

EFEITO DA UMIDADE DO SOLO NA BIOLOGIA DE *Rhopalosiphum maidis* (FITCH, 1856) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM MILHO

WILSON J.M.S. MAIA¹, JÚLIO N. C. LOUZADA²; IVAN CRUZ³; CARVALHO C. ECOLE⁴;
TEREZINHA J.A.F. MAIA¹

¹UFRA, Instituto de Ciências Agrárias, C.P. 917, 66.077-530, Belém, PA, wilson.maia@ufra.edu.br

²UFLA, Departamento de Biologia, Caixa postal 37, Campus Universitário, 37.200-000, Lavras, MG, juliolouzada@ufla.br

³Embrapa Milho e Sorgo, Rod. MG 424, km 65, CP 151, 35701-970, Sete Lagoas, MG, ivancruz@cnpms.embrapa.br (Autor para correspondência)

⁴UFLA, Departamento de Entomologia, Caixa postal 37, 37.200-000, Campus Universitário, Lavras, MG, ccecole@ufla.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.5, n.1, p.37-47, 2006

RESUMO - O efeito da umidade do solo na biologia de *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) em plantas de milho (*Zea mays*) foi avaliado em casa de vegetação. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três tratamentos (20%, 40% e 100% de dotação hídrica) e quatro repetições, sendo cada parcela experimental constituída por um vaso de polietileno de cinco litros contendo duas plantas de milho no estágio fenológico três e com dez pulgões adultos confinados em microgaiolas de 10 mm de altura por 10 mm de diâmetro (cinco pulgões/microgaiola/planta), perfazendo um total de 40 pulgões/tratamento. As variáveis biológicas do pulgão estudadas foram: a duração de cada instar, dos períodos pré-reprodutivo, pós-reprodutivo e reprodutivo, a produção diária, total de ninfas e de alados e o ciclo de vida de *R. maidis*. Houve efeito da umidade do solo onde estavam as plantas de milho, tanto na duração do desenvolvimento dos pulgões, em cada um dos quatro instares, quanto na duração da fase ninfal, sendo que os pulgões que se desenvolveram em plantas de milho com déficit de água de 80% completaram os estádios ninfais num menor período. De igual forma, o período reprodutivo e a longevidade dos adultos foram mais curtos nos pulgões que se desenvolveram em plantas de milho em solo com 20% da capacidade de campo. Porém, não houve efeito dos tratamentos na duração do período pós-reprodutivo. Por outro lado, adultos de pulgões que se desenvolveram nas plantas em solo com 20% da água necessária produziram a primeira ninfa num menor período do que os desenvolvidos nas plantas que receberam 40% de água na capacidade de campo. Pulgões cuja fase jovem ocorreu em plantas de milho sob estresse hídrico de 80% desapareceram mais rapidamente do que aqueles desenvolvidos em plantas sob regime de estresse hídrico de 60%. Esses resultados indicam que o manejo da água no milho pode ser uma estratégia no controle de fatores naturais que afetam tanto a população como o número de gerações do pulgão no ambiente, podendo reduzir a necessidade do controle químico.

Palavras-chave: Insecta, *Zea mays*, pulgão-do-milho, resistência induzida, ecologia, manejo de pragas.

EFFECT OF SOIL MOISTURE ON THE BIOLOGY OF *Rhopalosiphum maidis* (FITCH, 1856) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) ON MAIZE

ABSTRACT - The effect of soil moisture on the biology of *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) fed on maize plants (*Zea mays* L.) was evaluated under greenhouse conditions. A

completely randomized experimental design with three treatments (20%, 40% and 100% water availability) and four replications was used. Each experimental plot was a 5 liter plastic pot containing two corn plants at the third developmental plant stage and 10 adult aphids confined into micro-cages (10 mm high x 10 mm diameter) (five aphids/micro-cage/plant) and total of 40 aphids per treatment. The biological variables of the aphids recorded were: duration of each instar, duration of the pre-reproductive, post-reproductive and reproductive periods; daily production of nymphs and winged adults, and life-cycle of *R. maidis*. The amount of water supply to the corn plants affected the duration of the developmental time of the nymphs, in each one of the four instars, as well as on duration of the total nymph phase. The aphids that developed on corn plants with 80% of water deficit completed the nymph instars in shorter period of time. Similarly, the reproductive period and longevity of adults were shorter for aphids that developed on plants under 20% of the field capacity. There was no effect of treatments, however, on duration of the post-reproductive period. Adult aphids on plants with 80% water deficit (only 20% of the needed water) produced the first nymph in shorter period of time than those on plants that received 40% of water to reach field capacity. Aphids whose nymphs developed on corn plants under 80% water deficit disappeared more rapidly from the plants than those developed on plants under a 60% water deficit. These results indicate that the water management on maize field might be an important strategy to control the population as well as the number of generations of *R. maidis* in the environment, reducing the need of chemical control.

