivar suscetível, as temperaturas de 28° C e 32° C proporcionaram maior ($P \leq 0,05$) reprodução do que as demais (Tabela 2). A capacidade reprodutiva de fêmeas (ovos / fêmea) de *M. javanica* foi sempre maior na cultivar suscetível em cada temperatura testada, porém, significativamente maior

($P \leq 0,05$) na cultivar suscetível colocada a 32°C comparada às demais temperaturas (Tabela 2).

Valores de parâmetros avaliados nos ensaios sobre o efeito da temperatura na infectividade e reprodução de *H. glycines* em cultivares de soja

As relações de *H. glycines* e soja foram analisadas na cultivar EMBRAPA-20 (suscetível) e em BRSMG Liderança (resistente). A suscetibilidade da EMBRAPA 20 se observou numa análise conjunta (soma dos efeitos de todas as temperaturas), em que a porcentagem do sucesso de parasitismo dos J2, número total de fêmeas + cistos e número de fêmeas foram maiores ($P \leq 0,05$) comparados com a resistente BRSMG Liderança. Contudo, o número de J2 que penetrou na resistente foi maior ($P \leq 0,05$) do que na suscetível sem resultar em aumento do sucesso do parasitismo, produção de fêmeas e cistos nos tecidos da cultivar resistente (Tabela 3).

Gourd et al., (1993), relataram emigração de J2 de *H. glycines*, após 2 horas de inoculação em algumas cultivares resistentes de soja. Portanto, a resistência de BRSMG Liderança ocorre após a penetração do J2. Kim e Riggs (1992) observaram eficácia de J2 de *H. glycines* na penetração de raízes de cultivares resistentes de soja, como Peking, Forrest e Bedford, porém não formaram o sítio de alimentação interrompendo o seu desenvolvimento.

A temperatura de 28°C aumentou significativamente o número de fêmeas, total de fêmeas + cistos e a porcentagem do sucesso de parasitismo dos J2 de *H. glycines*, apenas na cultivar suscetível (EMBRAPA 20) com decréscimos progressivos e significantes nas

temperaturas de 24 e 20° C e os menores valores ($P \leq 0,05$) nas temperaturas de 20 e 32° C. Contudo, na cultivar resistente (BRSMG Liderança) o sucesso de parasitismo e número de fêmeas foram mais altos ($P \leq 0,05$) à temperatura de 24° C, sem discriminar o efeito das demais temperaturas, porém a população total (fêmea + cistos) não foi afetada pelas temperaturas testadas (Tabela 3).

Dessa forma, a expressão dos genes para resistência a *H. glycines* não é afetada por temperatura elevada como na relação *M. javanica* e soja, mas, sim, a suscetibilidade.

Requerimento térmico

Foi diferente o requerimento térmico entre o desenvolvimento de *M. javanica* e *H. glycines*. Vinte e oito graus centígrados foi a melhor temperatura para o desenvolvimento e reprodução de *M. javanica* nas cultivares de soja testadas, exigindo requerimento térmico acumulado de 425,76 graus-dia. Já *H. glycines* teve o seu parasitismo favorecido no intervalo de 24 a 28° C, e o requerimento térmico acumulado nesse intervalo foi de 452,64 e 545,76 graus-dias, respectivamente. Alves e Campos (2001), utilizando temperatura de 29,3° C, encontraram maior parasitismo de *M. javanica* e *M. incognita* raça 3, em tomateiro, a 540 graus-dia. *H. glycines*, Alston e Schmitt (1988) observaram que o melhor intervalo para o desenvolvimento foi com temperaturas médias, variando entre 21 e 31° C, acumulando 429 ± 24 graus-dia. Lauritis et al. (1982) verificaram que, entre 5 e 30° C, 25° C, proporcionou desenvolvimento mais rápido de *H. glycines* raça 3, acumulando 420 graus-dia. Já, no intervalo de 5 e 32° C, Schneider et al. (1989) encontraram um acúmulo de 520 graus-dia.

Tabela 3 – Valores de parâmetros avaliados sobre o efeito da temperatura na penetração de juvenil de segundo estágio (J2), sucesso de parasitismo e no número de fêmeas e cistos em cultivares de soja.

Cultivar	Número de J2 penetrados	T (°C)	Nº de fêmeas	Total de fêmeas	Somatório (fêmeas + cistos)	Total (fêmeas + cistos)	Sucesso no parasitismo	Total do Sucesso de parasitismo
Embrapa 20	46,50 b	32	5,67 c		6,67 c		12,27 c	
		28	28,17 a	13,33 a	21,33 a	11,37 a	60,04 a	28,57 a
		24	16,50 b		13,83 b		35,56 b	
		20	3,00 c		3,67 c		6,39 c	
BRSMG Liderança	52,33 a	32	5,17 b		4,83 a		10,00 b	
		28	4,83 b	7,17 b	3,83 a	4,08 b	9,49 b	14,09 b
		24	14,33 a		5,83 a		28,74 a	
		20	4,33 b		1,83 a		8,11 b	

* Médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Suscetível: EMBRAPA 20.

Resistente: BRSMG Liderança.

Estudos futuros devem ser direcionados para o efeito da temperatura nos eventos, após a penetração, enfocados, principalmente, na migração interna do J2 e na formação do sítio de alimentação. A temperatura afeta a expressão da resistência e suscetibilidade das cultivares de soja.

