

Estudo da Influência do Potássio e do Cálcio na Reprodução do Nematóide do Cisto da Soja

Jadir B. Pinheiro^{1*}, Edson A. Pozza², Adélia A.A. Pozza³, Alécio S. Moreira² & Vicente P. Campos²

¹Embrapa Hortaliças, C. Postal 218, 70359-970 Brasília (DF) Brasil.

²Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Lavras, C. Postal 3037, 37200-000 Lavras (MG) Brasil

³Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, C. Postal 3037, 37200-000 Lavras (MG) Brasil

*Autor para correspondência: jadir@cnph.embrapa.br

Recebido para publicação em 08 / 02 / 2008. Aceito em 21 / 06 / 2008

Editado por Guilherme Asmus

Resumo - Pinheiro, J.B., E. A. Pozza, A.A.A. Pozza, A.S. Moreira & V.P. Campos. 2009. Estudo da influência do potássio e do cálcio na reprodução do nematóide do cisto da soja.

O objetivo deste trabalho foi avaliar, em casa de vegetação, a reprodução do nematóide do cisto (*Heterodera glycines*) em plantas de soja, cultivadas em substrato contendo diferentes doses de potássio (K) e cálcio (Ca). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 25 tratamentos e seis repetições. Foi utilizado esquema fatorial 5×5 , com cinco níveis de K (0, 150, 300, 450 e 600 mg / dm³) e cinco níveis de Ca (0, 75, 150, 225 e 300 mg / dm³). Dezoito dias após a semeadura, as plantas foram inoculadas com 4.000 ovos de *H. glycines*, raça 3. A partir dos 30 dias após a inoculação, foram realizadas semanalmente, avaliações da altura e de diâmetro do caule das plantas, totalizando-se três avaliações. Setenta dias após a inoculação, as seguintes variáveis foram analisadas: área foliar, números de ovos / vaso, cistos / vaso, ovos / cisto, fêmeas e cistos / sistema radicular, ovos / fêmea e o fator de reprodução do nematóide. Também foram determinadas as massas da matéria seca da parte aérea (caule + folhas) e das raízes. Os teores de K e Ca na matéria seca da parte aérea também foram analisados. Houve interação significativa somente entre as doses de K e Ca para número de ovos por fêmea. As doses de K influenciaram, significativamente, os números de cistos / vaso, ovos / cisto, ovos / vaso, fêmeas e cistos / sistema radicular e o fator de reprodução. As doses isoladas de Ca não influenciaram significativamente nenhuma variável nematológica analisada. A interação K-Ca afetou todas as variáveis agrônômicas analisadas. Observou-se interação K-Ca significativa para os teores de Ca na matéria seca da parte aérea. Os teores de K foram influenciados somente pelas doses de K adicionadas ao solo.

Palavras chaves: cistos, *Heterodera glycines*, fator de reprodução, área foliar.

Summary - Pinheiro, J.B., E.A. Pozza., A.A.A. Pozza., A.S. Moreira & V.P. Campos. 2009. Influence of potassium and calcium on the soybean cyst nematode reproduction.

The objective of this work was to evaluate the reproduction of the soybean cyst nematode (SCN) in soybean plants in substract with different potassium (K) and calcium (Ca) doses. The experiment was conducted in a completely randomized block design, with 25 treatments and six replicates. A factorial scheme (5×5) was used with five K doses (0; 150; 300; 450; and 600 mg / dm³) and five Ca doses (0; 75; 150; 225; and 300 mg / dm³). Eighteen days after sowing, plants were inoculated with 4,000 *H. glycines* race 3 eggs. Thirty days after inoculation a total of three weekly evaluations were performed measuring plant height and stem diameter. Seventy days after inoculation, the following variables were analyzed: measurement of leaf blade, numbers of eggs / pot, cysts / pot, eggs / cyst, females and cysts / root system, eggs / female and the reproduction factor of *H. glycines*. Root and shoot dry matter were weighed. Then, K and Ca shoot contents of each sample was obtained. There was a significant interaction between K and Ca doses only for number of eggs / female. The K doses significantly influenced the numbers of cysts / pot, eggs / cyst, eggs / pot, females and cysts /

root system and reproduction factor. The Ca doses did not influence significantly the nematologic variables analyzed. The K-Ca interaction affected all crop-related variables analyzed. A significant K-Ca interaction was observed for Ca contents in shoot dry matter. The K contents were only influenced by potassium doses amended to the soil.

Keywords: cysts, *Heterodera glycines*, reproduction factor, leaf area.

Introdução

O nematoide de cisto da soja (NCS) (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952) é reconhecido como um dos principais problemas fitossanitários da cultura em diversos países produtores, como os Estados Unidos e o Brasil. O patógeno foi detectado no Brasil, pela primeira vez na safra 1991 / 92, em Minas Gerais (Lima *et al.*, 1992), Mato Grosso (Lordello *et al.*, 1992) e Mato Grosso do Sul (Monteiro & Morais, 1992). Desde então, vem sendo disseminado, rapidamente por todas as regiões produtoras de soja do país. Atualmente está presente em dez Estados (MG, MS, MT, GO, SP, PR, RS, BA, TO e MA), infestando área superior a dois milhões de hectares (Embrapa, 2006).

Embora as medidas mais comumente adotadas para o controle do NCS sejam a rotação de culturas com espécies vegetais não hospedeiras e a utilização de cultivares de soja resistentes, o seu manejo é mais eficaz e duradouro quando são integradas várias estratégias. Assim, devem ser sempre buscadas alternativas de manejo do solo e da cultura, como por exemplo a utilização de uma adubação mais equilibrada, que resultem em melhoria na convivência com a praga. Quando os elementos minerais requeridos são fornecidos de forma adequada, a planta normalmente apresenta maior capacidade de reação às enfermidades. Ao contrário, o excesso ou a escassez destes elementos pode tornar a planta mais predisposta à ação de patógenos. O desequilíbrio nutricional pode ainda reduzir a resistência do hospedeiro, pelo fato de influenciar o vigor e as reações de defesa da planta (Bedendo, 1995).

