

MECANISMOS DE RESISTÊNCIA DO GRÃO DE MILHO AO GORGULHO¹

JAMILTON P. SANTOS² e JOHN E. FOSTER³

RESUMO - A resistência do grão de milho ao gorgulho (*Sitophilus zeamais*) é importante, porque ela confere proteção ao milho armazenado em espiga e a granel. Através de alguns estudos conduzidos nesta área, conseguiu-se identificar genótipos de milho-R (resistente) e milho-S (susceptível). Com estes dois tipos de milho, foram realizados dois ensaios, procurando evidências sobre os mecanismos de resistência envolvidos na associação gorgulho/grão de milho. Os resultados obtidos permitiram afirmar que: a) quando o milho-R e o milho-S foram oferecidos simultaneamente, o milho-R atraiu quatorze vezes menos gorgulhos do que o milho-S; b) quando somente o milho-R foi oferecido, em sete dias houve uma alta mortalidade de gorgulhos; c) a taxa reprodutiva e a capacidade de sobrevivência dos gorgulhos criados em milho-R foram diminuídas em relação aos criados em milho-S; d) a fonte de alimento na fase adulta foi um fator mais importante para a reprodução do gorgulho do que aquela durante a fase jovem; e) pode-se concluir que a resistência do grão de milho ao gorgulho resulta de uma ação conjunta dos mecanismos antibiose e antixenose.

Termos para indexação: *Sitophilus zeamais*, antibiose, antixenose.

WEEVIL RESISTANCE MECHANISMS IN CORN KERNELS

ABSTRACT - The built in maize weevil resistance in corn kernels is important because it gives protection to the threshed and unthreshed stored corn. Through a study conducted in this area it was possible to identify some resistant (R-Corn) and susceptible (S-Corn) corn genotypes. Using these types of corn, two experiments were conducted to look for evidence of the resistance mechanisms involved in the maize weevil/corn grain relationship. Based on the results obtained from these experiments the following observations could be made: a) when the R-Corn and the S-Corn were offered simultaneously, the S-Corn attracted 14 times more weevils than the R-Corn; b) when only the R-Corn was offered, in seven days, a high weevil mortality occurred; c) the reproductive potential decreased in the weevils reared in the R-Corn in relation to those reared in the S-Corn; d) the source of food during the adult stage contributed more for the reproductive potential than during the developmental period; e) finally, one can conclude that the resistance in corn grain to maize weevil results from a joint effect of "antibiosis" and "antixenosis".

Index terms: *Sitophilus zeamais*, antibiosis, antixenosis.

INTRODUÇÃO

O milho, além de ser a cultura que ocupa maior área entre as plantas cultivadas, é também a mais difundida entre os agricultores. A maioria dos agricultores brasileiros, principalmente os médios e pequenos, colhem e armazenam milho em suas propriedades. No meio rural, predomina o armazenamento de milho em palha, em paióis de estruturas rústicas. Nessas condições, torna-se difícil proteger o milho contra o ataque dos insetos que,

anualmente, causam enormes prejuízos. Segundo levantamento realizado recentemente por técnicos do CNPMS e EMATER-MG (Santos et al. 1983), os gorgulhos e traças do milho danificaram 17,3%, 36,4% e 44,5% dos grãos no período de armazenamento, que vai da colheita até agosto/81, novembro/81 e março/82, respectivamente. A estes danos corresponderam perdas de 3,1%, 10,4% e 14,3% do peso dos grãos de milho armazenados em fazenda, em Minas Gerais.

O controle químico através da aplicação de inseticidas, quer seja em polvilhamento ou pulverização, não tem promovido o controle satisfatório. A permanência da palha na espiga atua como uma barreira contra a invasão dos insetos, principalmente nas espigas com boa cobertura; entretanto, a presença da palha também serve como uma proteção para os insetos que vivem no seu interior, impedindo o contato com o inseticida. Os resultados de pesquisa têm mostrado que somente os insetici-

¹ Aceito para publicação em 24 de agosto de 1983.

Parte da tese apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau Ph.D., em Entomologia, área de resistência genética de plantas a insetos, na Universidade de Purdue, West Lafayette, IN, 47907, USA.

² Entomologista, Ph.D., EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Caixa Postal 151, CEP 35700 - Sete Lagoas, MG.

³ Entomologista, Ph.D., Pesquisador do USDA-SEA, também Professor Adjunto do Departamento de Entomologia na Universidade de Purdue, West Lafayette, IN, 47907, USA.

das fumigantes conseguem penetrar no interior das palhas e eliminar os insetos.

