

**Impactos do feijoeiro
geneticamente modificado para
resistência ao mosaico dourado
sobre a fauna do solo**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agrobiologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 69**

Impactos do feijoeiro geneticamente modificado para resistência ao mosaico dourado sobre a fauna do solo

Maria Elizabeth Fernandes Correia
Miriam de Oliveira Bianchi
Edson Daniel Pereira Gomes
Itaynara Batista
Khalil de Menezes Rodrigues
Janaina Ribeiro Costa Rouws
Gustavo Ribeiro Xavier
Bruno José Rodrigues Alves

Embrapa Agrobiologia
Seropédica, RJ
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Agrobiologia

BR 465, km 7, CEP 23.851-970, Seropédica, RJ

Caixa Postal 74505

Fone: (21) 3441-1500

Fax: (21) 2682-1230

Home page: www.cnpab.embrapa.br

E-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: Norma Gouvêa Rumjanek

Secretária-Executivo: Carmelita do Espírito Santo

Membros: Bruno José Alves, Ednaldo da Silva Araújo, Guilherme

Montandon Chaer, José Ivo Baldani, Luis Henrique de Barros Soares

Normalização bibliográfica: Carmelita do Espírito Santo

Tratamento de ilustrações: Maria Christine Saraiva Barbosa

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

Foto da capa: Miriam de Oliveira Bianchi

1ª edição

1ª impressão (2010): 50 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agrobiologia

I62

IMPACTOS do feijoeiro geneticamente modificado para resistência ao mosaico dourado sobre a fauna do solo. /

Maria Elizabeth Fernandes Correia et al. Seropédica:

Embrapa Agrobiologia, 2010. 20 p. (Embrapa Agrobiologia.

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 69).

ISSN 1676-6709

1. Feijão transgênico. 2. Toxicidade. 3. Fauna do solo.

I. Bianchi, Miriam de Oliveira. II. Gomes, Edson Daniel

Pereira. III. Batista, Itaynara. IV. Rodrigues, Khalil de

Menezes. V. Rouws, Janaina Ribeiro Costa. VI. Xavier,

Gustavo Ribeiro. VII. Alves, Bruno José Rodrigues.

631.5233 CDD 23.ed.

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	11
Conclusão	17
Referências Bibliográficas	18

Impactos do feijoeiro geneticamente modificado para resistência ao mosaico dourado sobre a fauna do solo

*Maria Elizabeth F. Correia¹; Miriam de O. Bianchi²;
Edson Daniel P. Gomes³; Itaynara Batista⁴;
Khalil de Menezes Rodrigues⁵;
Janaina R. Costa Rouws¹; Gustavo Ribeiro Xavier¹;
Bruno José R. Alves¹*

Resumo

Este trabalho objetivou avaliar possíveis impactos às comunidades de macro e mesofauna do solo decorrentes do cultivo do feijoeiro Olathe 5.1, modificado geneticamente para resistência ao vírus do mosaico dourado. Foram realizadas amostragens da fauna do solo em experimentos implantados em Santo Antônio de Goiás-GO, Londrina-PR e Sete Lagoas-MG. Os experimentos foram montados em delineamento em blocos casualizados com oito repetições e dois tratamentos: plantio do feijoeiro GM Olathe 5.1 e do feijoeiro convencional Olathe. Todas as amostragens ocorreram em maio de 2008. Não foram observadas diferenças significativas de riqueza e densidade nas comunidades de macro e mesofauna edáficas no solo cultivado com os dois tipos de feijoeiro nas três localidades estudadas.

¹ Pesquisadores da Embrapa Agrobiologia, BR 465, km 7, Seropédica/RJ.

² Bióloga, doutoranda em Agronomia- Ciência do Solo UFRRJ.

³ Docente de Agronomia, UFRRJ.

⁴ Agrônoma, mestranda em Agronomia - Ciência do Solo UFRRJ.

⁵ Agrônomo, mestre em Agronomia - Ciência do Solo UFRRJ.