Key words: Insecta, *Zea mays*, pest management, corn leaf aphid, ecology.

O Brasil é um país de dimensões continentais e possui uma agricultura intensiva em boa parte de seu território. Os artrópodes-praga constituem em fatores limitantes à exploração racional e sustentável de várias culturas. Prejuízos diretos e/ou indiretos causados por esses organismos colocam o Brasil no grupo dos maiores usuários de produtos fitossanitários (Robbs & Bittencourt, 1998). A semeadura extemporânea do milho, por favorecer a sucessão hospedeira das pragas, o que aliada ao uso intensivo de produtos fitossanitários tem sido responsável por desequilíbrios ecológicos nos agroecossistemas (Gassen & Gassen, 1996). De acordo com Cruz (2004), nos últimos anos, insetos vetores de doenças como a cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott, 1923) (Hemiptera: Cicadellidae) e o pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae), têm ocor-

rido com maior frequência nesse tipo de cultivo.

Os pulgões de um modo geral, incluindo a espécie *R. maidis* são conhecidos pela capacidade de transmitir muitas viroses de plantas (Peña-Martínez, 1992; Smyrnioudis *et al.*, 2000). A capacidade migratória desses insetos, é, portanto, crucial na disseminação dessas doenças. Para as viroses não transmissíveis pela semente, o estabelecimento inicial da infecção geralmente é resultado da chegada na planta hospedeira de formas aladas da praga contendo o vírus, ou de plantas infestadas remanescentes do cultivo anterior (Dewar *et al.*, 1980). A disseminação subsequente do vírus dentro da área de cultivo é na maioria das vezes, o resultado do movimento entre plantas das formas ápteras dos pulgões. A extensão dessa disseminação secundária é influenciada tanto pelas condições ambientais (Holmes, 1988; Zuniga, 1990) como por fatores

bióticos como estresse da planta (Bailey *et al.*, 1995), seu estágio de crescimento (Jepson, 1983), estágio de desenvolvimento e densidade populacional do pulgão (Ito, 1960; Bakker & Robinson, 1975; Hodgson, 1991) e ocorrência de inimigos naturais (Montgomery & Nault, 1977; Roitberg *et al.*, 1979; Zuniga, 1990).

Segundo Cruz (2004) a infestação desse afídeo inicia-se em plantas isoladas, disseminando-se em manchas na lavoura, com sua presença sendo constatada no período vegetativo e, principalmente, próximo ao lançamento do pendão. Nessa fase, as folhas encontram-se enroladas, formando cartucho de proteção, onde os pulgões sugam a seiva continuamente e multiplicam-se com facilidade, mas sem importância econômica direta. Todavia, altas infestações de pulgões, no período de pré-florescimento, podem ocasionar perda econômica, sendo fator crítico o estresse hídrico. Considera-se como fases críticas do desenvolvimento do milho os períodos de desenvolvimento da inflorescência, fertilização e enchimento de grãos (Everly, 1960; Brodbeck & Strong, 1987; Honek 1990, 1991; Magalhães *et al.*, 1995). O pulgão *R. maidis* no Brasil, era considerado como praga secundária na cultura mas, com o incremento do cultivo do milho “safrinha” na última década, tem sido verificado um aumento na sua população nessa cultura e em outras de importância econômica como a cana-de-açúcar, conforme salientado por Waquil *et al.* (1996).

Os efeitos da maior ou menor disponibilidade de umidade para as plantas são bem conhecidos (Hsiao, 1973). No entanto, os efeitos indiretos sobre os insetos fitófagos são bem menos conhecidos ou entendidos. Por exemplo, o desempenho de pulgões pode ser favoravelmente afetado (Wearing, 1967, 1972; Miles *et al.*, 1982), pode ser prejudicado (Kennedy *et al.*, 1958) ou ser indiferente (Pons & Tatchell, 1995;

Bethke *et al.*, 1998). A idade da planta e ou da folha (Ibbotson & Kennedy, 1950; Kennedy *et al.*, 1950; Wearing, 1967, 1972), a espécie de inseto (Wearing & van Emdem, 1967; Oswaldo II & Brewer, 1997) e o nível e a duração do estresse (Thomas & Hodgkinson, 1991; English-Loeb *et al.*, 1997) podem também ser fatores determinantes sobre o impacto do estresse de umidade sobre os fitófagos. Mais especificamente, Hale *et al.* (2003), relataram que as taxas de ingestão de seiva do pulgão *Rhopalosiphum padi* foram significativamente reduzidas quando plantas de diferentes espécies de gramíneas estavam sob estresse de água.