Os métodos de controle biológico e de controle através de resistência no grão têm sido pouco explorados comercialmente, embora vários trabalhos de seleção para resistência já tenham sido publicados, inclusive no Brasil (Veiga 1969, Rossetto 1972, Ramalho 1976, Santos & Foster 1981a, b). A utilização de grãos mais resistentes aos insetos tem boa perspectiva para uso somente no futuro.

São vários os fatores que podem condicionar a resistência do grão de milho ao gorgulho. Back & Cotton (1931), Eden (1952), Singh & McCain (1963), Gupta et al. (1970) e Dobie (1973) estudaram os efeitos da dureza do grão e concluíram que grãos moles (dentados) são geralmente mais susceptíveis do que grãos duros (flint). Outros autores, tais como Singh & McCain (1963) Resistência . . . (1966/67) e Veiga (1969), observaram que a composição química e principalmente baixos teores de açúcares são importantes fatores para a resistência. Também, Wheatley (1973) e Whitney (1973) concluíram que grãos com endosperma tipo farináceo são mais susceptíveis ao ataque de gorgulhos do que grãos com endosperma vítreo.

Painter (1951) afirmou que a resistência de plantas a insetos pode ser explicada por três mecanismos fundamentais, denominados: antibiose, não-preferência e tolerância. Painter e, posteriormente, outros pesquisadores verificaram que estes mecanismos podem agir conjunta ou independentemente.

Considerando que, no caso do milho, ainda não está definido qual ou quais os mecanismos envolvidos na resistência ao gorgulho, foi realizado este trabalho. Devido ao estado latente da semente, acredita-se que a tolerância, como um mecanismo de resistência, não se aplica na associação gorgulho/grão de milho; por isso, não foi estudada.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido nos laboratórios do Departamento de Entomologia da Universidade de Purdue, em West Lafayette, nos EUA. Os gorgulhos utilizados nos ensaios originaram-se de uma criação de *Sitophilus zeamais* Motschulsky, mantida na Universidade de Kansas, em Manhattan, EUA. Em Purdue, os insetos eram mantidos

em milho susceptível e utilizados nos ensaios com a idade de sete a quatorze dias.

Através de estudos anteriores (Santos 1977, 1979), foram identificados genótipos de milho-R (resistente) e milho-S (susceptível). De posse desses tipos de milho, realizaram-se dois experimentos procurando encontrar evidências sobre os mecanismos de resistência, envolvidos na associação gorgulho/grão de milho.

Para testar o efeito de não-preferência como um mecanismo de resistência do grão de milho ao gorgulho, uma série de testes de preferência foi conduzida, utilizando somente milho com características contrastantes para resistência. Foi utilizado como milho susceptível um híbrido farináceo americano, denominado neste trabalho como milho-S₀ e, como milho resistente, uma mistura de milhos originados do CNPMS [Cateto Sete Lagoas (população), Dentado Composto - CNPMS (população), Tuxpenho P.B.C. - 11 (população)], aqui denominada milho-R₃. Foi necessário misturar mais de um genótipo de milho porque não se dispunha, individualmente, de quantidades suficientes.

Os ensaios foram conduzidos utilizando-se caixas retangulares de madeira medindo 60 x 45,5 x 6 cm, com tampas de vidro e aberturas fechadas com tela de malha fina. Amostras dos milhos foram acondicionadas em pequenas caixas de plástico e estas distribuídas nas caixas de madeira, como mostra a Fig. 1. Os milhos foram oferecidos à livre escolha dos gorgulhos nas seguintes alternativas: milho-S₀ x milho S₀, milho-S₀ x milho-R₃ e milho-R₃ x milho-R₃, em quatro repetições e durante sete dias. A caixa de madeira foi dividida transversalmente e ao meio em lado 1 e lado 2 por caixas de plástico, colocadas com o fundo à vista e de modo a permitir o livre trânsito dos gorgulhos de um lado para outro. Também foi deixada uma região livre no centro, para libertação de 600 insetos (Fig. 1), os quais foram recoletados sete dias depois. Os dados anotados representam o número de gorgulhos atraídos para o milho-S₀ e milho-R₃ nas várias alternativas oferecidas.

Para testar o efeito de antibiose como um mecanismo de resistência, foi montado um experimento no qual se procurou avaliar o desempenho reprodutivo e a mortalidade dos gorgulhos criados em milho-R com aqueles criados em milho-S. Inicialmente, tomaram-se 300 gorgulhos criados em milho-S₀ (híbrido farináceo americano), divididos em dois grupos de 150 insetos (50 machos:100 fêmeas), e colocados para se alimentarem em uma mistura de milho-R₁ [(Cateto Sete Lagoas (população), Cateto Sete Lagoas - 246/60 (linhagem), Dentado Composto - CNPMS (população) e Dentado Composto (linhagem) e milho-S₁ (Stiff Stock Synthetic (população) e Cravo Paulista - 146/71 (linhagem)].

