

EFEITO DO MILHO GENETICAMENTE MODIFICADO MON810 SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

ODNEI D. FERNANDES¹, JOSÉ R. P. PARRA², ANTONIO F. NETO¹, RUBENS PÍCOLI¹,
ADRIANO F. BORGATTO³, CLARICE G. B. DEMÉTRIO³.

¹Depto. de Desenvolvimento de Produto, Monsanto do Brasil Ltda. Av. Nações Unidas, 12901, 7º andar, Brooklin, CEP. 04578-000 São Paulo, SP. E-mail: odnei.d.fernandes@monsanto.com. (autor para correspondência).

²Depto. de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, ESALQ/USP. Av. Pádua Dias 11, Caixa Postal 9, CEP. 13418-900 Piracicaba, SP.

³Depto. de Ciências Exatas, ESALQ/USP. Av. Pádua Dias 11, Caixa Postal 9, CEP. 13418-900 Piracicaba, SP.

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.2, n.2, p.25-35, 2003

RESUMO - No Brasil, as perdas médias de produção promovidas por *Spodoptera frugiperda* em milho variam de 17 a 38,7%. Essa espécie promove os maiores prejuízos quando as infestações ocorrem no estágio fenológico de oito a dez folhas da cultura. Com o advento da biotecnologia, foi desenvolvida uma nova tática de controle de pragas que consiste nas plantas geneticamente modificadas resistentes a insetos, as quais representam uma nova abordagem no controle de pragas. O presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito do milho MON810, que expressa a toxina Cry1Ab, em *S. frugiperda*, sob condições de campo e com infestação natural da praga, nas safras de 1999/2000 e 2000/2001. O milho MON810 reduziu significativamente a infestação de lagartas de *S. frugiperda* e consqüentes danos às plantas, em comparação com o milho convencional. Os resultados obtidos na presente pesquisa permitiram concluir que o milho MON810 foi efetivo na proteção da cultura em relação às infestações e danos de *S. frugiperda*.

Palavras-chave: biotecnologia, transgênico, controle.

EFFECT OF THE GENETICALLY MODIFIED CORN MON810 ON FALL ARMYWORM *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

ABSTRACT - In Brazil the potential of yield corn losses by *Spodoptera frugiperda* varies from 17 to 38,7%. This species promotes the greatest damage when the corn crop is infested at phenological phase with 8 – 10 leaves. With the advent of biotechnology it was developed a new insect tactic control: genetically modified crop, which represents a new approach for insect control. This study had the objective to evaluate the effect of the genetically modified corn MON810 (Cry1Ab protein), on *S. frugiperda* under field conditions and natural infestation in the 1999/2000 and 2000/2001 seasons. The MON810 significantly reduced the *S. frugiperda* larvae infestation and injuries on plant whorl to low levels, compared to non-transformed corn. The obtained results allow to conclude that the genetically modified corn MON810 was efficient to protect the crop from *S. frugiperda* infestation and damage.

Key-words: biotechnology, transgenic, control.

No Brasil, o milho tem sido cultivado em aproximadamente 13 milhões de hectares, com produção de aproximadamente 36 milhões de toneladas por ano (Agrianual, 2002). O milho é um produto agrícola de grande utilização na alimentação animal e humana, constituindo-se em matéria prima de expressiva importância para o uso industrial. Todavia, um dos fatores que podem comprometer o rendimento e a qualidade da produção é a incidência de pragas, as quais podem determinar prejuízos à lavoura e à produção, com importante impacto econômico.

Dentre as pragas mais importantes no milho, destaca-se a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797), que, em condições favoráveis, aumenta sua população, destruindo folhas e cartucho e comprometendo a produção de grãos (Pencoe & Martin, 1981). No Brasil, as perdas variam de 17 a 38,7% (Carvalho, 1970; Cruz & Turpin, 1982; Carnevalli & Florcovski, 1995; Cruz *et al.*, 1999). Segundo Cruz *et al.* (1999), as perdas estimadas em função das infestações de *S. frugiperda*, no Brasil, são da ordem de 400 milhões de dólares por ano.

Com o advento da biotecnologia, foi desenvolvida uma nova tática de controle de pragas, que consiste nas plantas geneticamente modificadas resistentes a insetos. Através de apuradas técnicas de laboratório, um gene de *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*) foi introduzido em plantas de milho, dando origem ao milho geneticamente modificado, conferindo alto padrão de resistência da planta a algumas espécies de lepidópteros-pragas (Armstrong *et al.*, 1995). O gene introduzido codifica a expressão de proteínas *Bt*, com ação inseticida, efetivas no controle de lepidópteros como *S. frugiperda* (Lynch *et al.*, 1999; Barry *et al.*, 2000; Buntin *et al.*, 2001; Huang *et al.*, 2002). As lagartas, ao se alimentarem do tecido foliar do milho geneticamente modificado, ingerem essa proteína, que atua nas

células epiteliais do tubo digestivo dos insetos. A proteína promove a ruptura osmótica dessas células, determinando a morte dos insetos, antes que os mesmos consigam causar danos à cultura (Gill *et al.*, 1992; Pietrantonio *et al.*, 1993; Gill, 1995; Meyers *et al.*, 1997).