A época do plantio, associada a fatores climáticos, poderá provocar alterações morfofisiológicas no milho e, conseqüentemente, na comunidade de artrópodes a ele associado como já demonstrado na literatura (Brodbeck & Strong, 1987). O crescimento, a sobrevivência, a reprodução, o local de alimentação e a formação de pulgões alados, são grandemente influenciados pela concentração total de aminoácidos da dieta (Srivastava & Auclair, 1971; Srivastava, 1987, e, plantas sob estresse hídrico ou com disponibilidade hídrica reduzida, tendem a uma maior concentração de aminoácidos (Dixon, 1987). Estes fatores, aliados ao incremento do cultivo do milho “safrinha” (Gassen, 1996), podem explicar as razões, pelas quais o pulgão *R. maidis* tem aumentado de importância. Assim, teve-se como objetivo avaliar aspectos biológicos do pulgão *R. maidis* nas fases de ninfa e de adulto, criados em milho, sob diferentes níveis de umidade do solo.

Material e Métodos

Os trabalhos foram iniciados em maio de 2002 em casa de vegetação do Departamento de Entomologia da UFLA, com o plantio de semen-

tes de milho cultivar BRS 3133 cedidas pela Embrapa Milho e Sorgo, em doze vasos de dez litros, numerados e contendo uma mistura de terra e esterco na proporção 9:1. Os tratamentos foram aplicados cerca de 60 dias após o plantio (plantas de milho no estágio fenológico 3 ou com 12 folhas totalmente desenvolvidas) (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

Para se determinar a quantidade de água correspondente aos três níveis de água no solo (20%, 40% e irrigado à capacidade de campo = 100% de dotação d'água), duas semanas antes do início do experimento, com auxílio de uma proveta de 100 ml, irrigou-se todos os vasos anotando-se a quantidade de água necessária, a partir da qual cada vaso começou a vaziar (capacidade de campo), variando de 700 a 1.200 ml. Dessa forma, determinou-se para cada vaso a quantidade de água necessária para o estabelecimento de cada tratamento. Por exemplo, para o estabelecimento de 20% da capacidade de campo, os vasos desse tratamento receberam 200 ml/dia = 20% de 1000 ml.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três tratamentos (20, 40 e 100% de dotação d'água) e

quatro repetições, sendo cada parcela experimental constituída por um vaso com duas plantas e 10 pulgões adultos confinados em microgaiolas de 10 mm de altura por 10 mm de diâmetro (cinco pulgões/microgaiola/planta) (Figura 1), perfazendo um total de 40 pulgões/tratamento. No dia seguinte procedeu-se à verificação da presença de ninfas em cada gaiola e, em caso positivo, foi retirado o adulto, deixando-se apenas uma ninfa por gaiola. As características biológicas do pulgão, observadas no presente estudo, foram: a duração de cada ínstar e da fase ninfal; dos períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo; as produções diárias de ninfas e de alados, e o ciclo de vida de *R. maidis*.

Para a determinação da temperatura e da umidade relativa do ar na casa de vegetação, foi mantido um termohigrógrafo próximo às unidades experimentais, em uma bancada protegida por um sombrite a 50%, evitando, assim, a incidência direta dos raios solares. Os dados experimentais foram transformados para $\sqrt{(x + 0,1)}$, antes de se proceder a análise de variância, que foi seguida do teste de agrupamento de médias de Scott e Knott ($P < 0,05$) (Scott & Knott, 1974).