Posteriormente, tomaram-se 96 gorgulhos originados da criação de milho-R₁, divididos em 16 grupos de seis insetos (três machos e três fêmeas), e também colocados para se alimentarem e reproduzirem em milho-R₂ [(Cateto Sete Lagoas (população), Cateto Sete Lagoas - 246/60 (linhagem) e Dentado Composto - CNPMS (popu-

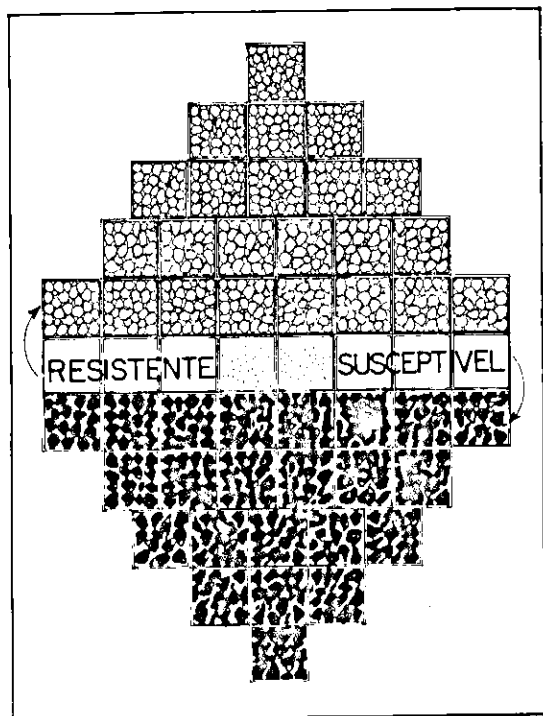


FIG. 1. Esquema de distribuição de amostras de milho em caixa de madeira apropriada para testes de preferência do gorgulho pelo milho.

lação)] e milho-S₂ (híbrido farináceo americano), em oito repetições. Da mesma forma, tomou-se igual número de gorgulhos da criação em milho-S₁, colocando-os em milho-R₂ e milho-S₂. Os dados anotados foram a mortalidade e a emergência de novos indivíduos no milho-R₂ e milho-S₂.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mecanismo de resistência denominado não-preferência, e como descrito por Painter (1951), é uma característica da planta, ou da semente neste caso, que a torna não-aceita ou não-escolhida pelos insetos, quer seja para alimentação e/ou oviposição. Kogan & Ortman (1978) propuseram o termo antixenose como substituição ao termo não-preferência, justificando que o primeiro termo define melhor a relação da preferência do inseto pela planta. Não discussão deste trabalho adotou-se o termo antixenose.

Nos testes de distribuição dos gorgulhos sobre amostras do milho-R₃ e milho-S₀ oferecidos simultaneamente, observou-se uma grande preferência dos insetos pelo milho-S₀. O número de insetos atraídos para o milho-S₀ foi quatorze vezes mais do que para o milho-R₃ (Fig. 2). A não-escolha do milho-R₃ parece indicar a presença, neste tipo de milho, de fatores que condicionam um efeito de antixenose. Quando o milho-S₀ ou o milho-R₃ foi oferecido simultaneamente nos dois lados da caixa de madeira, não houve diferença significativa entre o número de gorgulhos coletados no lado 1 e no lado 2 (Fig. 2). Foi observado também que não houve mortalidade de gorgulhos quando o milho-S₀ esteve presente. Porém, quando somente o milho-R₃ foi oferecido, em sete dias, houve uma mortalidade de 66% entre os gorgulhos (Fig. 2). Esta alta mortalidade parece indicar que a maioria dos gorgulhos morreram por não se alimentarem do milho-R₃.