Impacts of GM bean for resistance to golden mosaic virus above soil fauna

Abstract

The objective of this study was to assess possible impacts to the soil macro and mesofauna communities, due to the cultivation of the Olathe 5.1, genetically modified for resistance to bean golden mosaic virus. Soil samples were taken in experiments deployed in Santo Antonio de Goiás-GO, Londrina-PR, and Sete Lagoas-MG. The experiments were performed in a randomized block design with eight replications and two treatments: cultivation of the GM bean Olathe 5.1, and of the conventional bean Olathe. All samples were collected in May 2008. There were no significant differences in richness and density of edaphic macro and mesofauna communities in soil under the two types of bean on the three localities studied.

Keywords: non-target organisms, biosafety, genetically modified plants.

Introdução

Através da transgenia é possível obter plantas com determinadas características que, anteriormente, não faziam parte de sua constituição genética e nem poderiam ser obtidas normalmente através de métodos de cruzamento convencionais. A transgenia permite a introdução e a expressão de genes específicos como os de bactérias, vírus, outras plantas e animais no genoma da planta hospedeira (FRIZZAS et al., 2004).

Dentre as inúmeras aplicações de tais técnicas, pode-se destacar a geração de plantas com características que conferem resistência a insetos-praga, isto é, que apresentam genes que expressam capacidade inseticida. A utilização dessas culturas geneticamente modificadas (GM) pode impactar positivamente a biodiversidade de insetos não alvo, entre eles a fauna do solo, se a introdução de novos genes permitir, por exemplo, o controle de ervas daninhas e de insetos-praga de uma forma mais específica que os herbicidas e pesticidas químicos normalmente utilizados (AMMANN, 2005). No entanto, é possível também que a tecnologia em si ou a metodologia de transformação ocasione impactos negativos sobre o meio ambiente. Um dos principais desafios para avaliação de riscos inclui a caracterização de fluxo gênico no tempo e no espaço, bem como dos impactos sobre organismos não-alvo, comunidades e ecossistemas. Isso se torna ainda mais preocupante por não existirem informações sobre a biodiversidade original da maioria dos ecossistemas (AUER, 2008).

Organismos não alvo incluem uma variedade de espécies de artrópodes que cumprem importantes funções ecológicas, tais como: controle biológico, incluindo inimigos naturais dos insetos-praga, polinização e decomposição (SHELTON et al., 2002; ROMEIS et al., 2008).

Estudos toxicológicos envolvendo organismos não alvo fornecem informações importantes que podem ser usadas em estudos de longo prazo da comunidade para avaliar o impacto potencial da utilização de culturas GM. Segundo a Resolução Normativa nº 5 da CTNBio (2008), as análises de risco deverão identificar e avaliar os efeitos adversos potenciais do organismo GM, bem como seus efeitos derivados para a saúde humana,

animal, vegetal e para o meio ambiente, demonstrando de forma clara o método científico e o princípio da precaução. Na União Europeia (THE EUROPEAN, 2001), o processo de avaliação de segurança aborda questões sobre como a introdução do gene modificado afeta a cultura, evidências de toxicidade e alergenidade, avaliação de efeitos sobre organismos não alvo presentes no ambiente e estimativas da probabilidade e possíveis consequências da transferência de genes de pólen de culturas ou espécies de plantas selvagens.

É importante considerar que independentemente do agente de controle biológico usado, seja ele uma planta resistente a um herbicida, uma técnica de cultivo ou qualquer outro método para controlar uma praga, caso a população da praga seja reduzida, haverá algum impacto na comunidade global biológica (SHELTON, et. al, 2002). Para Romeis et al. (2008), é importante identificar parâmetros cientificamente analisáveis que irão refletir os objetivos de gestão ou de proteção que são definidos pelas políticas públicas em relação às culturas GM. Por exemplo, se a proteção da biodiversidade for a meta da gestão, uma avaliação importante seria a abundância e a riqueza de espécies de certos grupos de organismos não alvo, como aqueles que cumprem importantes funções ecológicas.

Considerado como uma cultura de grande importância nacional, o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) apresenta-se como a base da alimentação brasileira, uma vez que se constitui numa importante fonte proteica para as classes economicamente menos favorecidas (BONFIN, 2007). Entretanto, sua produção ainda apresenta-se muito aquém do necessário para suprir a demanda interna. Enumerando as principais limitações para o aumento da produção do feijão, encontram-se a competição com plantas daninhas, a susceptibilidade a estresse hídrico e o ataque de pragas e doenças como o mosaico dourado do feijoeiro, causado pelo *Bean golden mosaic virus* (BGMV). Esse vírus é transmitido pela mosca branca (*Bemisia tabaci* Gennadius), podendo levar a uma perda de até 100% da produção (BONFIN, 2007). O processo de transformação do feijoeiro fez com que a planta expressasse RNAs complementares aos do vírus, que apresentavam a capacidade de se ligar aos RNAs virais, inativando-os e interrompendo o ciclo de vida do vírus (ARAGÃO et al., 1998).