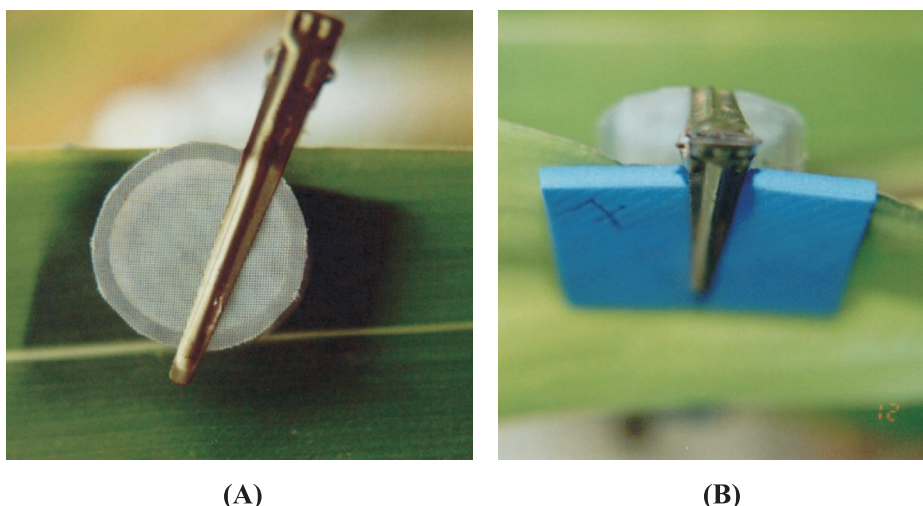


FIGURA 1 – Microgaiolas contendo uma ninfa recém nascida de *Rhopalosiphum maidis* em milho, cultivar BRS 3133, no estágio fenológico III. A: Vista superior; B: Vista inferior. UFLA, Lavras, MG, 2003.

Resultados e Discussão

Foi verificado efeito dos níveis de dotação de água às plantas de milho, tanto na duração do desenvolvimento das ninfas em cada um dos quatro ínstares, quanto na duração da fase ninfal. Os pulgões cujos estádios de ninfa I, II,

III e IV ocorreram nas plantas que receberam 25% da água necessária para atingir a capacidade de campo, completaram esses estádios num menor período de tempo que os dos outros tratamentos, demonstrando que o estresse hídrico a 25% da capacidade de campo pode acelerar a velocidade de desenvolvimento das ninfas (Tabela 1).

TABELA 1. Duração média (dias) de cada instar e da fase ninfal de *Rhopalosiphum maidis*, em função de níveis de dotação hídrica.

Tratamentos	Estádios ¹				
	Ninfa I	Ninfa II	Ninfa III	Ninfa IV	Fase ninfal total
20% da CC ²	2,4 C	1,5 C	1,4 C	2,3 B	7,6 C
40% da CC	2,7 B	2,2 B	1,8 B	2,6 A	9,2 B
100% da CC	3,2 A	2,6 A	2,2 A	2,8 A	10,7 A
CV (%)	9,49	12,06	13,73	9,31	4,9

¹Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott (P < 0,05).

²CC = Capacidade de Campo.

Oswald II & Brewer (1997), atestam que *R. maidis* criado em cevada, sob estresse hídrico, apresenta maior incremento na densidade populacional do que em plantas sem estresse hídrico. O comportamento de alimentação (penetração do estilete e sítios de alimentação) de *R. maidis* é afetado, tanto pelo estágio de desenvolvimento da planta do milho quanto pelo estresse hídrico da planta (Bing *et al.*, 1991ab). Assim, a preferência pela colonização de plantas sob estresse hídrico, levando a perdas superiores a 90% na produção tem sido um dos fatores que interfere na relação trófica desse inseto-praga com os seus hospedeiros (Everly, 1960; Foott & Timmins, 1973).

Durante o estágio fenológico 4 do milho, ocorrem modificações morfofisiológicas (Brodbeck & Strong, 1987) que influenciam di-

retamente o comportamento alimentar de *R. maidis*. O aumento na produção e transporte de fotoassimilados e a concentração de nutrientes para a formação dos grãos de pólen (Fancelli & Dourado Neto, 2000), exercem influência sobre a densidade da colônia. Segundo Fancelli & Dourado Neto (2000), o maior fluxo de nutrientes das raízes para a região do pendão das plantas de milho, pode provocar uma maior atração do pulgão. O valor da proteína ingerida pelo inseto depende do conteúdo de aminoácidos e da capacidade do inseto em digerir essa proteína (Parra, 1994). Portanto, é provável que a maior concentração de aminoácidos na seiva das plantas de milho sob estresse hídrico melhore o suprimento alimentar do pulgão.