CONCLUSÃO

A temperatura de 28° C aumentou a reprodução de *M. javanica*, tanto nas cultivares resistentes como na suscetível. Já, na soja infectada por *H. glycines*, o número de fêmeas, total de fêmeas + cistos e a porcentagem do sucesso de parasitismo, foram maiores na cultivar suscetível a 28° C, porém, na resistente, o número de fêmeas e a porcentagem do sucesso de parasitismo foram maiores na temperatura 24° C.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALSTONS, D.G.; SCHMITT, D.P. Development of *Heterodera glycines* life stages as influenced by temperature. **Journal of Nematology**, Lawrence, v.20, n.3, p.366-372, July 1988.
- ALVES, F.R.; CAMPOS, V.P. Efeito do aquecimento do solo na resistência de plantas a *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita* raça 3. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v.25, n.2., p.153-162, Dez. 2001.
- ARAÚJO, M.T. et al. Effect of diurnal changes in soil temperatures on resistance to *Meloidogyne incognita* in tomato. **Journal of Nematology**, Gainesville, v.14, n.3, p.414-416, July 1982.
- ANAND, S.C.; MATSON, K.W.; SHARMA, S.B. Effect of soil temperature and pH on resistance of soybean to *Heterodera glycines*. **Journal of Nematology**, Lakeland, v.27, n.4, Dec. 1995.
- BYRD, D.W.; KIRKPATRICK, T. JR.; BARKER, K. R. An improved technique for clearing and staining plant tissues for detection of nematodes. **Journal of Nematology**, DeLeon Springs, v.15, n.1, p. 142-143, Dec. 1983.
- CAMPOS, H.D.; CAMPOS, V.P.; POZZA, E.A. Efeito da temperatura na multiplicação celular, no desenvolvimento embrionário e na eclosão de juvenis do segundo estágio de *Meloidogyne javanica*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.34, n.1, p.29-33, Jan. 2008.
- DIAS, W.P. et al. Distribuição de raças de *Heterodera glycines* no Brasil. In: Sociedade Brasileira de Nematologia (ed.). **O nematóide de cisto da soja: A experiência brasileira**. Jaboticabal, Artsingner Editores, 1999. Cap.6, p. 95-103.
- DROPKIN, V.H. The necrotic reaction of tomatoes and other hosts resistant to *Meloidogyne*: reversal by temperature. **Phytopathology**, St. Paul, v.59, n.11, p. 1632-1637, Nov. 1969.
- GOURD, T.R.; SCHMITT, D.P.; BARKER, K.R. Penetration rates by second stage juvenils of *Meloidogyne* spp. and *Heterodera glycines* into soybean roots. **Journal of Nematology**, Raleigh, v.25, p. 38-41, Mar. 1993.
- HAROON, S.A.; BAKI, A.A.; HUETTEL, R.N. An “in vitro” test for temperature sensitivity and resistance to *Meloidogyne incognita* in tomato. **Journal of Nematology**, Lakeland, v.25, n.1, p. 83-88, Mar. 1993.
- HUSSEY, R.S.; BARKER, K.R. A comparison of methods for collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. **Plant Disease Report**, St Paul, v.57, n.12, p. 1025-1128, 1973.
- INOMOTO, M.M. et al. Effect of soil temperature on tomato resistance to *Meloidogyne javanica*. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v.21, n.2, p. 175-177, 1995.
- KARSSSEN, G.; MOENS, M. Root-knot nematods p. 59-90. In: **Plant Nematology**. PENY, R.N.; NOENS, M. (Eds.) UK Cab International. 2006. 447p.
- KIM, D.G.; RIGGS, R.D. Cytopathological reactions of resistant soybean plants to nematode invasion. IN: RIGGS, E.D.; WRATHER, J.A. (Ed.). **Biology and management of the soybean cyst nematode**. St. Paul: APS, 1992, p.157-168.
- LAURITIS, J.A.; REBOIS, R.V.; GRANNEY, L.S. Technique for gnotobiotic cultivation of *Heterodera glycines* Ichnohe on *Glycine mae* (L.) Merr. **Journal of Nematology**, Deleon Springs, v.14, n.3, p. 422-424, July 1982.

NIBLACK, T.L. The race concept. In: RIGGS, E.D.; WRATHER, J.A. (Ed.). **Biology and management of the soybean cyst nematode**. St. Paul: APS, 1992. p.73-86.

NIBLACK, T.L. Dynamics and genetic of soybean cyst nematode populations. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999, p. 149-153. (Documento, 124).

OMWEGA, C.O.; THOMASON, J.I.; ROBERTS, P.A. Effect of temperature on expression of resistance to

Meloidogyne spp. in common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Nematology**, Lake Alfred, v.22, n.4, p. 446-451, Oct. 1990.

SCHNEIDER, S.M.; SCHMITT, D.P.; BARKER, K.R. A distributed development model of soybean cyst nematode. **Journal of Nematology**, v. 21, p. 587, 1989. Abstract.

TYLER, J. Development of the root-knot nematode as affected by temperature. **Hilgardia**, Oakland, v.7, n.10, p. 391-413, Apr. 1933.