A tecnologia do milho geneticamente modificado foi lançada comercialmente nos EUA, em 1996, e vem sendo utilizada também em outros países, como Canadá, Argentina, África do Sul, Espanha e França. Nesses países, o milho geneticamente modificado resistente a lepidópteros-pragas foi plantado em 8,3 milhões de hectares, representando 18% da área cultivada com culturas geneticamente modificadas (James, 2000).

Koziel *et al.* (1993) obtiveram sucesso na inserção do gene *cry1Ab* em milho, sendo a proteína *Cry1Ab* expressa em altas concentrações nos tecidos da planta. Os autores, em testes de campo, observaram eficiência no controle de *Ostrinia nubilalis*, tanto em relação ao consumo de folhas quanto à perfuração do colmo da planta.

Armstrong *et al.* (1995), avaliando o potencial de várias linhagens de milhos geneticamente modificados, no controle de *O. nubilalis*, verificaram excelentes resultados quanto à resistência das plantas testadas a essa praga, levando à conclusão de que plantas geneticamente modificadas devem ser mais um componente do Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Diversos híbridos de milho modificado, contendo a toxina *Cry1Ab*, foram avaliados em bioensaios e testes de campo para resistência a lagartas como *S. frugiperda* (Williams *et al.*, 1997). Em laboratório, utilizou-se o tecido vegetal liofilizado adicionado à dieta artificial, para avaliar o efeito da proteína *Bt* nos lepidópteros. Observou-se baixa sobrevivência das duas espécies em dieta com tecido liofilizado dos híbridos de milho modificado. Em campo, os híbridos geneticamente modificados

apresentaram menores danos. Os estudos demonstraram a ação tóxica de Cry1Ab para essa espécie. Bioensaios foram realizados por Williams *et al.* (1998), com o objetivo de avaliar a resistência de milhos geneticamente modificados, que expressam a toxina Cry1Ab, a alguns lepidópteros-pragas do milho. Dentre as pragas estudadas, lagartas de *S. frugiperda* apresentaram menor sobrevivência e alongamento do desenvolvimento larval, em dietas contendo palha e estilo-estigma liofilizados provenientes de espigas do milho modificado.

Lynch *et al.* (1999), em teste de campo, nos Estados Unidos, com o milho doce BT11 (toxina Cry1Ab), confirmaram os efeitos adversos da toxina, presente nas folhas, no desenvolvimento biológico de *S. frugiperda*. Os dados de campo indicaram adequada proteção de folhas e espigas aos danos dessa praga no milho BT11. Também Buntin *et al.* (2001), nos Estados Unidos, avaliaram a eficácia de milhos geneticamente modificados (MON810 e BT11), que expressam a toxina Cry1Ab, no controle de *S. frugiperda*, em condições de infestação natural, na safra de 1998. Ambos os milhos consistentemente reduziram as infestações e danos nos cartuchos das plantas. Williams *et al.* (1999) avaliaram a resistência de milhos com inserção de gene *Bt*, comparativamente ao germoplasma nativo, com moderada resistência natural a *S. frugiperda*. Os autores observaram que os híbridos com as duas características (resistência natural e expressão de proteína *Bt*) apresentaram significativo aumento na resistência a esse lepidóptero.

Waquil *et al.* (2002) estudaram, em condições de campo e com infestação artificial, a eficiência de nove híbridos de milhos geneticamente modificados, expressando as toxinas Cry1Ab, Cry1Ac, Cry9C e Cry1F. Os autores concluíram que os híbridos com expressão da toxina Cry1F apresentaram-se como altamente resistentes, com Cry1Ab resistente, com Cry1Ac moderadamente resistente, e com Cry9C suscetível.

Estudos realizados no exterior mostram a ação do milho geneticamente modificado no controle de lepidópteros-pragas do milho. Considerando-se a importância de *S. frugiperda* em milho, no Brasil, bem como a falta de estudos na literatura nacional, a presente pesquisa teve por objetivo estudar o efeito do milho geneticamente modificado MON810 sobre esse lepidóptero, em condições tropicais de infestação.

Material e Métodos

A presente pesquisa foi realizada no período de dezembro de 1999 a agosto de 2001, nas Estações Experimentais da Monsanto do Brasil Ltda localizadas em Barretos, SP, e Rolândia, PR. Os experimentos foram instalados de acordo com os processos de liberação deferidos pela CTNBio.

Em Barretos, SP, os experimentos foram plantados em 25 de março de 2000 e 30 de março de 2001 e em Rolândia, PR, o experimento foi instalado em 16 de março de 2001. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com dois tratamentos e oito repetições. Os tratamentos foram compostos por milho convencional e geneticamente modificado MON810¹, utilizando-se os híbridos DKB806 e DKB909, nas safras 1999/2000 e 2000/2001, respectivamente.