Honek (1990, 1991), observou a influência dos estádios fenológicos do trigo, sobre po-

pulações de *R. maidis* e postulou que o aumento da concentração e disponibilidade de aminoácidos livres constituem no maior ou no único componente alimentar para os insetos sugadores especializados como os afídeos (Parra, 1999) fenômeno que é determinado pelo estágio fenológico e pela disponibilidade de solutos na planta (Leather & Dixon, 1980; Brodbeck & Strong, 1987).

Houve efeito dos níveis de dotação de água às plantas do milho, nas características biológicas do pulgão na fase adulta. O período reprodutivo e a longevidade de *R. maidis* foram mais curtos em pulgões que se desenvolveram

em plantas de milho em solo com 20% da capacidade de campo, porém não houve efeito dos tratamentos na duração do período pós-reprodutivo (Tabela 2). Por outro lado, adultos do pulgão que se desenvolveram nessas mesmas plantas colocaram a primeira ninfa num menor período de tempo em relação aos que se desenvolveram em plantas de milho em solo com 40% da capacidade de campo. Estes por sua vez colocaram a primeira ninfa num menor período de tempo que os das plantas que receberam água na capacidade de campo (100% de dotação d'água) (Tabela 2).

TABELA 2. Duração dos períodos e da longevidade (dias) de *Rhopalosiphum maidis*, em função da umidade do solo.

Tratamentos	Períodos/duração ¹			
	Pré-reprodutivo	Reprodutivo	Pós-reprodutivo	Longevidade
20% da CC ²	0,6 C	11,0 C	2,7 A	14,3 C
40% da CC	1,3 B	12,8 B	2,8 A	17,0 B
100% da CC	3,2 A	14,3 A	3,1 A	20,5 A
CV (%)	28,48	5,52	14,24	5,09

¹Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott (P < 0,05).

²CC = Capacidade de Campo.

Observou-se que o suprimento de 20% da capacidade de campo foi mais severo sobre o ciclo biológico total de *R. maidis* que o de 40% da capacidade de campo e este, por sua vez, mais que o de dotação total da água. As ninfas que se alimentaram de plantas de milho sob estresse hídrico de 80% (receberam apenas 20% da água necessária) desapareceram mais rapidamente do ambiente que aquelas desenvolvidas em plantas com 60% e sem estresse (Tabela 3). Esses resultados demonstram que o manejo da água no cultivo do milho pode ser uma ferramenta impor-

tante para a regulação, tanto da fertilidade como do número de gerações desse pulgão nos agroecossistemas, reduzindo a necessidade do uso de produtos fitossanitários para o seu controle.

As variáveis, número ninfas/dia e total de pulgões alados mostraram que o estresse hídrico aumenta a produção de ninfas e, conseqüentemente, acelera a necessidade de abandono da colônia, produzindo mais pulgões alados. Embora não se altere o número total de ninfas produzidas em função das mudanças no suprimento de água, ausência da qual propulsiona o estresse

da planta, tornando-a vulnerável ou mais resistente ao ataque de pragas e doenças, fato que é determinado pelo espessamento da parede celular ou pelo baixo poder da planta em mobilizar nutrientes que seriam alocados para a construção do arcabouço e massa do inseto-praga.

TABELA 3. Duração (dias) do ciclo biológico e produção diária e total de ninfas de *Rhopalosiphum maidis*, em função da umidade do solo.

Tratamentos	Ciclo biológico	Produção de insetos ¹		
		Total de ninfas	Ninfas/dia	Total de alados
20% da CC ²	21,9 C	23,6 A	2,2 A	12,4 A
40% da CC	26,2 B	21,7 A	1,7 B	5,8 B
100% da CC	31,3 A	19,8 A	1,4 C	6,1 B
CV (%)	3,73	14,18	12,61	15,20

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott (P < 0,05)

²CC = Capacidade de Campo.

Em geral, todos os estádios de desenvolvimento de *R. maidis* em plantas de milho submetidas a diferentes suprimentos de água, demonstraram ser altamente influenciados pelos diferentes tratamentos. O déficit hídrico de 80% da capacidade de campo, também promoveu o rápido amadurecimento e definhamento das plantas de milho, situação que pode justificar o efeito sobre os estádios do inseto como a longevidade, o ciclo biológico, a produção de ninfas e a emigração dos adultos demonstrada pelo alto número de insetos alados (Tabela 3). Wiktelius (1992), postulou que *R. padi* criado em cevada em dois estádios fenológicos, amadurecimento da planta e lançamento da espiga, acelerou a produção de ninfas aladas de quarto ínstar, independentemente da sua densidade populacional.