Este estudo teve como objetivo avaliar a influência da produção do feijão geneticamente modificado para resistência ao mosaico dourado causado pelo *Bean golden mosaic virus* (BGMV) sobre as comunidades de invertebrados da macro e mesofauna do solo, que são organismos não alvo da tecnologia.

Material e Métodos

Experimentos implantados no ano de 2008 foram avaliados nas seguintes localidades: Santo Antônio de Goiás (GO), Sete Lagoas (MG) e Londrina (PA), conforme delineamentos em blocos casualizados, com oito repetições. Em cada parcela foram estabelecidas cinco linhas de plantio de feijoeiro com 10 m, espaçadas 0,5 m entre si. Utilizaram-se 15 sementes por metro linear. O espaçamento entre parcelas foi de 2,0 m em todas as direções. Além disso, em volta do experimento completo, havia uma bordadura com 10 m de largura, sendo 5 m com feijão convencional e 5 m sem feijão. Os tratamentos avaliados corresponderam aos dois tipos de feijoeiro: o Olathe Pinto e Olathe 5.1 modificado geneticamente para resistência ao vírus do mosaico dourado. Amostragens de solo prévias permitiram caracterizar quimicamente o solo dos experimentos (Tab. 1).

Para a instalação do experimento foi utilizada, quando necessário, grade aradora e niveladora. As sementes foram tratadas com fungicida Vitavax® + Thiram na dosagem recomendada pelo fabricante. A adubação consistiu na aplicação de 400 kg.ha⁻¹ da fórmula 04-30-10 + 0,5% de zinco. Para adubação de cobertura foi aplicado o sulfato de amônia à razão

Tabela 1. Atributos químicos de amostras de solo das localidades de estudo.

Localidade	pH em água	Al	Ca + Mg	Ca	Mg	P	K	C	M.O.	N
			(cmolc/dm ³)			(mg/dm ³)			(%)	
Londrina	5,3	0,1	2,6	0,9	1,6	11,6	304,0	1,10	1,900	0,132
Sto Antônio de Goiás	5,8	0,0	2,0	1,6	0,4	5,1	135,0	0,87	1,496	0,104
Sete Lagoas	5,5	0,0	2,7	2,1	0,5	10,6	220,0	1,50	2,583	0,127

de 58 kg.ha⁻¹. A irrigação foi utilizada sempre que necessária. Foi utilizado o herbicida Flex-Fusilade, além da capina manual. Para o controle de percevejos das vagens houve aplicação de 200 mL.ha⁻¹ de Folisuper 600 BR, e para o controle preventivo de doenças foliares e das vagens foi aplicado o Score EC 250-75 mL.ha⁻¹.

As amostragens nas três localidades realizaram-se em maio de 2008, e as amostras foram retiradas sempre no centro das parcelas. A partir das normais climatológicas dos locais é possível verificar que em Santo Antônio de Goiás, as temperaturas máximas variam entre 33°C em setembro e 29°C em dezembro, as mínimas variam entre 20°C em janeiro e 13°C em julho e a precipitação atinge os 270 mm em janeiro, chovendo apenas cerca de 8 mm em julho. Em Sete Lagoas, as máximas variam de 30°C em fevereiro a 26°C em junho, as mínimas estão entre 18°C em janeiro e 11°C em julho e a precipitação apresenta valores que variam entre 280 mm em janeiro a 10 mm em agosto. Já para Londrina, as máximas variam entre 30°C no mês de fevereiro e 22°C em julho, as mínimas de 20°C em fevereiro a 11°C em junho, enquanto a precipitação encontra-se entre 220 mm em dezembro e 60 mm em agosto.