As sementes de milho, convencional e geneticamente modificado MON810, foram fornecidas pela Monsanto do Brasil Ltda. O milho MON810 foi desenvolvido por essa empresa, inserindo à planta o gene *cry1Ab*, através do método de biobalística (aceleração de partículas) (Klein *et al.*, 1987, 1988a, 1988b, 1988c; Christou *et al.*, 1988). O gene *cry1Ab* foi isolado da bactéria *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 (Fischhoff *et al.*, 1987; Höfte & Whiteley, 1989). Uma vez inserido o gene *cry1Ab* em células receptoras (milho Hi-II), obteve-se o milho MON810, através de técnicas

¹Milho MON810: produto experimental em fase de avaliação pelos órgãos competentes

de regeneração de tecidos, com posteriores cruzamentos com germoplasma comercial. O milho MON810 caracteriza-se por ser similar ao milho convencional, porém sendo resistente a espécies de lepidópteros-pragas, devido à codificação da toxina Cry1Ab nos tecidos da planta (Armstrong *et al.*, 1995).

Nos experimentos conduzidos em Barretos, a parcela experimental foi constituída por 535,60 m², ou seja, 4.284,8 m² por tratamento. Em Rolândia, as parcelas experimentais foram constituídas por 1.250 m², perfazendo o total de 10.000 m² por tratamento.

Todos os tratos culturais realizados foram de acordo com as recomendações agronômicas estabelecidas para a região (Embrapa, 1997).

As avaliações foram efetuadas anotando-se a porcentagem de plantas com dano no cartucho (qualquer tipo de lesão e intensidade da mesma), em 50 plantas por parcela. Utilizou-se também a escala visual de dano de 0 a 9 (Tabela 1), adaptada de Davis *et al.* (1992). Essas avaliações foram efetuadas nas mesmas 50 plantas utilizadas para a avaliação de plantas com dano no cartucho. O número de lagartas pequenas (até 1,5 cm) e grandes (> 1,5 cm) foi avaliado em dez plantas por parcela.

TABELA 1. Escala de notas (0 a 9) para avaliação de danos de *Spodoptera frugiperda* no cartucho do milho (adaptada de Davis *et al.*, 1992).

Nota	Descrição
0	Planta sem dano
1	Planta com pontuações (mais que uma pontuação por planta)
2	Planta com pontuações; 1 a 3 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm)
3	Planta com 1 a 5 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm); mais 1 a 3 lesões alongadas (até 1,5 cm)
4	Planta com 1 a 5 lesões circulares pequenas (até 1,5 cm); mais 1 a 3 lesões alongadas (maiores que 1,5 cm e menores que 3,0 cm)
5	Planta com 1 a 3 lesões alongadas grandes (maior que 3,0 cm) em 1 a 2 folhas; mais 1 a 5 furos ou lesões alongadas até 1,5 cm
6	Planta com 1 a 3 lesões alongadas grandes (maiores que 3,0 cm) em 2 ou mais folhas; mais 1 a 3 furos grandes (maiores que 1,5 cm) em 2 ou mais folhas
7	Planta com 3 a 5 lesões alongadas grandes (maiores que 3,5 cm) em 2 ou mais folhas; mais 3 a 5 furos grandes (maiores que 1,5 cm) em 2 ou mais folhas
8	Planta com muitas lesões alongadas (mais que 5) de todos os tamanhos na maioria das folhas. Muitos furos médios a grandes (mais que 5) maiores que 3,0 cm em muitas folhas
9	Planta com muitas folhas, na quase totalidade, destruídas

As plantas foram colhidas semanalmente e as folhas das mesmas eram cuidadosamente removidas, de forma a permitir a contagem das lagartas.

As variáveis número de lagartas (pequenas e grandes), porcentagem de plantas com dano e notas médias de dano foram submetidas à análise de *deviance* (Nelder & Wedderburn, 1972). Essa análise consiste em modelar dados que apresentam distribuição binomial e Poisson, sendo uma generalização da análise de variância, que, por sua vez, é utilizada apenas para dados com distribuição normal. As variáveis foram submetidas a análises longitudinais, considerando as avaliações ao longo do tempo (Liang & Zeger, 1986). As análises foram efetuadas utilizando-se o programa SAS (1999).

Resultados e Discussão

As variáveis número de lagartas (pequenas e grandes), porcentagem de plantas com dano e notas médias de dano apresentaram distribuição binomial, Poisson e normal, respectivamente (Demétrio, 2001). A análise estatística dessas variáveis, no milho

convencional e geneticamente modificado (MON810), foi significativa, nos três experimentos realizados (Tabelas 2, 3 e 4).