Embora sejam escassos os estudos sobre como os nutrientes minerais afetam as reações de defesa de plantas a patógenos, sabe-se que o K aumenta a espessura da parede celular em células da epiderme, promove rigidez da estrutura dos tecidos e também contribui para uma rápida recuperação dos tecidos injuriados (Huber & Arny, 1985; Marschner, 1995). Já

o Ca tem papel crucial na divisão e no desenvolvimento celular, na estrutura da parede celular e na formação da lamela média (Huber, 2002). Assim, este trabalho teve como objetivo comparar a reprodução do NCS em plantas de soja, suplementadas com diferentes doses de Ca e K.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitopatologia, na Universidade Federal de Lavras, em Lavras (MG) (altitude de 918 m, latitude Sul de 21°14' e longitude Oeste 45°00'), no período de fevereiro a abril de 2006. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 25 tratamentos e seis repetições. Cada vaso de argila com capacidade para 3 kg, com uma planta de soja, constituiu a unidade experimental. Foi utilizado o esquema fatorial 5 × 5, com cinco doses de K (0, 150, 300, 450 e 600 mg / dm³) e cinco doses de Ca (0, 75, 150, 225 e 300 mg / dm³).

O substrato utilizado nos vasos foi composto por mistura de solo do tipo Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf) e areia na proporção de 1:2, tratada previamente com brometo de metila (150 cm³ / m³ de substrato) por quatro dias. Uma quantidade de mistura suficiente para encher seis vasos foi colocada em sacos plásticos com capacidade para 18 kg e recebeu doses de K e de Ca correspondentes a 0, 150, 300, 450 e 600 mg / dm³ e 0, 75, 150, 225 e 300 mg / dm³, de acordo com o tratamento. Após a adição dos fertilizantes, a mistura foi homogeneizada e transferida para os vasos.

Para a obtenção do inóculo de *H. glycines*, uma população do nematoide pertencente à raça 3 foi multiplicada durante 30 dias em casa de vegetação, em soja suscetível ('MG/BR 46 Conquista'). Decorrido este período, as plantas de soja foram cuidadosamente retiradas dos vasos e tiveram seus sistemas radiculares lavados sob jatos fortes de água,

em peneira de 0,85 mm sobreposta à outra de 0,18 mm, para a remoção das fêmeas e cistos. Para se obter os ovos a serem utilizados como inóculo, as fêmeas e cistos foram esmagados com o auxílio do fundo de bquer de vidro, na própria peneira de 0,18 mm, desta feita acoplada sobre peneira de 0,025 mm. Com o objetivo de eliminar os detritos de matéria orgânica e, desse modo, facilitar a contagem, os ovos foram recolhidos da peneira de 0,025 mm, em solução de sacarose (454 g de açúcar por litro de água), e centrifugados a 2.000 rpm por 1 minuto, como proposto por Dias *et al.* (1999). Ao final da centrifugação, o sobrenadante foi recolhido em peneira de 0,025 mm e lavou-se o excesso de açúcar. Em seguida, os ovos foram transferidos, em suspensão aquosa, para bquer com capacidade para 500 cm³ e procedeu à contagem dos mesmos, com o auxílio de microscópio óptico e câmara de Peters. A suspensão foi, então, padronizada para conter 400 ovos / ml.

Em cada vaso, foram semeadas quatro sementes de soja 'MG/BR-46 Conquista' e, após a emergência das plântulas, realizou-se o desbaste deixando apenas uma planta por vaso. Aos 18 dias após a semeadura, cada planta foi inoculada com 10 ml da suspensão de ovos. Estes foram distribuídos, com o auxílio de pipeta graduada, em três orifícios abertos ao lado do colo da planta, a uma profundidade de 2 cm.

A partir dos 30 dias após a inoculação, foram determinados semanalmente com o auxílio de paquímetro, a altura e o diâmetro do caule de cada planta. Ao todo, foram realizadas três avaliações. A altura da planta foi medida, considerando-se à distância entre o colo da planta e o ponto de inserção da folha mais alta. A área foliar de cada planta foi determinada ao final do experimento, por análise não destrutiva, com medidor *laser* de área foliar (Laser Area Meter CI 203 – CID Incorp). Neste período avaliou-se também a massa seca da parte aérea e o estado nutricional das plantas. Para isto a parte aérea (caule + folhas) e as raízes foram lavadas em água destilada e acondicionadas, separadamente, em sacos de papel. Estes foram mantidos em estufa, a 60 °C, até atingirem massa constante. Após ser pesada, a parte aérea foi utilizada para determinação dos teores de K e Ca na planta. Estas análises foram realizadas seguindo a metodologia descrita em Malavolta *et al.* (1997). Assim,

as amostras foram submetidas à digestão via seca e determinaram-se as concentrações dos dois elementos por espectrofotometria de absorção atômica e de chama, respectivamente.

Para avaliação do número de fêmeas e cistos no sistema radicular e ovos por fêmea, o sistema radicular de cada uma das plantas foi lavado sob jato forte de água, em peneira de 0,18 mm, para a liberação das fêmeas e cistos. Após a lavagem, cada sistema radicular foi acondicionado em saco de papel e levado à estufa a 60 °C, até atingir massa constante. Neste ponto, as raízes foram pesadas para se determinar a massa de matéria seca.

As fêmeas e cistos recuperados de cada sistema radicular foram quantificados, com o auxílio de placa de contagem quadriculada e microscópio estereoscópico. Uma vez contados, foram rompidos com o auxílio do fundo de bquer de vidro, como proposto por Dias *et al.* (1999), para a liberação dos ovos. Estes foram quantificados, com o auxílio de microscópio óptico e câmara de Peters. O número de ovos / fêmea ou cisto foi determinado pela relação entre o número total de ovos / por sistema radicular e o número total de fêmeas ou cistos / sistema radicular.