As amostragens foram realizadas entre 40 e 50 dias após o plantio. Para a avaliação da macrofauna do solo foi feito um levantamento em amostras de solo (0,25 m x 0,25 m x 0,30 m de profundidade), sendo retirada uma amostra de cada parcela, separada em estratos e analisadas separadamente (método usado no Programa TSBF, ANDERSON & INGRAM, 1993). Nessa metodologia, os invertebrados da macrofauna, que por definição possuem diâmetro corporal superior a 2 mm (BARDGETT, 2005), são retirados manualmente das amostras de solo com o auxílio de pinças e transferidos para recipientes contendo álcool a 70%.

Para a comunidade da mesofauna do solo, cujo diâmetro corporal varia entre 100 µm e 2 mm (BARDGETT, 2005), a avaliação foi feita mediante o uso de extratores do tipo Berlese-Tüllgren por sete dias para a remoção dos invertebrados (AQUINO et al., 2006).

Em laboratório, as amostras de macro e mesofauna foram triadas em lupa binocular e identificadas em nível de grandes grupos taxonômicos, em geral

classes, ordens ou famílias, de acordo com as descrições fornecidas por Costa (1988), Csiro (1991) e Dindal (1990).

Os dados de densidade individual dos grupos de fauna, densidade total e riqueza média primeiramente foram submetidos à análise de variância para cada local individualmente e posteriormente à análise conjunta, englobando a comparação entre locais. Para a realização da análise conjunta, os quadrados médios residuais relativos a todos os experimentos envolvidos na análise foram comparados pelo teste de Bartlett (COCHRAN e COX, 1957). Com exceção da riqueza média, todas as demais variáveis analisadas foram transformadas em $\log(x + 1)$ para atender às pressuposições para realização da análise de variância. As médias de densidade individual dos grupos de fauna, de densidade total e de riqueza média foram comparadas pelo resultado do teste F da análise de variância na avaliação do solo de cultivo coletado dos dois feijoeiros (Olathe Pinto e Olathe 5.1) e pelo teste de Scott Knott quando se compararam as médias entre as três localidades, considerando-se 5% de significância. Utilizou-se o software SISVAR (FERREIRA, 2000) para a realização das análises.

Resultados e Discussão

A abundância da comunidade da macrofauna do solo foi muito variável entre as localidades, sendo encontrados 360 indivíduos.m⁻² em Sete Lagoas, cerca de 820 ind.m⁻² em Londrina e pouco mais de 3000 ind.m⁻² em Santo Antônio de Goiás (Tab. 2). Considerando-se que a condução dos experimentos foi semelhante, essa diferença é certamente resultante de aspectos regionais, tais como clima e tipo de solo, além de possíveis efeitos de vizinhança de outros sistemas agrícolas ou ecossistemas naturais, que permitem uma maior ou menor colonização pela macrofauna do solo.

No entanto, para a mesofauna, constituída principalmente por colêmbolos e ácaros do solo, não foi observada diferença significativa de densidade entre as três localidades de estudo. Uma possível explicação para esse fato é a maior habilidade de colonização dos grupos da mesofauna quando comparados aos da macrofauna, uma vez que suas atividades tróficas incluem tanto o consumo de

microrganismos e da microfauna como a fragmentação de material vegetal em decomposição (CORREIA & ANDRADE, 2008).

Em relação à comparação das densidades de invertebrados da fauna de solo sob cultivo do feijoeiro convencional e do transgênico, somente foi observada diferença significativa para a mesofauna do solo no experimento realizado em Sete Lagoas (MG), onde o solo sob cultivo do feijoeiro convencional teve densidades superiores às encontradas no solo cultivado com feijoeiro transgênico (Tab. 2).

O número médio de unidades taxonômicas por amostra ou riqueza média de grupos apresentou variação significativa em função da localidade, tanto para a macrofauna quanto para a mesofauna do solo. No caso da macrofauna, observa-se que a riqueza seguiu a mesma tendência da densidade total, sendo que Santo Antônio de Goiás apresentou não só a comunidade mais abundante, mas também com maior riqueza, seguida por Londrina e Sete Lagoas (Tab. 3). Para a mesofauna, no entanto, no experimento de Londrina foi verificada uma comunidade mais rica do que as duas outras localidades, que não se diferenciaram (Tab. 3). Não foi observada diferença significativa na riqueza entre os solos cultivados com feijoeiro convencional e com transgênico tanto para macrofauna quanto para mesofauna do solo em nenhuma das três localidades.