Os resultados obtidos para o número de lagartas demonstraram que houve diferença significativa entre os tratamentos (milho convencional e MON810), ocorrendo menor sobrevivência de lagartas no milho MON810 (Tabela 2). Ao longo das avaliações, o número médio de lagartas pequenas por dez plantas, em Barretos (safras 1999/2000 e 2000/2001) e Rolândia (safra 2000/2001), foi de 13,3; 22,0 e 7,9 no milho convencional e 5,9; 13,1 e 1,9 no milho MON810. As médias do número de lagartas grandes por dez plantas foram 3,4; 7,9 e 1,9 lagartas no milho convencional, e no milho MON810 foram 1,3; 3,7 e 0,2 lagartas, respectivamente, para os três experimentos. O número de lagartas sobreviventes (pequenas e grandes) foi significativamente inferior no milho MON810, em relação ao milho convencional, mostrando a ação da toxina Cry1Ab sobre tais lagartas (Tabela 2 e Figura 1). Esses resultados corroboram as observações

TABELA 2. Avaliação do número de lagartas pequenas (até 1,5 cm) e grandes (> 1,5 cm) de *Spodoptera frugiperda* (por dez plantas) em milho convencional e geneticamente modificado MON810, em Barretos, SP, e Rolândia, PR. Safras 1999/2000 e 2000/2001.

Tratamentos	Barretos		Rolândia
	1999/2000 ¹	2000/2001 ²	2000/2001 ³
Lagartas pequenas			
Milho convencional	13,28 ± 0,61 a ⁴	22,04 ± 0,68 a	7,88 ± 0,43 a
MON810	5,92 ± 0,41 b	13,08 ± 0,53 b	1,97 ± 0,22 b
Lagartas grandes			
Milho convencional	3,40 ± 0,29 a	8,27 ± 0,29 a	1,99 ± 0,12 a
MON810	1,25 ± 0,18 b	3,64 ± 0,19 b	0,17 ± 0,03 b

¹Lagartas pequenas: F= 14,28; P= 0,0003; Lagartas grandes: F= 9,20; P= 0,0031

²Lagartas pequenas: F= 11,51; P= 0,0009; Lagartas grandes: F= 13,10; P= 0,0003

³Lagartas pequenas: F= 164,22; P< 0,0001; Lagartas grandes: F= 33,5; P< 0,0001

⁴Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pela técnica de contraste (P< 0,05).

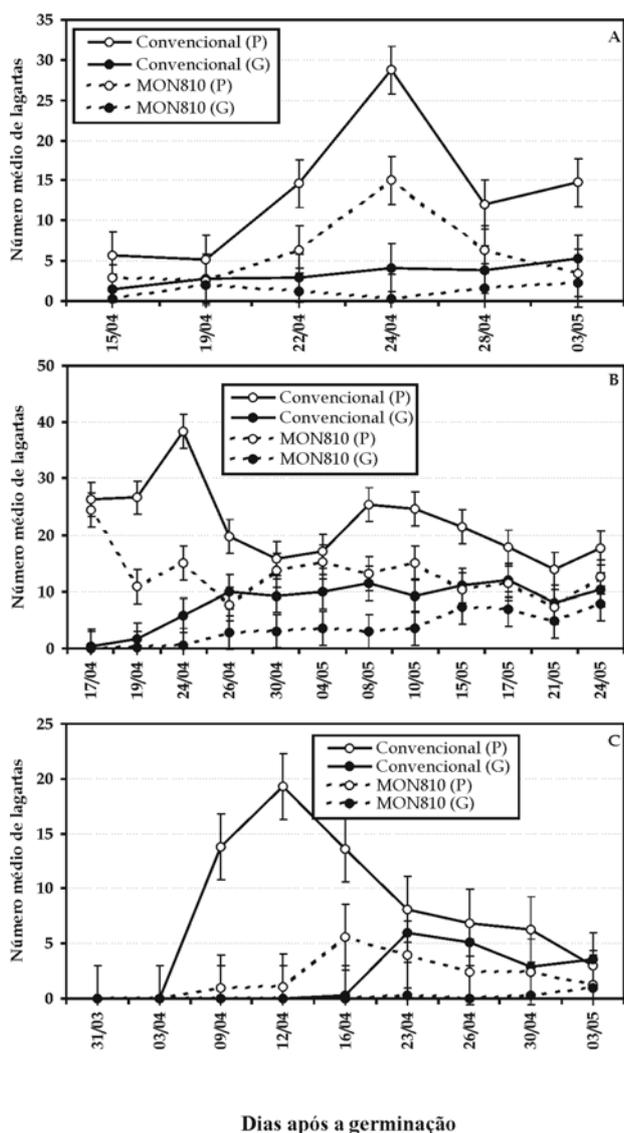


FIGURA 1. Avaliação do número médio de lagartas pequenas (até 1,5 cm) e grandes (> 1,5 cm) de *Spodoptera frugiperda* em dez plantas de milho convencional e geneticamente modificado MON810, em Barretos, SP, na safra 2000 (A) e 2001 (B) e em Rolândia, PR, na safra 2001 (C). P = lagartas pequenas; G = lagartas grandes.

de Williams *et al.* (1997), Lynch *et al.* (1999) e Buntin *et al.* (2000), pois esses autores verificaram que *S. frugiperda*, em milho geneticamente modificado, teve a população reduzida devido à ação da proteína *Bt*. Conforme relatado por Armstrong *et*

al. (1995) e Williams *et al.* (1997), a toxina Cry1Ab é expressa continuamente nas folhas do milho MON810, durante todo o desenvolvimento da cultura, o que determina a resistência da planta a insetos como *S. frugiperda*.