Após a retirada das plantas de soja, o solo de cada vaso foi homogeneizado e coletou-se alíquota de 100 cm³, que foi utilizada para a extração de cistos, como segue: inicialmente o solo da alíquota foi transferido para bquer contendo de 1 a 2 litros de água. Desmancharam-se, manualmente, os torrões para liberar os cistos e, após homogeneização, a suspensão foi deixada em repouso por 15 segundos. Então, foi vertida em peneira de 0,85 mm sobreposta a outra de 0,18 mm. Este procedimento foi repetido três vezes. Neste ponto, o resíduo (detritos de matéria orgânica e cistos) da peneira de 0,18 mm foi transferido para bquer. Com o auxílio de câmara de contagem quadriculada e de microscópio estereoscópico, procedeu-se à contagem do número de cistos presentes na suspensão. A partir da quantificação do número de cistos por 100 cm³ de solo foi possível estimar o número total de cistos por vaso com 3 kg de solo. A obtenção de ovos dos cistos foi realizada, adotando-se os mesmos procedimentos descritos para a extração de ovos a

partir de fêmeas (Dias *et al.*, 1999).

O fator de reprodução (FR) do NCS nas plantas de soja submetidas aos diferentes tratamentos foi obtido pela relação entre as populações final (Pf) e inicial (Pi), como proposto por Seinhorst (1967). De acordo com este autor, plantas com $FR < 1$ são consideradas más hospedeiras do nematoide, com $FR \geq 1$ boas hospedeiras, e com $FR = 0$ não hospedeiras. A população final de ovos em cada planta foi obtida pela soma dos totais de ovos recuperados nas raízes (fêmeas e cistos) e no solo (cistos).

A análise de variância e as regressões foram realizadas com o auxílio do programa Sisvar^a - versão 4,6 (Build 6.1). As variáveis quantitativas foram submetidas à análise de regressão polinomial e em seguida, plotaram-se as curvas e as superfícies de resposta. Os pontos de máximo e ou mínimo foram obtidos a partir da derivada primeira de cada equação, as quais foram igualadas a zero.

Resultados e Discussão

As condições climáticas na casa de vegetação durante a condução do experimento foram favoráveis ao desenvolvimento do NCS. A umidade relativa e temperatura média diária, registradas durante todo experimento, foram de 57,2 % e 27,5 °C, respectivamente. As temperaturas máxima e mínima média diárias ficaram em 35,6 °C e 19,3 °C, respectivamente.

Não houve interação significativa K-Ca para os números de cistos de *H. glycines* / vaso, ovos / cisto, fêmeas e cistos / sistema radicular, ovos/vaso e fator de reprodução. Também não se observou efeito isolado das doses de Ca para estas variáveis. Porém, existem relatos que a calagem superestimada em solos do cerrado brasileiro aumentou a população de cistos consideravelmente, persistindo alta mesmo após o cultivo de um ou dois anos de milho (Garcia & Silva, 1996; Silva *et al.*, 1997). Em outros estudos, observaram-se resultados que confirmam essa tendência (Francl, 1993; Anand *et al.*, 1995; Pereira *et al.*, 1997). Estes autores discutem que provavelmente o aumento dos teores de Ca no solo, e consequentemente o pH, condicionam dois fatores desfavoráveis à soja cultivada nestas condições: a redução na população de fungos antagonistas de *H.*

glycines, diminuindo a taxa de controle natural, e a imobilização de micronutrientes no solo, com redução da tolerância das plantas e aumento dos danos provocados por este nematoide.

O número de cistos de *H. glycines* / vaso e o número de ovos / cisto produzidos no período considerado (Figuras 1A e 1B) foram significativamente influenciados pelas doses de K. Houve decréscimo linear de acordo com o aumento das doses de K. Na menor e na maior dose de K, observou-se maior número de fêmeas e cistos por sistema radicular (Figura 1C). Com o incremento das doses de K no solo, verificou-se um efeito quadrático significativo sobre a população de fêmeas e cistos por sistema radicular. Entre as doses zero e 320 mg / dm³, houve uma redução de 48,45 % na população de cistos. Estes resultados permitiram observar que doses de K elevadas aumentaram a população de fêmeas e cistos do NCS por sistema radicular. Assim, tanto a deficiência desse nutriente quanto o seu excesso favoreceram altas populações deste nematoide.

O aumento do número de fêmeas e cistos por sistema radicular a partir de doses intermediárias de K, provavelmente podem estar relacionados ao aumento da matéria seca das raízes (Figura 3 D), observado a partir de valores próximos a esta dose, resultando em aumento da população de fêmeas e cistos de *H. glycines*, por oferecer mais sítios de infecção. Wrather *et al.* (1992) afirmam que o crescimento das raízes de soja é estimulado quando vários nutrientes são acrescentados ao solo e o nível populacional de *H. glycines* aumenta porque mais sítios de alimentação estão disponíveis. Além disso, o aumento na população de cistos provavelmente ocorreu em função de altas doses de K ocasionar redução na eclosão dos J₂ e, consequentemente, maior acúmulo de ovos e cistos. Também, altas doses de K podem ter dificultado a atuação de inimigos naturais do nematoide.