Como a duração do período reprodutivo relacionou-se inversamente com a fecundidade de *R. maidis*, o tratamento com 20% de suprimento de água exerceu maior influência, produ-

zindo acima de 22 e 36% de ninfas/dia, quando comparado com os tratamentos 40% e 100%, respectivamente. Embora não tenha sido constatado efeito significativo desses tratamentos na produção total de ninfas (Tabela 3).

Não houve efeito dos diferentes tratamentos na produção total de ninfas, demonstrando que em plantas sob estresse hídrico o aumento da população do inseto se dá pela redução do ciclo, aumentando o número de gerações em 1,43 vezes (Tabela 3). Entretanto, em *R. padi*, de acordo com Pons & Tatchell (1995), a taxa reprodutiva em trigo de inverno sob estresse hídrico (temperatura média de 14 °C), foi menor. Além de se tratar de outra espécie de pulgão e cultura, as condições ambientais e metodológicas de criação do pulgão foram diferentes o que pode ter afetado os resultados (Foott & Timmins, 1973; Bing *et al.*, 1991a,b).

Em estudos sobre a fisiologia de plantas de milho, tem sido levantada a hipótese de que a

manutenção da pressão de turgescência celular através do acúmulo de solutos seja um mecanismo de adaptação da planta para seu crescimento ou sobrevivência em períodos de estresse hídrico. Essa falta de água é sempre acompanhada por interferência nos processos de síntese de RNA e proteína, caracterizada por um aumento aparente na quantidade de aminoácidos livres, como a prolina, que tem sido sugerida como fonte de energia para a atividade circadiana dos insetos (Magalhães *et al.* 1995). Níveis de amido são frequentemente maiores em plantas após o estresse hídrico, e parece que o amido é um veículo comum no transporte de nitrogênio (Brodbeck & Strong, 1987).

Aparentemente, surtos de insetos herbívoros, estão associados ao estresse hídrico em plantas hospedeiras que incrementam a concentração de certos aminoácidos cruciais para a fecundidade ou sobrevivência dos insetos. Por outro lado, mudanças nas condições do ambiente determinam as concentrações de aminoácidos específicos em plantas, os quais podem correlacionar-se com o sucesso da fitofagia ou abundância. Um exemplo típico é o que ocorre em plantas desenvolvidas sob solos ácidos e que absorvem o nitrogênio na forma de nitrato e, outro àquelas sob solos com pH mais elevado que tendem a absorver mais íons de amônio, fato que deve determinar a rota metabólica e os subprodutos (Fancelli & Dourado Neto, 2000). De certa forma, o estresse em plantas pode também causar um declínio na síntese de proteínas e um incremento na produção de aminoácidos livres, fonte de nutrição de insetos sugadores. Assim os principais responsáveis pelas mudanças em função do estresse hídrico podem ser indicados como a concentração e composição de aminoácidos livres e em forma de proteínas, os quais mudam com o estresse (Brodbeck & Strong, 1987).

De acordo com Honek (1991), diferenças no metabolismo de plantas de trigo afetaram a performance de *R. maidis*, o qual preferiu se alimentar nos órgãos das plantas com maior proporção de matéria seca. Aparentemente, dentre os fatores que afetaram a performance dos insetos destacaram a produção, o transporte de assimilados e a morfologia dos órgãos das plantas.

Portanto, pode-se concluir que o pulgão-do-milho, *R. maidis*, responde ao estresse hídrico no milho reduzindo o seu ciclo biológico e, conseqüentemente seu potencial biótico, além de aumentar a produção de formas aladas, que são as responsáveis tanto pela migração quanto pela dispersão da espécie no campo.

Literatura Citada

- BAILEY, S. M.; IRWIN, M. E.; KAMPMEIER, G. E.; EASTMAN, C. E.; HEWINGS, A. D. Physical and biological perturbation of apterous *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae) and localized spread of barley yellow dwarf virus. **Environmental Entomology**, College Park, v. 24, p. 24-33, 1995.
- BAKKER, T.; ROBINSON, A. C. Movement of english grain aphids on barley plants. **Manitoba Entomologist**, Winnipeg, v. 9, p. 9-12, 1975.
- BETHKE, J. A.; REDAK, R. A.; SCHUCH, U. K. Melon aphid performance on chrysanthemum as mediated by cultivar and differential levels of fertilization and irrigation. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 88, p. 41-47, 1998.
- BING, J. W.; GUTHRIE, W. D.; DICKE, F. F.; OBRYCKI, J. J. Seedling stage feeding by corn leaf aphid (Homoptera: Aphididae): influence on plant development in maize. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 84, n. 2, p. 625-632, 1991a.