Nos dois tratamentos (milho convencional e MON810) ocorreram plantas com dano no cartucho (Tabela 3). Entretanto, a porcentagem de plantas com dano, ao longo do ciclo vegetativo, foi significativamente maior no milho convencional do que no milho MON810, em todos os experimentos (Tabela 3 e Figura 2). O milho convencional apresentou 51,6; 88,9 e 77,6% de plantas com dano, sendo que no milho MON810 os valores foram de 16,3; 46,8 e 38,4%, respectivamente, para os ensaios realizados em Barretos (safras 1999/2000 e 2000/2001) e Rolândia (safra 2000/2001). Conforme dados apresentados anteriormente, houve infestação de lagartas durante todo o ciclo da cultura, nos dois tratamentos. Assim, é esperado algum tipo de dano (“raspagem”) nas folhas do milho MON810, uma vez que, para ser controlado, o inseto deve ingerir a toxina Cry1Ab, por ocasião da herbivoria (Armstrong *et al.*, 1995; Koziel *et al.*, 1993; Williams *et al.*, 1997; Buntin *et al.*, 2001; Waquil *et al.*, 2002).

Buntin *et al.* (2001), estudando o padrão de resistência do milho MON810 para *S. frugiperda*, em diferentes localidades, observaram menor porcentagem de plantas com danos no cartucho desse milho, comparativamente ao milho convencional. Os autores relataram que, no milho MON810, a porcentagem de plantas com dano no cartucho chegou, no máximo, a 35%, enquanto no milho convencional ocorreram até 96,1% de plantas danificadas. Os maiores valores de dano no cartucho obtidos na presente pesquisa foram próximos aos registrados por aqueles autores (46,1% no milho MON810 e 88,9% no milho convencional).

TABELA 3. Porcentagem de plantas com danos¹ de *Spodoptera frugiperda* no cartucho de milho convencional e geneticamente modificado MON810, em Barretos, SP, e Rolândia, PR. Safras 1999/2000 e 2000/2001.

Tratamentos	Barretos		Rolândia
	1999/2000 ²	2000/2001 ³	2000/2001 ⁴
Milho Convencional	51,56 ± 1,45 a ⁵	88,89 ± 1,19 a	77,61 ± 1,55 a
MON810	16,27 ± 1,08 b	46,12 ± 1,89 b	38,41 ± 1,81 b

¹Qualquer tipo de dano, independentemente da intensidade da lesão

²F= 15,13; P= 0,0001; ³F= 14,03; P= 0,0002; ⁴F= 14,13; P= 0,0002

⁵Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pela técnica de contraste (P< 0,05).

A avaliação do dano no cartucho pela escala de notas (0 a 9) possibilitou avaliar a intensidade do dano de *S. frugiperda* nos tratamentos avaliados. O milho convencional apresentou maior intensidade de dano do que o milho MON810 (Tabela 4, Figura 3), pois apresentou nota média de danos de 3,3; 5,3 e 5,2, enquanto no milho MON810 os valores foram de 1,4; 3,2 e 1,7, respectivamente, para os ensaios realizados em Barretos (safras 1999/2000 e 2000/2001) e Rolândia (safra 2000/2001). Os baixos valores de nota de danos obtidos neste trabalho, no milho MON810, concordam com os registros efetuados por Williams *et al.* (1997), Buntin *et al.* (2001) e Waquil *et al.*, (2002).

Assim, apesar de o milho MON810 apresentar, na média dos três experimentos, 33,6% de plantas com dano no cartucho, a nota média de danos variou entre 1,4 e 3,2. Conforme escala de notas proposta por Davis *et al.* (1992), a nota 3 refere-se

a plantas com lesões (“raspagem de folha”) circulares e alongadas. Segundo esses autores, as lagartas de *S. frugiperda*, nos primeiros ínstaes, se limitam a raspar as folhas das plantas. As proporções de danos observadas no milho MON810, portanto, referem-se ao comportamento inicial de alimentação das lagartas nas folhas. Esses danos, todavia, ao contrário do observado no milho convencional, não progrediram, devido à ação da toxina Cry1Ab nas lagartas (Armstrong *et al.*, 1995; Koziel *et al.*, 1993). No milho convencional, a porcentagem média de plantas com dano no cartucho, nos três experimentos, foi de 72,7%, apresentando nota média de danos que variou entre 3,3 e 5,3, o que representa plantas com lesões e furos nas folhas do cartucho.