Resultados semelhantes foram obtidos por Rocha (1998), que estudando o efeito da calagem e da adubação potássica nas dosagens de 0, 30, 60 e 120 kg / ha de K₂O sobre a população do NCS observou, nos estágios de enchimento de vagens e no final do ciclo da cultura, redução acentuada no número de cistos viáveis, à medida que foram aplicadas doses crescentes de K₂O. A mesma autora

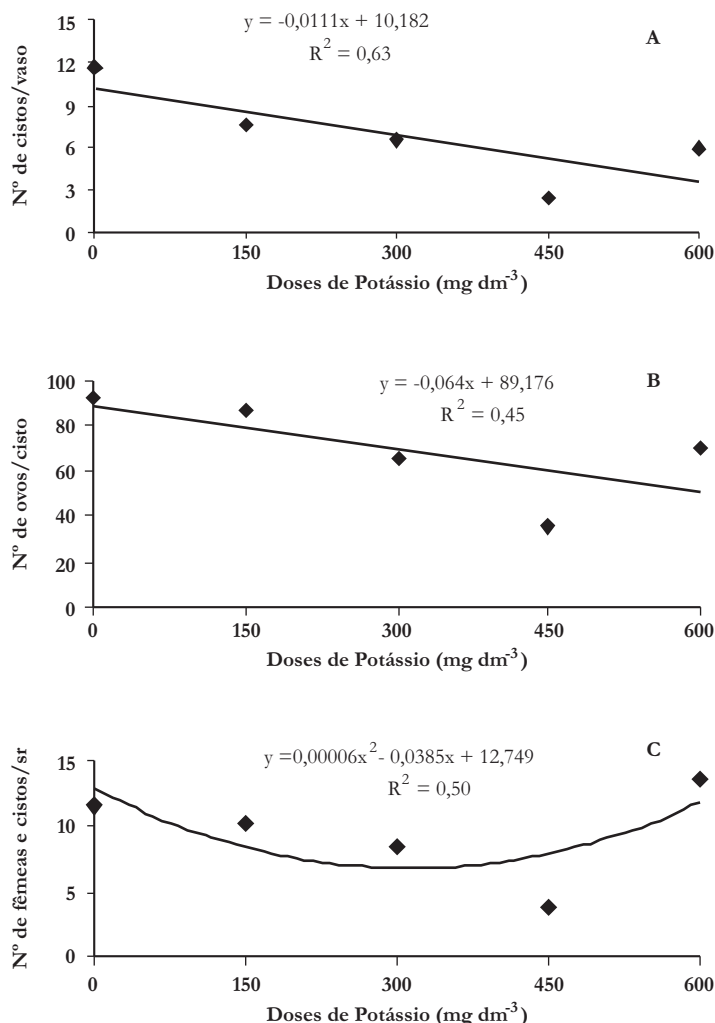


Figura 1 - Reprodução do nematóide do cisto da soja (*Heterodera glycines*) em função de doses de potássio. A = nº. de cisto / vaso; B = nº. de ovos / cisto e C = nº. de fêmeas e cistos / sistema radicular.

observou redução no número de fêmeas à medida que doses de K_2O foram aumentadas, até a dose de 106,8 kg de K_2O / hectare. A partir desta dose, o número estimado de fêmeas nas raízes aumentou. Estes resultados confirmam as observações de Shannon *et al.* (1977) de que manter um balanço nutricional adequado é extremamente importante, especialmente em solos onde *H. glycines* está presente. Luedders *et al.* (1979) também obtiveram redução do número de cistos de *H. glycines* em relação à testemunha, com 33,33 % e 7,84 % de redução, em função de doses crescentes de K (50, 100, 200 e 400 mg), aplicadas na forma de cloreto e de sulfato de potássio respectivamente, em vasos com capacidade para 0,355 kg de solo.

Embora o ponto de mínimo obtido no modelo tenha sido próximo da dose de 320 mg / dm³ de K para o número de fêmeas e cistos / sistema radicular e a menor quantidade de cistos / vaso e de ovos / cisto reduzir linearmente com o aumento das doses de K, os menores valores observados foram verificados na dose de 450 mg / dm³, com 48,55, 49,55 e 32,30 % de redução, respectivamente (Figura 1).

Verificou-se redução no número de ovos por vaso de acordo com o incremento das doses de K até a dose de 317,45 mg / dm³, com 44,48 % de redução (Figura 2A).

Houve interação significativa K-Ca para número de ovos por fêmea. Quando se adicionaram 300 e