Nos testes em que figurava o milho-S₀, foi observado que os gorgulhos permaneceram calmos e se alimentaram desde o início da infestação. Enquanto que, nos testes em que somente o milho-R₃ estava presente, os gorgulhos ficaram excitados, inquietos, movimentando-se constantemente desde o dia da infestação até o sétimo dia, quando os dados foram coletados. Esta intensa movi-

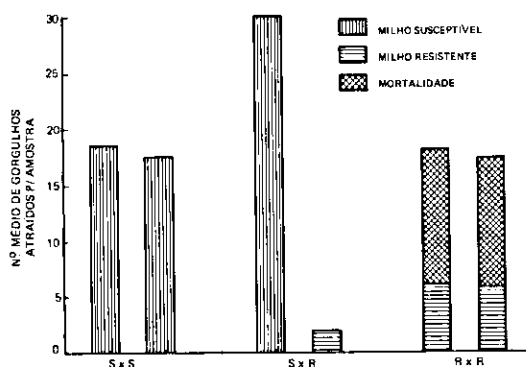


FIG. 2. Comparação da preferência e mortalidade de gorgulhos quando lhes foi oferecido milho resistente e suscetível em diversas alternativas. Este gráfico mostra que antixenose é um mecanismo de resistência do grão de milho ao gorgulho.

mentação sugere que os gorgulhos estavam procurando ou uma outra fonte de alimento ou fugir.

A presença, no grão de milho, de fatores que condicionam efeitos de antibiose sobre os gorgulhos foi evidenciada quando se observou que os insetos de larvas desenvolvidas em milho-R₁, e utilizados na infestação de milho-S₂ (Fig. 3, coluna C) tiveram, em uma geração, uma redução na taxa reprodutiva estatisticamente significativa ao nível de 1,0%, quando comparados com aqueles de larvas desenvolvidas em milho-S₁, e também usados para infestar o milho-S₂ (Fig. 3, coluna A). Este mesmo efeito, embora com menor proporção, pode ser observado comparando-se as colunas B x D da Fig. 3. Neste caso, porém, o substrato para a alimentação e postura foi o milho-R₂, o qual causou uma redução acentuada no número de novos insetos emergidos, como se pode notar comparando as colunas A x B e C x D da Fig. 3. A fonte de alimento na fase adulta foi um fator mais importante para a reprodução do que na fase jovem. Também se observou que houve uma mortalidade mais elevada entre os gorgulhos que originaram do milho-R₁ em relação aos originados do milho-S₁ (Fig. 3, coluna E x coluna F).

Para o gorgulho, a melhor situação seria ter sempre o milho-S à sua disposição (Fig. 3, coluna A), enquanto que, na presença constante do milho-R,

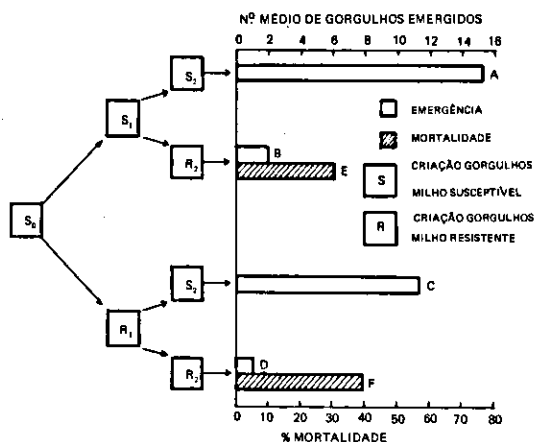


FIG. 3. Comparação da reprodutividade e mortalidade de gorgulhos criados em milho resistente e susceptível. Este gráfico mostra que antibiose é um dos mecanismos de resistência do grão de milho ao gorgulho.

os gorgulhos teriam menor taxa reprodutiva e uma maior mortalidade, como mostram as colunas D e F da Fig. 3, respectivamente.

A explicação mais provável para estas diferenças está na possível presença, no milho-R₁, de fatores adversos à biologia do gorgulho, influenciando sua reprodução e sua capacidade de sobreviver num ambiente desfavorável, como o milho-R₂. E, de acordo com Painter (1951), estes fatores adversos à biologia do inseto de modo a causar morte e produção de menor número de descendentes menos vigorosos, constituíram-se num mecanismo de resistência denominado antibiose.

Não foi possível continuar o experimento, ou estudar mais gerações, como era previsto, porque o milho-R₂ não produziu gorgulhos suficientes para promover novas infestações. Entretanto, espera-se que as diferenças observadas possam aumentar, à medida que os insetos passarem por maior número de gerações sobre o milho-R₂.

O interesse prático dos resultados observados nesta pesquisa está na possibilidade de se liberar para plantio, numa região onde o gorgulho constitui problema, um milho com características semelhantes às dos milhos resistentes utilizados neste trabalho e, com isto, seja possível reduzir a população de gorgulhos a um nível incapaz de causar dano econômico. Esta redução pode durar até que ocorra uma seleção de gorgulhos com capacidade de desenvolver neste tipo de milho, o que não se espera acontecer em poucos anos.