- BING, J. W.; NOVAK, M. G.; OBRYCKI, J. J.; GUTHRIE, W. D. Stylet penetration and feeding sites of *Rhopalosiphum maidis* (Homoptera: Aphididae) on two growth stages of maize. **Annals of the Entomological Society of America**, Lanham, v. 84, n. 5, p. 549-554, 1991b.
- BRODBECK, B.; STRONG, D. Amino acid nutrition of herbivorous insects and stress to host plants. In: BARBOSA, P.; SCHULTZ, J. C. (Ed.), **Insect Outbreaks**. San Diego: Academic Press, 1987. Cap. 14, p. 347-364
- CRUZ, I. Manejo de pragas da cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C. & MIRANDO, G. V. (Eds.) **Tecnologias de produção de milho**, UFV: Viçosa, 2004. cap. 9, p. 311-366.
- DEWAR, A. M.; WOIWOD, I.; CHOPPIN DE JANVRY, E. Aerial migration of the rose-grain aphid *Metopolophium dirhodum* (Wlk), over Europe in 1979. **Plant Pathology**, London, v. 29, p. 101-109, 1980.
- DIXON, A. F. G. The way of life of aphids: host specificity, speciation and distribution. In: MINKS, A. K.; HARREWING, P. (Ed.) **World crop pests: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1987. Cap. 41, p. 197-207.
- ENGLISH-LOEB, G. M.; STOUT, M. J.; DULFEY, S. S. Drought stress in tomatoes: changes in plant chemistry and potential nonlinear consequences for insect herbivores. **Oikos**, Buenos Aires, v. 79, p. 456-468, 1997.
- EVERLY, R. T. Loss in corn yield associated with the abundance of the corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis*, in Indiana. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 53, n. 5, p. 924-932, 1960.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**, Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- FOOTT, W. R.; TIMMINS, P. R. Effects of infestations by the corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Homoptera: Aphididae), on field corn in southwestern Ontario. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 105, p. 49-458, 1973.
- GASSEN, D. N. **Manejo de pragas associadas à cultura do milho**. Passo Fundo:Aldeia Norte, 134 p. 1996.
- GASSEN, D.N.; GASSEN, F.R. **Plantio direto, o caminho do futuro**, Passo Fundo:Aldeia Norte, 207 p. 1996.
- HALE, B. K.; BALE, J. S.; PRITCHARD, J.; MASTERS, G. J.; BROWN, V. K. Effects of host plant drought stress on the performance of the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (L.): a mechanism analysis. **Ecological Entomology**, Oxford, v. 28, p. 666-677, 2003.
- HODGSON, C. Dispersal of apterous aphids (Homoptera: Aphididae) from their host plant and its significance. **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 81, p. 417-427, 1991.
- HOLMES, P. R. Mobility of the apterous grain aphids, *S. avenae* within wheat fields. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 46, p. 275-279, 1988.
- HONEK, A. Host plant energy allocation to and within ears, and abundance of cereal aphids. **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v. 110, p. 68-72, 1990.
- HONEK, A. Environment stress, plant quality and abundance of cereal aphids (Hom., Aphididae) on winter wheat. **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v.112, p. 65-70, 1991.