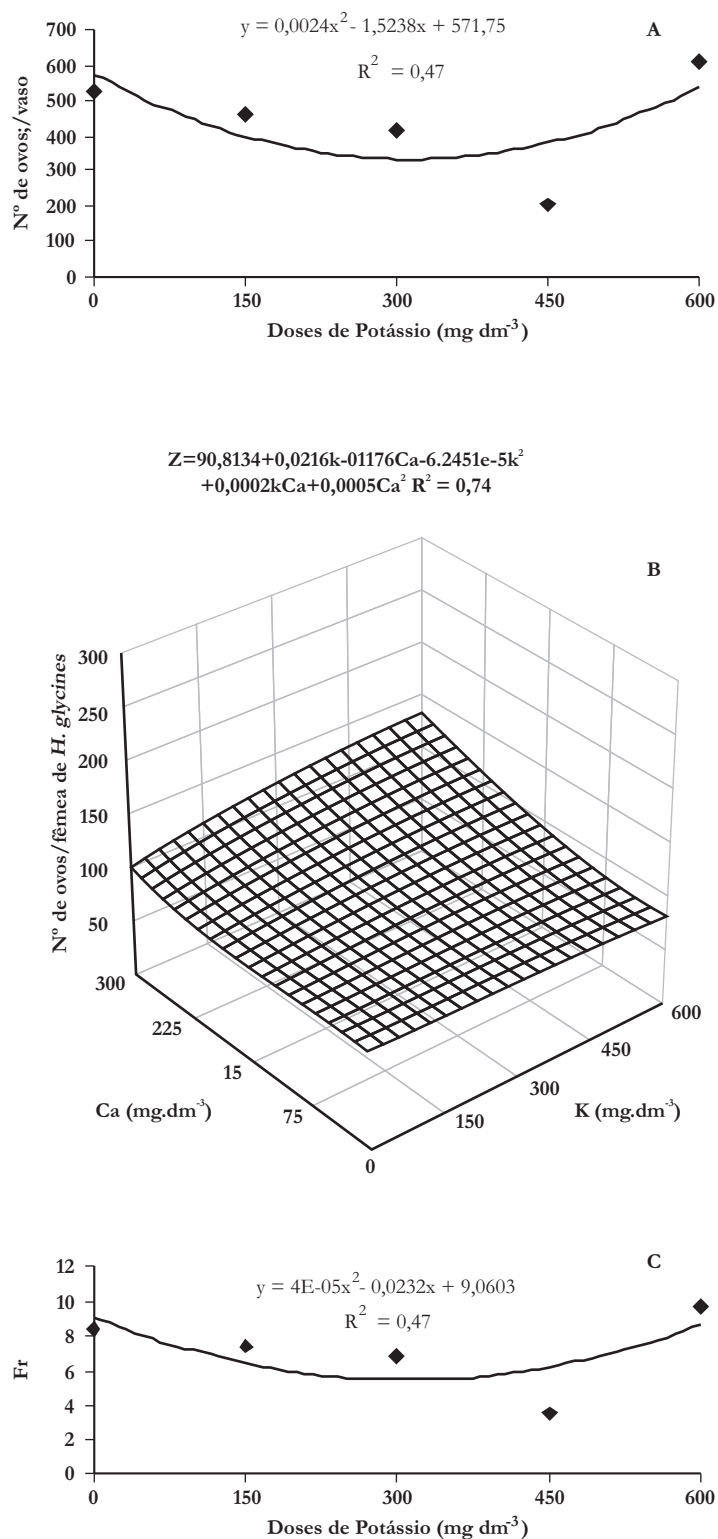


Figura 2 - Reprodução do nematoide do cisto da soja, em função de doses de potássio e cálcio. A= nº. de ovos / vaso; B= nº. de ovos / fêmea em função da interação cálcio e potássio e C= Fator de reprodução (FR).

450 mg / dm³ de Ca e K ao solo respectivamente, houve aumento do número de ovos por fêmea (Figura 2B).

O aumento das doses de K até 313,51 mg / dm³ reduziu significativamente o FR de *H. glycines* (Figura 2C). A cultivar 'MG/BR 46 Conquista' foi considerada boa hospedeira quando qualquer dose de K foi adicionada ao solo, pois o FR observado no ponto de mínimo foi de 5,42. Este fato pode ser explicado pela alta susceptibilidade da cultivar ao NCS. Outra hipótese é que, com o aumento da matéria seca das raízes (Figura 3D), de acordo com o incremento das doses de K a partir de doses próximas de 300 mg / dm³, houve maior disponibilidade dos sítios de penetração, aumentando a população final do NCS e consequentemente o FR.

Em experimentos envolvendo aumento no nível de adubação potássica (0, 50, 100, 200 e 400 mg / vaso) para a soja, foi observado que o elemento K reduz a reprodução de *H. glycines* (Luedders *et al.*, 1979). Assim, a adubação suplementar com K, em níveis adequados para a cultura da soja, aumentou o nível de tolerância a altas populações de *H. glycines*. Este aumento da tolerância pode ter sido devido ao aumento na resistência à penetração e à infecção do sistema radicular. Nos trabalhos realizados por Huber & Arny (1985) e Marschner (1995), o K aumenta a espessura da parede celular em células da epiderme, promovendo rigidez da estrutura dos tecidos e favorecendo a rápida recuperação dos tecidos injuriados.

Entretanto, segundo Malavolta (2006), o excesso de K provoca desequilíbrio nas relações K / Ca e K / Mg; menor formação da lamela média da parede celular por falta de Ca; quebra do funcionamento normal da membrana plasmática; vazamento de solutos e distúrbios na formação de proteínas e no uso da energia do ATP para sínteses em geral. Contudo, as informações disponíveis sobre a correlação entre nutrientes aplicados ao solo, crescimento da planta e a reprodução de *H. glycines* são escassas.

Verificou-se efeito negativo da interação K-Ca para todas as variáveis agrônomicas analisadas, ou seja, área foliar (AF), diâmetro de caule (DC), comprimento de plantas (CP), matéria seca das raízes (MSR) e a

matéria seca da parte aérea (MSPA) (Figura 3) das plantas de soja infectadas com *H. glycines*, com respostas semelhantes para todas as variáveis. Houve tendência de redução destas variáveis até próximo a doses intermediárias de K, com aumento a partir destas, nas doses de 75, 150, 225 e 300 mg / dm³ de Ca. Contrariamente, enquanto houve aumento das doses de Ca, verificou-se aumento até próximo a doses intermediárias deste cátion, com redução a partir destas doses nas doses de 0, 150, 300 e 600 mg / dm³ de K.

A redução e o aumento dos valores destas variáveis agrônomicas até doses intermediárias de K e Ca respectivamente, podem ser explicados pelo fato de ocorrer o antagonismo fisiológico entre estes dois cátions, pois o K, em doses excessivas, compete com o Ca pelos mesmos sítios de absorção das estruturas orgânicas (Marschner, 1995). Tais estruturas funcionam como moléculas transportadoras no processo de absorção ativa, explicando o efeito antagônico do incremento das doses de K nas características agrônomicas. Além disso, o efeito do K nestas características pode ser explicado pelo aumento da pressão osmótica no meio, provocada pelas altas concentrações de KNO₃ presentes nos tratamentos com as maiores doses desse elemento. Também, baixas concentrações de Ca²⁺ estimulam a translocação de íons, provavelmente devido ao seu efeito estabilizador da membrana celular, com estímulo do metabolismo respiratório e o transporte de elétrons (Bergmann, 1992). Porém, altas concentrações de íons Ca²⁺ inibem a translocação de outros cátions, por possuir efeito antagônico aos mesmos (Marschner, 1995).