Os grupos da macrofauna mais abundantes foram: Formicidae, larvas e adultos de Coleoptera, larvas de Diptera, Isoptera e Oligochaeta. Não foram observadas diferenças significativas de densidade dos diferentes grupos de macrofauna entre os solos cultivados com feijoeiro convencional e com feijoeiro transgênico em nenhuma das três localidades (Tab. 4).

A comunidade da mesofauna do solo teve o grupo Acari como o mais significativo, representando entre 51% e 68% em Londrina e mais de 90% em Sete Lagoas. Outros grupos importantes foram: Formicidae, Collembola, larvas de Coleoptera e larvas de Diptera. Houve diferença significativa para a densidade média de ácaros presentes no solo cultivado com os dois tipos de feijoeiro. Nesse caso, o solo sob feijoeiro convencional teve uma maior densidade de indivíduos desse grupo do que o solo sob feijão transgênico (Tab. 5).

Tabela 2. Comparação entre as médias de densidade total da macrofauna e da mesofauna (indivíduos.m⁻²) do solo cultivado com feijoeiro Olathe Pinto (FC) e Olathe 5.1, modificado geneticamente para resistência ao mosaico dourado (FGM).

Localidade	Macrofauna do solo			Mesofauna do solo		
	FC	FGM	MGL	FC	FGM	MGL
Stº. Antônio de Goiás	2542 aA	3570 aA	3056 A	1503 aB	1576 aA	1539 A
Sete Lagoas	434 aB	306 aB	370 C	2859 aA	1227 bA	2043 A
Londrina	782 aA	858 aA	820 B	1462 aB	1105 aA	1283 A
MGF	1253 a	1578 a		1942 a	1302 aA	

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e pelo de Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente. FC: média de 8 dados por localidade. FGM: média de 8 dados por localidade. MGF: média geral por tipo de feijoeiro proveniente de 24 dados. MGL: média geral por local proveniente de 16 dados.

Tabela 3. Comparação entre as médias de riqueza (número de grupos taxonômicos) da macrofauna e da mesofauna do solo cultivado com feijoeiro Olathe Pinto (FC) e Olathe 5.1, modificado geneticamente para resistência ao mosaico dourado (FGM).

Localidade	Macrofauna do solo			Mesofauna do solo		
	FC	FGM	MGL	FC	FGM	MGL
Stº. Antônio de Goiás	8,75 aA	7,63 aA	8,19 A	3,75 aB	3,00 aB	3,38 B
Sete Lagoas	3,50 aB	3,13 aB	3,31 C	2,88 aB	2,13 aB	2,50 B
Londrina	7,13 aA	6,50 aA	6,81 B	4,75 aA	4,38 aA	4,56 A
MGF	6,46 a	5,75 a		3,79 a	3,17 a	

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste F e pelo de Scott Knott a 5% de probabilidade, respectivamente. FC: média de 8 dados por localidade. FGM: média de 8 dados por localidade. MGF: média geral por tipo de feijoeiro proveniente de 24 dados. MGL: média geral por local proveniente de 16 dados.

Tabela 4. Comparação entre as médias de densidade da macrofauna do solo, expressas em número de indivíduos por m², provenientes de 8 repetições de amostras de solo cultivado com feijoeiro Olathe Pinto (FC) e Olathe 5.1, modificado geneticamente para resistência ao mosaico dourado (FGM), em cada localidade de avaliação.