- HSIAO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto v. 24, p. 519-570, 1973.
- IBBOTSON, A.; KENNEDY, J. S. The distribution of aphid infestation in relation to leaf age II: the progress of *Aphis fabae* Scop. infestations on sugar beet in pots. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 37, p. 680-696, 1950.
- ITO, Y. Ecological studies on population increase and habitat segregation among barley aphids. **Bulletin of National Institution of Agriculture Science**. v. 11, p. 45-127, 1960.
- JEPSON, P. C. A controlled environment study of the effect of leaf physiological age on movement of apterous *Myzus persicae* on sugar-beet plants. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 103, p. 173-183, 1983.
- KENNEDY, J. S.; IBBOTSON, A.; BOOTH, O. The distribution of aphid infestation in relation to leaf age I: *Myzus persicae* (Sulz.) and *Aphis fabae* Scop. on spindle trees and sugar-beet plants. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 37, p. 651-679, 1950.
- KENNEDY, J. S.; LAMB, K. P.; BOOTH, C. O. Responses of *Aphis fabae* Scop. to water shortage in host plants in pots. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 1, p. 274-291, 1958.
- LEATHER, S. R.; DIXON, A. F. G. The effect of cereal growth stage and feeding site on the reproductive activity of the bird-cherry aphid, *Rhopalosiphum padi*. **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v. 97, p. 135-140. 1980
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**, Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 27 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 20).
- MILES, P. W.; ASPINALL, D.; ROSENBERG, L. Performance of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.), on water-stressed rape plants, in relation to changes in their chemical composition. **Australian Journal of Zoology**, Victoria, v. 30, p. 337-345, 1982.
- MONTGOMERY, M. E.; NAULT, L. R. Aphid alarm pheromone: dispersion of *Hyadaphis erysini* and *Mysus persicae*. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 70, p. 669-672, 1977.
- OSWALD II, C. J.; BREWER, M. J. Aphid-barley interactions mediated by water stress and barley resistance to Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 26, n. 3, p. 591-602, 1997.
- PARRA, J. R. P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**. 2. ed. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 1994. 196 p.
- PARRA, J. R. P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 1999. 137 p.
- PEÑA-MARTINEZ, M. R. Biología de áfidos y su relación con la transmisión de virus. In: URIAS-M., C.; RODRÍGUEZ-M., ALEJANDRE-A., T. (Eds.) **Áfidos como vectores de virus en México**. México: Centro de Fitopatología, Montecillo, 1992. v. 1.p. 11-35
- PONS, X.; TATCHELL, G. M. Drought stress and cereal aphid performance. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v.22, p.19-31. 1995.

- ROBBS, C. F.; BITTENCOURT, A. M. Controle biológico de insetos. **Revista Biotecnologia**, v. 2, n. 6, p. 10-12, 1998.
- ROITBERG, B. D.; MYERS, J. H.; FRAZER, B. D. The influence of predators on the movement of apterous pea aphids between plants. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 48, p. 111-122, 1979.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analyses method for grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n. 3, p. 502-512, 1974.
- SMYRNIODIS, I. N.; HARRINGTON, R.; KATIS, N.; CLARK, S. J. The effect of drought stress and temperature on spread of barley yellow dwarf virus (BYDV). **Agricultural and Forest Entomology**, v. 2, p. 161-166, 2000.
- SRIVASTAVA, P. N. Nutritional physiology. In: MINK, A. K.; HARREWIJN, P. (Eds.). **Aphids: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam, Elsevier: 1987. p. 99-121.
- SRIVASTAVA, P. N.; AUCLAIR, J. L. Influence of sucrose concentration on diet uptake and performance by the pea aphid, *Acyrtosiphom pisum*. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 64, p. 739-743, 1971.
- THOMAS, A. T.; HODKINSON, I.D. Nitrogen, water stress, and the feeding efficiency of lepidopteran herbivores. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 28, p. 703-720, 1991.
- WAQUIL, J. M.; OLIVEIRA, E.; PINTO, N. F. J. A.; FERNANDES, F. T.; CORREA, L. A. Efeito na produção e incidência de viroses em híbridos comerciais de milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 4, p. 460-63, 1996.
- WEARING, C. H.; VAN EMDEN, H. F. Studies on the relations of insect and host plant. I. Effects of water stress in host plants on infestation by *Myzus persicae* (Sulz.) and *Brevicoryne brassicae* (L.). **Nature**, London, v. 203, p. 1051-1052, 1967.
- WEARING, C. H. Studies on the relations of insect and host plant. II. Effects of water stress on host plant on the fecundity of *Myzus persicae* (Sulz.) and *Brevicoryne brassicae* (L.). **Nature**, London, v. 203, p. 1052-1053, 1967.
- WEARING, C.H. Responses of *Myzus persicae* and *Brevicoryne brassicae* to leaf age and water stress in Brussels sprouts grown in pots. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 15, p. 61-80, 1972.
- WIKTELIUS, S. The induction of alate in *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hom., Aphididae) in relation to crowding and plant growth stage in spring sown barley. **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v. 114, p. 491-496. 1992.
- ZUNIGA, E. Effect of parasitism and rainfall on displacement movements of aphids. In: PETERS, D.C.; WEBSTER, J. A.; CHLOUBER, C. S. (Eds.). **Aphid-Plant interactions: Populations to Molecules**. USDA – Agricultural Research Service: Oklahoma State University, 1990.