O NCS, em razão das alterações morfofisiológicas que provoca nas raízes das plantas, provavelmente também é responsável pela redução dos valores das características avaliadas até doses intermediárias de K e a partir de doses intermediárias de Ca. Isso porque o comportamento na absorção destes elementos pelas raízes das plantas pode ser afetado pelo hábito alimentar do nematóide, que, segundo Wrather *et al.* (1984) e Tihohod & Santos (1993), altera as funções das raízes e reduz a absorção e o transporte de nutrientes. Alfredo (1999) observou maior altura de planta, número de vagens, massa de semente, número de nódulos, massa de matéria seca da parte aérea e da

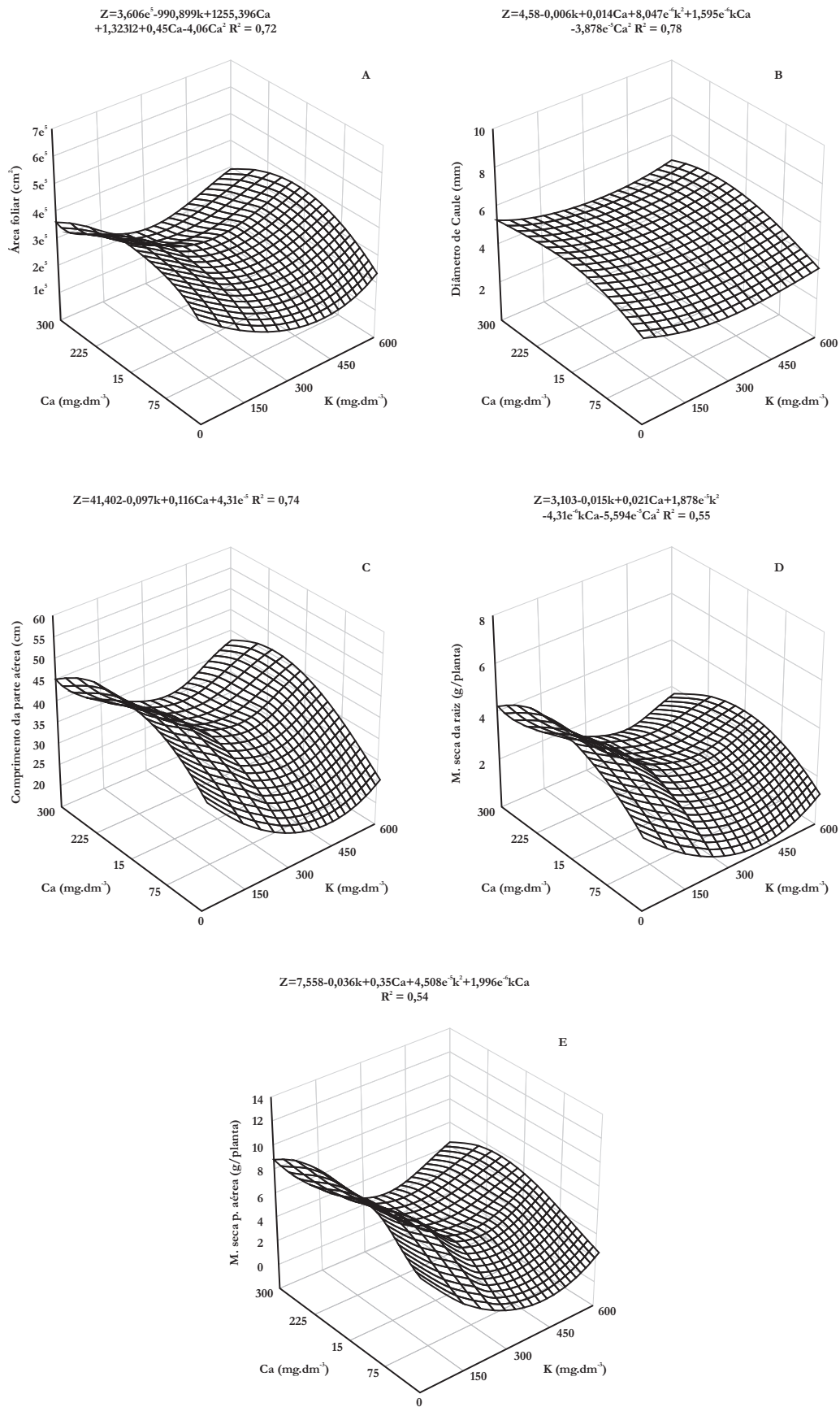


Figura 3 - Características agrônômicas de plantas de soja inoculadas com *Heterodera glycines*, em função de doses de potássio e cálcio. A = área foliar; B = diâmetro de caule; C = comprimento de plantas; D = matéria seca das raízes e E = matéria seca da parte aérea

raiz, na ausência do NCS e, à medida que os níveis populacionais deste nematóide foram elevados, redução dos valores destas características. Tais dados dão suporte ao trabalho de Noel (1995), que considerou o NCS como um dos parasitos mais destrutivos da soja e que, segundo Agrios (2005), em campos muito infestados, pode causar a completa destruição da cultura.

Em geral, plantas de soja não apresentam aumentos no crescimento radicular em resposta à adubação potássica até determinados níveis, o que pode ser consequência da elevada eficiência da translocação do K absorvido para a parte aérea (Rosseto *et al.*, 1995). De acordo com Sfredo *et al.* (1994), a deficiência de K pode reduzir a taxa de fotossíntese e aumentar a taxa de respiração. A combinação desses dois fatores, aliados à penetração e infecção por *H. glycines*, resulta em decréscimo no potencial das reservas de carboidratos na planta, podendo causar também menor acúmulo de matéria seca.

Observou-se interação negativa entre K e Ca para os teores de Ca na matéria seca da parte aérea (MSPA) (Figura 4), com evidências assim da competição entre esses dois cátions pelo mesmo sítio de absorção das raízes.