Com base nos dados, registrou-se que o milho MON810 apresentou resistência a *S. frugiperda*, sendo a toxina Cry1Ab efetiva na proteção da

TABELA 4. Médias das notas de danos atribuídas a plantas de milho convencional e geneticamente modificado MON810, em Barretos, SP, e Rolândia, PR. Safras 1999/2000 e 2000/2001.

Tratamentos	Barretos		Rolândia
	1999/2000 ¹	2000/2001 ²	2000/2001 ³
Milho Convencional	3,30 ± 0,05 b ⁴	5,33 ± 0,06 b	5,18 ± 0,11 b
MON810	1,37 ± 0,04 a	3,19 ± 0,11 a	1,67 ± 0,11 a

¹F= 15,52; P< 0,0001; ²F= 14,45; P= 0,0001; ³F= 15,35; P< 0,0001

⁴Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pela técnica de contraste (P< 0,05).

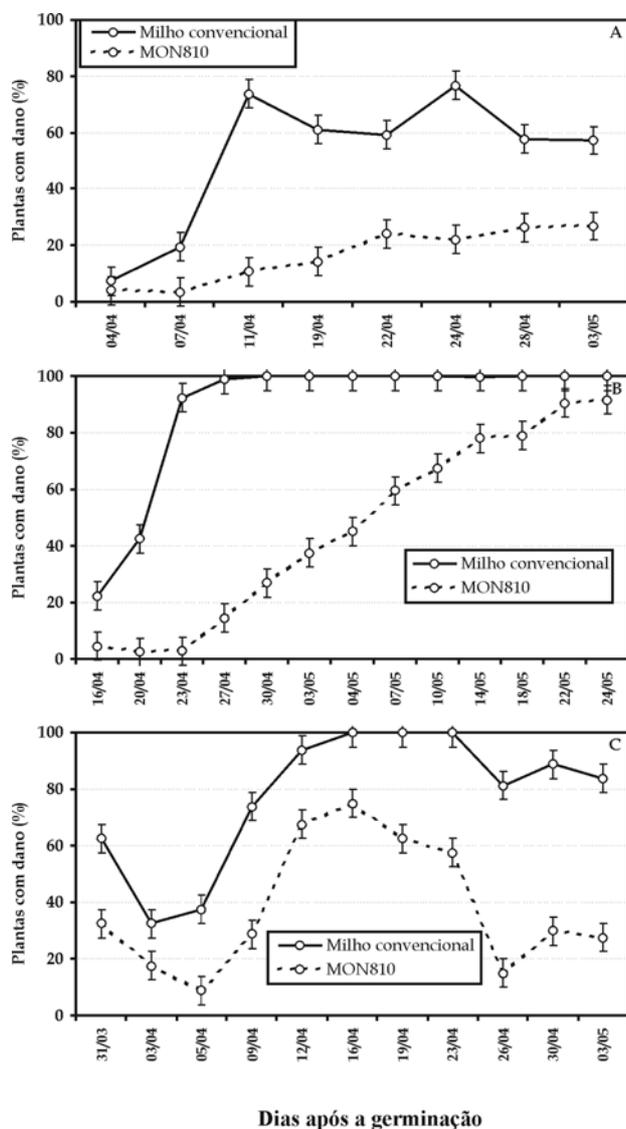


FIGURA 2. Avaliação de porcentagem de plantas com dano no cartucho causado por *Spodoptera frugiperda*, em milho convencional e geneticamente modificado MON810, em Barretos, SP, na safra 2000 (A) e 2001 (B) e em Rolândia, PR, na safra 2001 (C).

planta contra a infestação e danos promovidos por esse lepidóptero, ao longo do ciclo vegetativo da cultura. Registrou-se também que as plantas de milho MON810 e milho convencional apresentaram folhas do cartucho com sinais de dano. Todavia, a intensidade de dano no cartucho do milho MON810 foi significativamente menor, denotando