Grupos da fauna	Sto Antônio de Goiás		Sete Lagoas		Londrina	
	FC	FGM	FC	FGM	FC	FGM
Araneae	2 a	8 a	0 a	2 a	6 a	2 a
Archaeognatha	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	6 a
Auchenorrhyncha	2 a	4 a	0 a	2 a	0 a	0 a
Blattodea	0 a	4 a	0 a	0 a	4 a	0 a
Casulo Minhoca	2 a	0 a	16 a	4 a	0 a	0 a
Chilopoda	4 a	2 a	4 a	6 a	16 a	6 a
Coleoptera	28 a	16 a	2 a	8 a	42 a	66 a
Dermaptera	4 a	0 a	2 a	0 a	0 a	0 a
Diplopoda	2 a	0 a	0 a	0 a	16 a	32 a
Diplura	0 a	0 a	0 a	0 a	6 a	0 a
Diptera	4 a	14 a	0 a	0 a	4 a	0 a
Enchytraeidae	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	2 a
Formicidae	1.072 a	500 a	54 a	48 a	362 a	334 a
Gastropoda	0 a	0 a	0 a	0 a	2 a	10 a
Heteroptera	6 a	2 a	0 a	0 a	6 a	8 a
Hymenoptera	4 a	0 a	2 a	0 a	0 a	2 a
Isoptera	62 a	404 a	2 a	0 a	22 a	0 a
Larva Coleoptera	74 a	84 a	52 a	40 a	94 a	92 a
Larva Diptera	120 a	16 a	4 a	0 a	0 a	0 a
Larva Lepidoptera	0 a	0 a	0 a	2 a	4 a	2 a
Oligochaeta	138 a	188 a	294 a	194 a	160 a	162 a
Opilionida	0 a	0 a	0 a	0 a	12 a	40 a
Orthoptera	2 a	2 a	0 a	0 a	0 a	0 a
Psocoptera	4 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a
Sternorrhyncha	88 a	94 a	2 a	0 a	0 a	0 a
Symphyla	10 a	12 a	0 a	0 a	8 a	28 a

Médias seguidas de letras iguais na linha, em cada localidade, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Considerando as médias gerais de densidade da macrofauna e da mesofauna do solo nas repetições dos três experimentos, não foi observada diferença significativa de densidade para nenhum grupo da macrofauna do solo. No caso da mesofauna, foi observada diferença significativa de densidade apenas para o grupo Acari, com menores densidades no solo sob cultivo do feijoeiro transgênico (Tab. 6).

Embora muitos estudos tenham avaliado os efeitos de culturas GM sobre a biodiversidade acima do solo, poucos investigaram possíveis impactos de plantas GM sobre a biota do solo. Em revisão sobre o tema,

Tabela 5. Comparação entre as médias de densidade da mesofauna do solo, expressas em número de indivíduos por m², provenientes de 8 repetições de amostras de solo cultivado com feijoeiro Olathe Pinto (FC) e Olathe 5.1 modificado geneticamente para resistência ao mosaico dourado (FGM), em cada localidade de avaliação.

Grupos da fauna	Sto Antônio de Goiás		Sete Lagoas		Londrina	
	FC	FGM	FC	FGM	FC	FGM
Acari	1137 a	625 a	2648 a	1145 b	991 a	569 a
Araneae	8 a	0 a	0 a	0 a	8 a	0 a
Coleoptera	16 a	32 a	16 a	8 a	8 a	24 a
Diplura	0 a	0 a	0 a	0 a	65 a	106 a
Diptera	0 a	8 a	0 a	0 a	0 a	24 a
Entomobryomorpha	0 a	0 a	16 a	0 a	195 a	227 a
Formicidae	195 a	585 a	81 a	0 a	57 a	81 a
Heteroptera	0 a	0 a	0 a	16 a	0 a	8 a
Larvas de Coleoptera	16 a	8 a	32 a	32 a	81 a	24 a
Larvas de Diptera	49 a	8 a	32 a	8 a	8 a	8 a
Poduromorpha	0 a	0 a	0 a	0 a	8 a	24 a
Sternorrhyncha	16 a	268 a	0 a	0 a	0 a	0 a
Symphyla	41 a	24 a	0 a	0 a	0 a	0 a
Symphyleona	0 a	0 a	0 a	0 a	32 a	8 a
Thysanoptera	0 a	0 a	8 a	0 a	8 a	0 a

Médias seguidas de letras iguais na linha, em cada localidade, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Comparação entre as médias gerais de densidade da macrofauna e da mesofauna do solo, expressas em número de indivíduos por m², no solo cultivado com feijoeiro Olathe Pinto (FC) e Olathe 5.1, modificado geneticamente para resistência ao mosaico dourado (FGM), provenientes de 24 dados (8 repetições x 3 locais de avaliação do experimento).