Qualquer prática de manejo que promova alteração na concentração dos cátions disponíveis no solo pode, portanto, influenciar na absorção de K, Ca e Mg, além de outros cátions pelas raízes das plantas. A calagem, necessária aos solos ácidos, promove o aumento nas concentrações de Ca e Mg do solo relativamente à do K, reduzindo sua concentração em solução e, muito embora mantenha o nível de K trocável e até aumente sua capacidade tampão, pode contudo reduzir a absorção de K pelas raízes e provocar sua deficiência nos tecidos (Goedert *et al.*, 1975). O K é muito relacionado com a absorção de Ca, cujos teores na matéria seca em geral diminuem quando aumenta a dose de K aplicada ou teor no solo deste elemento. Porém, o maior crescimento das plantas de soja em resposta ao K, provavelmente faz com que também

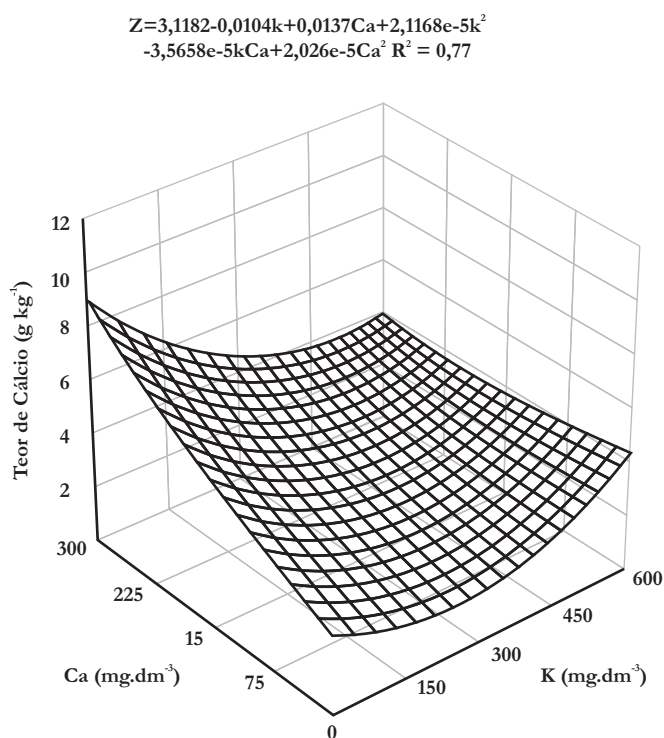


Figura 4 - Teor de cálcio na parte aérea de plantas de soja inoculadas com *Heterodera glycines*, em função das doses de potássio e cálcio no solo.

as quantidades de Ca absorvidas sejam elevadas.

No que tange ao K, o teor aumentou de acordo com o incremento das doses deste nutriente até a dose de 550 mg / dm³ (Figura 5). Resultados semelhantes foram obtidos por Rocha (1998), estudando o efeito da adubação com K (0, 50 e 100 kg / ha de K₂O) em campo, sobre a população de *H. glycines*. Esta autora observou aumento linear dos teores de K na matéria seca da parte aérea, à medida que foram aumentadas as doses de K₂O. Isto pode ser explicado pelo aumento no fornecimento deste nutriente às plantas. Estes resultados corroboram os obtidos por Sfredo *et al.* (1994), que observaram teores crescentes de K no tecido foliar de soja devido ao aumento das doses de cloreto de potássio aplicadas ao solo.

Portanto, não houve interação significativa entre as doses de K e Ca para os números de cistos de *H. glycines* / vaso, ovos / cisto, fêmeas e cistos / sistema radicular, ovos / vaso e FR e nenhum efeito isolado das doses de Ca para estas variáveis. Observou-se interação significativa entre as doses de K e Ca para número de ovos por fêmea de *H. glycines*. As doses de K influenciaram significativamente as variáveis nematológicas, números de cistos / vaso, ovos / cisto, ovos / vaso, fêmeas e cistos / sistema radicular e FR. Houve decréscimo linear significativo para número de cistos / vaso e de ovos / cisto, de acordo com o incremento das doses de K no solo. O número de fêmeas e cistos / sistema radicular, ovos / vaso e FR apresentaram resposta quadrática significativa de acordo com o aumento das doses de K no solo. A

interação K-Ca afetou todas as variáveis agrônômicas analisadas. Houve interação K-Ca significativa para os teores de Ca na matéria seca da parte aérea de plantas de soja inoculadas com *H. glycines*.

Literatura Citada

- ANAND, S. C., K.W. MATSON & S.B. SHARMA. 1995. Effect of soil temperature and pH on resistance of soybean to *Heterodera glycines*. *Journal of Nematology*, 27 (4): 478-482.
- AGRIOS, G.N. Environmental effects on the development of infectious plant disease. In: AGRIOS, G.N. (ed). *Plant Pathology*. 5. ed. Academic Press, New York, p. 249-263.
- ALFREDO, M.M. 1999. Teores de nutrientes e características agrônômicas da soja influenciados por nematóide de cisto (*Heterodera glycines* Ichinohe), *Bradyrhizobium japonicum* e nitrogênio, e danos causados por percevejos. (Tese de Doutorado). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 122 p.
- BEDENDO, I.P. 1995. Ambiente e doença. In: BERGAMIN FILHO, A., H. KIMATI & L. AMORIM. (ed). *Manual de Fitopatologia*. 2ª. ed. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, p. 331-341.
- BERGMANN, W. 1992. *Nutritional Disorders of Plants: Development, Visual and Analytical Diagnosis*. G. Fischer, New York, 741 p.
- DIAS, W.P., J.F.V. SILVA., A.L. WAIN. & J.E. PEREIRA. 1999. Distribuição de raças de *Heterodera glycines* no Brasil. In: Sociedade Brasileira de Nematologia. (ed.). *O Nematóide de Cisto da Soja: a Experiência Brasileira*. Artsingner Editores, Jaboticabal, p. 95-103.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Soja. 2006. *Tecnologias de Produção de Soja – Região Central do Brasil 2007*. Embrapa Soja (Londrina PR), Embrapa Cerrados (Planaltina DF) e Embrapa Agropecuária Oeste (Dourados MS), 225 p.
- FRANCL, L. J. 1993. *Multivariate analysis of selected edaphic*

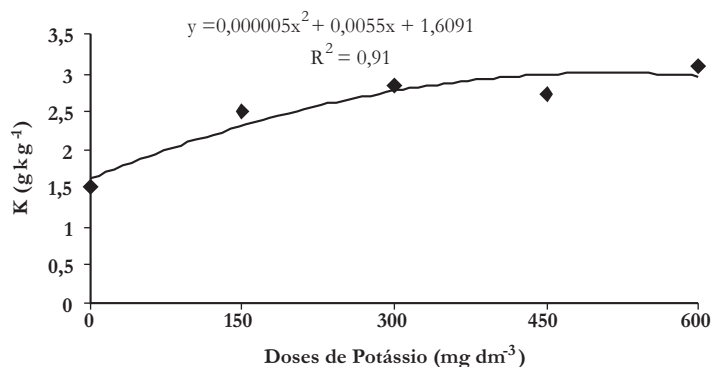


Figura 5 - Teor de potássio na parte aérea de plantas de soja inoculadas com *Heterodera glycines*, em função de doses crescentes de K aplicadas ao solo.