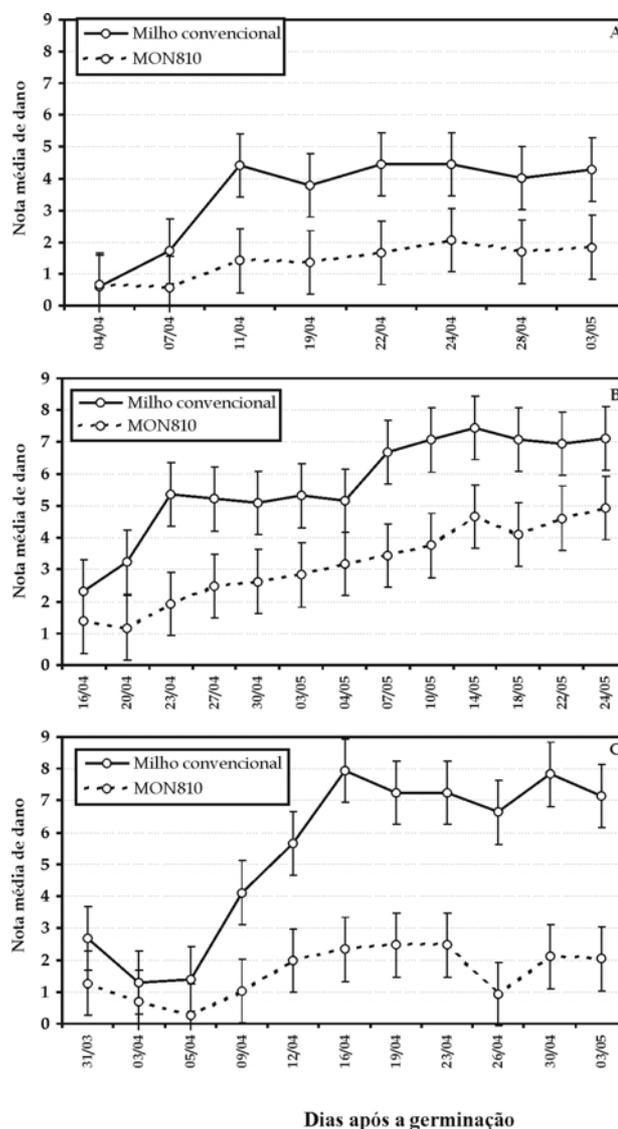


FIGURA 3. Avaliação de danos de *Spodoptera frugiperda*, através de escala de nota (0 a 9), em milho convencional e geneticamente modificado MON810, em Barretos, SP, na safra 2000 (A) e 2001 (B) e em Rolândia, PR, na safra 2001 (C).

o comportamento inicial de alimentação de *S. frugiperda*, sem prejuízos ao desenvolvimento das plantas.

Conclusões

No milho MON810, a densidade populacional de *S. frugiperda* é menor ao longo do ciclo

vegetativo da cultura, em relação ao milho convencional, demonstrando a ocorrência contínua de expressão da toxina Cry1Ab e sua efetividade sobre a praga.

O milho MON810 apresenta menor intensidade de danos por lagartas de *S. frugiperda* do que o milho convencional, sendo, portanto, efetivo na proteção da cultura em relação a esse lepidóptero.

Literatura Citada

AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2002. 536p.

ARMSTRONG, C. L.; PARKER, G. B.; PERSHING, J. C.; BROWN, S. M.; SANDERS, P. R.; DUNCAN, D. R.; STONE, T.; DEAN, D. A.; DeBOER, D. L.; HART, J.; HOWE, A. R.; MORRISH, F. M.; PAJEAU, M. E.; PETERSEN, W. L.; REICH, B. J.; RODRIGUEZ, R.; SANTINO, C. G.; SATO, S. J.; SCHULER, W.; SIMS, S. R.; STEHLING, S.; TAROCHIONE, L. J.; FROMM, M. E. Field evaluation of European corn borer control in progeny of 173 transgenic corn events expressing an insecticidal protein from *Bacillus thuringiensis*. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 550-557. 1995.

BARRY, B. D.; DARRAH, L. L.; HUCKLA, D. L.; ANTONIO, A. Q.; SMITH, G. S.; O'DAY, M.H. Performance of transgenic corn hybrids in Missouri for insect control and yield. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 93, n. 3, p. 991-999, 2000.

BUNTIN, G. D.; LEE, D.; WILSON, D. M.; McPHERSON, R. M. Evaluation of YieldGard transgenic resistance for control of fall armyworm and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) on corn. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 84, n. 1, p. 37-42, 2001.

CARNEVALLI, P. C.; FLORCOVSKI, J. L. Efeito de diferentes fontes de nitrogênio em milho (*Zea*

mays L.) sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797). **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 20, p. 41-49, 1995.

CARVALHO, R. P. L. **Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e susceptibilidade de diferentes genótipos de milho, em condições de campo**. Piracicaba, 1970. 170f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CHRISTOU, P.; McCABE, D. E.; SWAIN, W. F. Stable transformation of corn callus by DNA-coated gold particles. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 87, p. 671-674. 1988.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. de. L. C.; MATOSO, M. J. **Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitóide de ovos *Trichogramma***. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1999. 40p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 30).

CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estádios de crescimento da cultura de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.3, p. 355-60, 1982.

DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS, W. P. **Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm**. Mississippi: Agricultural and Forest Experiment Station, 1992. 9p. (Technical Bulletin, 186).