Grupos da fauna	Macrofauna do Solo		Mesofauna do solo	
	FC	FGM	FC	FGM
Acari			1592,01 a	779,76 b
Araneae	2,72 a	4,00 a	5,20 a	0,00 a
Archaeognatha	0,00 a	2,08 a		0,00
Auchenorrhyncha	0,64 a	2,08 a		
Blattodea	1,28 a	1,28 a		
Casulo Minhoca	6,08 a	1,28 a		
Chilopoda	8,00 a	4,64 a		
Coleoptera	24,00 a	30,08 a	13,65 a	21,44 a
Dermaptera	2,08 a	0,00 a		
Diplopoda	6,08 a	10,72 a		
Diplura	2,08 a	0,00 a	21,44 a	35,09 a
Diptera	2,72 a	4,64 a	0,00 a	11,05 a
Enchytraeidae	0,00 a	0,64 a		
Entomobryomorpha			70,18 a	76,03 a
Formicidae	496,00 a	294,08 a	111,12 a	222,23 a
Gastropoda	0,64 a	3,36 a		
Heteroptera	4,00 a	3,36 a	0,00 a	8,45 a
Hymenoptera	2,08 a	0,64 a		
Isoptera	28,64 a	134,72 a		
Larva Coleoptera	73,28 a	72,00 a	43,54 a	21,44 a
Larva Diptera	41,28 a	735,36 a	29,89 a	8,45 a
Larva Lepidoptera	1,28 a	1,28 a		
Oligochaeta	197,28 a	181,28 a		
Opilionida	4,00 a	13,28 a		
Orthoptera	0,64 a	0,64 a		
Poduromorpha			2,60 a	8,45 a
Psocoptera	1,28 a	0,00 a		
Sternorrhyncha	30,08 a	31,36 a	5,20 a	89,67 a
Symphyla	6,08 a	13,28 a		
Symphyleona			11,05 a	2,60 a
Thysanoptera			5,20 a	0,00 a

Médias seguidas de letras iguais na linha, em cada método de captura, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

O'CALLAGHAN et al. (2005) não encontraram na literatura qualquer estudo que detectasse efeitos deletérios sobre minhocas, isópodes, colêmbolos e ácaros expostos a restos culturais de diferentes culturas geneticamente modificadas para expressar toxinas Bt.

Em trabalho mais recente, GRIFFITHS et al. (2008), em um experimento em casa de vegetação comparando os efeitos de milho GM tolerante a herbicida, verificou um efeito deletério da aplicação de herbicida sobre a mesofauna, mas não do milho GM isoladamente. Por sua vez, KROGH et al. (2007), também investigando um milho resistente a herbicida, verificou uma redução na população de minhocas, o que os autores atribuíram à aplicação de herbicida.

Outros resultados experimentais com colêmbolos submetidos a dietas com trigo GM resistente a fungos (ROMEIS et al., 2003) e ácaros oribatídeos alimentados com folhas de algodão Bt (OLIVEIRA et al., 2007) também não demonstraram qualquer efeito das plantas GM sobre variáveis de ciclo de vida das espécies testadas.

Não há na literatura estudo sobre o efeito de uma planta GM para resistência a um vírus sobre organismos não alvo. Dessa forma, torna-se difícil comparar os resultados encontrados neste trabalho. De maneira geral, não foram encontradas diferenças significativas entre o solo cultivado com o feijoeiro GM e o cultivado com o convencional. Apenas a densidade de Acari no solo em Sete Lagoas apresentou diferença significativa entre os dois tipos de feijoeiro. Avaliações posteriores deverão ser feitas para que se verifique se essa é uma alteração permanente ou simplesmente ocasional.

Conclusão

O cultivo do feijoeiro geneticamente modificado para resistência ao mosaico dourado causado pelo Bean golden mosaic virus (BGMV), Olathe 5.1, não afeta a diversidade e a densidade das comunidades de invertebrados da macro e da mesofauna do solo.

Referências Bibliográficas

AMMANN, K. Effects of biotechnology on biodiversity: herbicide-tolerant and insect-resistant GM crops. **Trends in Biotechnology**, v. 23, p.388-394, 2005.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical Soil Biological and Fertility: a handbook of methods**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1993. 221 p.

AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F.; BADEJO, M. A. **Amostragem da Mesofauna Edáfica Utilizando Funis de Berlese-Tüllgren Modificados**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 4p. (Embrapa Agrobiologia. Circular Técnica 17).

AUER, C. Ecological risk assessment and regulation for genetically-modified ornamental plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.27, p. 255-271, 2008.

BARDGETT, R. D. **The biology of soil: a community and ecosystem approach**. Oxford, Oxford University Press. 2005, 242 p.