- and their relationship to *Heterodera glycines* population density. *Journal of Nematology*, 25 (2): 270-276.
- GARCIA, A. & J.F.V. SILVA. 1996. Interação entre a população de cistos de *Heterodera glycines* e o pH do solo. *Fitopatologia Brasileira*, 21 (Suplemento): 420 (Resumo).
- GOEDERT, W.J., R.B. COREY & J.K. SYERS. 1975. The effects on potassium equilibria in soils of Rio Grande do Sul, Brazil. *Soil Science*, 120 (2): 107-111.
- HUBER, D.M. & D.C. ARNY. 1985. Interactions of potassium with plant disease. In: MUNSON, R.D. (ed). *Potassium in Agriculture*. ASA, CSSA, SSA (Madison), p. 467-488.
- HUBER, D.M. 2002. Relationship between mineral nutrition of plants and disease incidence. In: *Relação entre Nutrição de Plantas e Incidência de Doenças*. Potafós, Piracicaba, 08 e 09 / 05 / 2002. *Anais e Vídeo...*, CD-ROM – vídeo 1.
- LIMA, R.D., S. FERRAZ. & J.M. SANTOS. 1992. Ocorrência de *Heterodera* sp., em soja no Triângulo Mineiro. *Nematologia Brasileira*, 16: 101-102.
- LORDELLO, R. D.; R.R.A. LORDELLO. & J.A. QUAGGIO. 1992. Ocorrência do nematóide do cisto da soja (*Heterodera glycines*) no Brasil. *Revista de Agricultura*, 67 (3): 223-225.
- LUEDDERS, V.D., J.G. SHANNON & C.H. BALDWIN JUNIOR. 1979. Influence of rate and source of potassium on soybean cyst nematode reproduction on soybean seedlings. *Plant Disease*, 63 (7): 558-560.
- MALAVOLTA, E., G.G. VITTI & S.A. OLIVEIRA. 1997. *Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações*. 2ª. ed. Potafós, Piracicaba, 319 p.
- MALAVOLTA, E. 2006. *Manual de Nutrição Mineral de Plantas*. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, 638 p.
- MARSCHNER, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2ª. ed. Academic Press, London, 889 p.
- MONTEIRO, A. R. & S.R.A.C. MORAIS. 1992. Ocorrência do nematóide de cistos da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952, prejudicando a cultura no Mato Grosso do Sul. *Nematologia Brasileira*, 16 (1/ 2): 101.
- NIBLACK, T.L. 1992. The race concept. In: RIGGS, E.D. & J.A. WRATHER. (ed). *Biology and Management of the Soybean Cyst Nematode*. APS, St. Paul, p. 73-86.
- NOEL, G.R. 1995. The soybean cyst nematode. In: LAMBERT, F. & C.H. TAYLOR. (ed). *Cyst Nematodes*. Plenum Press, New York, p. 257-268.
- PEREIRA, J. E., J.F.V. SILVA., A. GARCIA. & A.F. LANTMANN. 1997. Análise multivariada na seleção de fatores químicos do solo e sua relação com a densidade populacional do nematóide de cisto e rendimento da cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, XX, Gramado. Resumos, p.61.
- ROCHA, M.R. da. 1998. Efeitos de fatores edáficos sobre populações de *Heterodera glycines* (Ichinohe, 1952) (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 108 p.
- ROSSETO, C.A.V., D.M. FERNANDES., I. ISHIMURA & C.A. ROSELEM. 1995. Diferentes respostas de cultivares de soja ao potássio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30 (10): 1225-1231.
- SEINHORST, J. W. 1967. The relationship between population increase and population density in plant parasitic nematodes. I. Definitions of the terms host, host status and resistance. 4. The influence of external conditions on the regulations of population density. *Nematologica*, 13: 429-450.
- SFREDO, G.J., C.M. BORKERT, A.J. CATTELAN & M. HUNGRIA. 1994. Adubação e calagem para soja no Brasil. *Informativo Abrates*, 4 (1): 19-43.
- SHANNON, J.G., C.H. BALDWIN., G.W. COLLIVER & E.E. HARTWIG. 1977. Potash fertilizer helps fight soybean cyst nematode. *Better Crops with Plant Food*, 61: 566-569.
- SILVA, J.F.V., A. GARCIA, J. E. PEREIRA & D. HIROMOTO. 1997. Nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe). Embrapa Soja, Londrina, 217 p. (Documentos, 104).
- TIHOHOD, D. & J.M. SANTOS. 1993. *Heterodera glycines*: Novo Nematóide da Soja no Brasil. Detecção e Medidas Preventivas. CEMIP - FUNEP, Jaboticabal, 23 p.
- WRATHER, J.A., S.C. ANAND & V.H. DROPKIN. 1984. Soybean cyst nematode control. *Plant Disease*, 68 (9): 829-833.
- WRATHER, J.A., S.C. ANAND & S.R. KOENNING. 1992. Management by cultural practices. In: RIGGS, R.D. & J.A. WRATHER. (ed). *Biology and Management of the Soybean Cyst Nematode*. St. APS, St. Paul, p. 125-131.