DEMÉTRIO, C. G. B. Modelos lineares generalizados em experimentação agrônômica. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 46.; SIMPÓSIO DE ESTATÍSTICA APLICADA À EXPERIMENTAÇÃO AGRÔNÔMICA, 9., 2001, Piracicaba. **Resumos**. Piracicaba: ESALQ, 2001. p. 113.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Recomendações técnicas para a cultura do milho**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. 204p.
- FISCHHOFF, D. A.; BOWDISH, K. S.; PERLAK, F. J.; MARRONE, P. G.; McCORMICK, S. M.; NIEDERMEYER, J. G.; DEAN, D. A.; KUSANO-KRETZMER, K.; MAYER, E. J.; ROCHESTER, D. E.; ROGERS, S. G.; FRALEY, R. T. Insect tolerant transgenic tomato plants. **Bio/Technology**, New York, v.5, p. 807-813. 1987.
- GILL, S. S. Mechanism of action of *Bacillus thuringiensis* toxins. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. Rio de Janeiro, v. 90, n.1, p. 69-74, 1995.
- GILL, S. S.; COWLES, E. A.; PIETRANTONIO, P. V. The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 37, p. 615-636, 1992.
- HÖFTE, H.; WHITELEY, H. R. Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. **Microbiology Reviews**, Washington, v. 53, p. 242-255, 1989.
- HUANG, F.; BUSCHMAN, L. L.; HIGGINS, R. A.; LI, H. Survival of Kansas dipel-resistant European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) on Bt and non-Bt corn hybrids. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 95, n. 3, p. 614-621, 2002.
- JAMES, C. **Global review of commercialized transgenic crops: 2000**. Ithaca: 2000. 110p. (ISAAA Briefs, 23).
- KLEIN, T. M., FROMM, M. E., WEISSINGER, A., TOMES, D., SCHAAF, S.; SLEETEN, M.; SANFORD, J. C. Transfer of foreign genes into intact maize cells using high velocity microprojectiles. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 85, p. 4305-4309. 1988b.
- KLEIN, T. M.; FROMM, M. E.; GRADZIEL, T.; SANFORD, J. C. Factors influencing gene delivery into *Zea mays* cells by high-velocity microprojectiles. **Bio/Technology**, New York, v.6, p. 559-563, 1988a.
- KLEIN, T. M.; HARPER, E. C.; SVAB, Z.; SANFORD, J. C., FROMM, M. E.; MALIGA, P. Stable genetic transformation of intact *Nicotiana* cells by the particle bombardment process. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 85, p. 8502-8505, 1988c.
- KLEIN, T.M.; WOLF, E.D.; WU, R.; SANFORD, J. C. High velocity microprojectiles for delivering nucleic acids into living cells. **Nature**, London, v. 327, p. 70-73, 1987.
- KOZIEL, M. G.; BELAND, G. L.; BOWMAN, C.; CAROZZI, N. B.; CRENSHAW, R.; CROSSLAND, L.; DWASON, J.; DESAI, N.; HILL, M.; KADWELL, S.; LAUNIS, K.; LEWIS, K.; MADDOX, D.; McPHERSON, K.; MEGHJI, M. R.; MERLIN, E.; RHODES, R.; WARREN, G. W.; WRIGHT, M.; EVOLA, S. V. Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. **Bio/Technology**, New York, v. 11, p. 194-200, 1993.
- LIANG, K.; ZEGER, S. L. Longitudinal data analysis using generalized linear models. **Biometrika**, London, v. 73, p. 13-22, 1986.
- LYNCH, R. E.; WISEMAN, B. R.; PLAINSTED, D.; WARNIK, D. Evaluation of transgenic sweet corn hybrids expressing Cry1A(b) toxin for resistance to corn earworm and fall armyworm. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 92, n. 1, p. 246-252, 1999.

- MEYERS, H. B.; JOHNSON, D. R.; SINGER, T. L.; PAGE, L. M. Survival of *Helicoverpa zea* Boddie on Bollgard® cotton. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 1997, New Orleans. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 1997. v.2, p.1269-1271.
- NELDER, J. A.; WEDDERBRUN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series A, Oxford, v.135, p. 370-384, 1972.
- PENCOE, N. L.; MARTIN, P. M. Development and reproduction of fall armyworm on several wild grasses. **Environmental Entomology**, College Park, v.10, n. 6, p. 999-1002, 1981.
- PIETRANTONIO; P. V.; FEDERICI, B. A.; GILL, S. S. Interaction of *Bacillus thuringiensis* endotoxins with the insect midgut epithelium. In: THOMPSON, S. N.; FEDERICI, B. A. (Ed.) **Parasites and pathogens of insects**. New York: Academic Press, 1993. v. 2, cap. 3, p. 55-79.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT®, user's guide**: version. 8.2. North Carolina, 1999.
- WAQUIL, J. M.; VILLELA, F. M. F.; FOSTER, J. E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 1-11, 2002.
- WILLIAMS, W. P.; BUCKLEY, P. M.; SAGERS, J. B.; HANTEN, J. A. Evaluation of transgenic corn for resistance to corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae), fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae), and southwestern corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in a laboratory bioassay. **Journal of Agricultural Entomology**, Clenison, v.15, n. 2, p. 105-112, 1998.
- WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M.; OVERMAN, J. L.; BUCKLEY, P. M. Enhancing inherent fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) resistance of corn with *Bacillus thuringiensis* genes. **Florida Entomology**, Gainesville, v. 82, n. 2, p. 272-277, 1999.
- WILLIAMS, W. P.; SAGERS, J. B.; HANTEN, J. A.; DAVIS, F. M.; BUCKLEY, P. M. Transgenic corn evaluated for resistance to fall armyworm and southwestern corn borer. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 957-962, 1997.