CONCLUSÕES

1. Quando o milho-R₃ e o milho-S₀ foram oferecidos simultaneamente, o milho-R₃ atraiu quatorze vezes menos gorgulhos do que o milho-S₀.
2. Quando somente o milho-R₃ foi oferecido, em sete dias, houve uma alta mortalidade de gorgulhos.
3. A taxa reprodutiva e a capacidade de sobrevivência dos gorgulhos criados em milho-R₁ diminuíram em relação aos criados em milho-S₁.
4. A fonte de alimento na fase adulta foi um fator mais importante para a reprodução do gorgulho do que aquela durante a fase jovem.
5. A resistência do grão de milho ao gorgulho resulta de uma ação conjunta dos mecanismos antibiose e antixenose.

REFERÊNCIAS

- BACK, E.A. & COTTON, R.T. Stored-grain pests. Washington, USDA, 1931. 46p. (Farmer's Bulletin, 1260).
- DOBIE, P. An investigation into the use of X-ray technique in the study of pre-emergent stages of *Sitophilus oryzae* L. developing in Manitoba wheat. *J. Stored Prod. Res.*, 9:7-11, 1973.
- EDEN, W.G. Effect of kernel characteristics and components of husk cover on rice weevil damage to corn. *J. Econ. Entomol.*, 45:1084-5, 1952.
- GUPTA, S.C.; ASNANI, V.L. & KHARE, B.P. Effect of the opaque-2 gene in maize (*Zea mays*) on the extent of infestation by *Sitophilus oryzae* L. *J. Stored Prod. Res.*, 6:191-4, 1970.
- KOGAN, M. & ORTMAN, E.E. Antixenosis a new term to define Painter's "nonpreference" modality of resistance. *Bull. Entomol. Soc. Am.*, 24:175-6, 1978.
- PAINTER, R.H. Insect resistance in crop plants. New York, McMillan, 1951. 520p.
- RAMALHO, F.S. Resistência de raças, híbridos e variedades de milho em palha e debulhado ao ataque de *Sitophilus zeamais* Motsch. 1855. Piracicaba, ESALQ-USP, 1976. 122p. Tese Mestrado.
- RESISTENCIA de razas del maíz al gorgojo. *Not. CIMMYT*, México, 2:3, 1966/67.
- ROSSETTO, C.J. Resistência do milho às pragas da espiga *Helicoverpa zea* (Boddie), *Sitophilus zeamais* Motschulsky e *Sitotroga cerealella* (Olivier). Piracicaba, ESALQ-USP, 1972. 144p. Tese Doutorado.
- SANTOS, J.P. A Brazilian corn germplasm collection screened for resistance to *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) and *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepodoptera: Gelechiidae). West Lafayette, Purdue University, 1977. 182p. Tese Mestrado.
- SANTOS, J.P. Resistance of some (*Zea mays* L.) populations and their respective inbreds to maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). West Lafayette, Purdue University, 1979. 129p. Tese Doutorado.
- SANTOS, J.P.; FONTES, R.A.; CRUZ, I. & FERRARI, R.A. Avaliação de danos e controle de pragas de grãos armazenados a nível de fazenda no Estado de Minas Gerais, Brasil. In: SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE PERDAS PÓS-COLHEITA DE GRÃOS, 1, Viçosa, MG, 1982. Anais . . . Viçosa, MG, CENTREINAR, 1983. p.105-10.
- SANTOS, J.P. & FOSTER, J.E. Identificação de grãos de milho resistentes ao gorgulho. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 16(1):39-43, 1981a.
- SANTOS, J.P. & FOSTER, J.E. Preferência e reprodutividade do gorgulho do milho como fator de resistência em algumas populações e linhagens de milho. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 16(6):769-75, 1981b.
- SINGH, S.R. & MCCAIN, F.S. Relationship of some nutritional properties of the corn kernel to weevil infestation. *Crop Sci.*, 3:259-61, 1963.
- VEIGA, A.F.S.L. de. Susceptibilidade relativa de diversas raças de milho da América Latina, híbridos e variedades comerciais no Brasil ao gorgulho (*Sitophilus zeamais* Motschulsky 1855) e à traça (*Sitotroga cerealella* Olivier), praga de grãos armazenados, em condições de laboratório. Piracicaba, ESALQ-USP, 1969. 154p. Tese Mestrado.
- WHEATLEY, P.E. Relative susceptibility of maize varieties. *Trop. Stored Prod. Inf.*, London, (25):16-8, 1973.
- WHITNEY, W.K. Control of insects by nonchemical methods. *Trop. Stored Prod. Inf.*, London, (25):20-1, 1973.