BONFIM, K.; FARIA, J. C.; NOGUEIRA, E. O. P. L.; MENDES, A.; ARAGÃO, F. J. L. RNAi-Mediated Resistance to Bean golden mosaic virus in Genetically Engineered Common Bean (*Phaseolus vulgaris*). **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 7, n. 20, p. 717-726, 2007.

COCHRAN, W. G.; COX, G. **Experimental designs**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1957. 611p.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. **Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes**. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. de. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed., Porto Alegre: Editora Metrópole, 2008. p.137-158

COSTA, C.; VANIN, S. A.; CASARI-CHEN, S. A. **Larvas de Coleoptera do Brasil**. São Paulo, Museu de Zoologia, 1988. p. 282.

CSIRO. **The insects of Australia**: a textbook for students and research workers. 2 ed. New York, Cornell University Press, 1991. 1136 p. v. 2.

CTNBio, **Resolução Normativa nº 5, de 12 de março de 2008**. Disponível em: <http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/11444.html>. Acesso em: 09 jan. 2010.

DINDAL, D. **Soil Biology Guide**. New York, Ed. John Wiley and Sons, 1990, 1348 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Programa e resumos...** [S.l]: RBSIB: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FRIZZAS, M. R.; CUNHA, U. S. da; MACEDO, L. P. M. Plantas transgênicas resistentes a insetos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, n. 1, p. 13-18, 2004.

GRIFFITHS, B. S.; CAUL, S.; THOMPSON, J.; HACKETT, A.; CORTET, J.; PERNIN, C.; KROGH, P. H. Soil microbial and faunal responses to herbicide tolerant maize and herbicide in two soils. **Plant and Soil**, v. 308, p. 93-103, 2008.

KROGH, P. H.; GRIFFITHS, B. S.; DEMŠAR, D.; BOHANEC, M.; DEBELJAK, M.; ANDERSEN, M. N.; SAUSSE, C.; BIRCH, A. N. E.; CAUL, S.; HOLMSTRUP, M.; HECKMANN, L. H.; CORTET, J. Responses by earthworms to reduced tillage in herbicide tolerant maize and Bt maize cropping systems. **Pedobiologia**, v. 51, p. 219-228, 2007.

O'CALLAGHAN, M.; GLARE, T. R.; BURGESS, E. P. J.; MALONE, L. A. Effects of plants genetically modified for insect resistance on nontarget organisms. **Annual Review of Entomology**, v. 50, p. 271-292, 2005.

OLIVEIRA, A. R.; CASTRO, T. R.; CAPALBO, D. M. F.; DELALIBERA JR., I. Toxicological evaluation of genetically modified cotton (Bollgard®) and Dipel® WP on the non-target soil mite *Scheloribates praeincisus* (Acari: Oribatida). **Experimental and Applied Acarology**, v. 41, p. 191-201, 2007.

ROMEIS, J.; BATTINI, M.; BIGLER, F. Transgenic wheat with enhanced fungal resistance causes no effects on *Folsomia candida* (Collembola : Isotomidae). **Pedobiologia**, v. 47, v. 2, p. 141-147, 2003.

ROMEIS, J.; BARTSCH, D.; BIGLER, F.; CANDOLFI, M. P.; GIELKENS, M. M. C.; HARTLEY, S. E.; HELLMICH, R. L.; HUESING, J. E.; JEPSON, P. C.; LAYTON, R.; QUEMADA, H.; RAYBOULD, A.; ROSE, R. I.; SCHIEMANN, J.; SEARS, M. K.; SHELTON, A. M.; SWEET, J.; VAITUZIS, Z.; WOLT, J. D. Assessment of risk of insect-resistant transgenic crops to nontarget arthropods. **Nature Biotechnology**, v. 26, n. 2, p. 203-208, 2008.

SHELTON, A. M.; ZHAO, J. Z.; ROUSH, R. T. Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. **Annual Review of Entomology**, v. 47, p. 845-881, 2002.

THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. Directive 2001-18-EC of the European Parliament and of the Council of 12 March 2001 on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms and repealing Council Directive 90_220_EEC. **Official Journal of the European Communities**, v. 44, 16 apr. 2001. <Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?year=2001&serie=L&textfield2=106&Submit=Search>> Acesso em 21.jan.2010.



Agrobiologia

**Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**