

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste trabalho será disponibilizado somente a partir de 09/11/2017.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



MARINA MOUZINHO CARVALHO

**ARRANJOS DE SEMEADURA E AÇÃO DA TEMPERATURA NA RESPOSTA DE
PLANTAS DE SOJA AO ATAQUE DE *Euschistus heros* (Fabricius) (HEMIPTERA:
PENTATOMIDAE) e *Chrysodeixis includens* (Walker) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Botucatu

2017

MARINA MOUZINHO CARVALHO

**ARRANJOS DE SEMEADURA E ACÇÃO DA TEMPERATURA NA RESPOSTA DE
PLANTAS DE SOJA AO ATAQUE DE *Euschistus heros* (Fabricius) (HEMIPTERA:
PENTATOMIDAE) e *Chrysodeixis includens* (Walker) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp
Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Proteção de Plantas).

Orientadora: Profa. Dra. Regiane Cristina Oliveira de Freitas Buenos

Co-orientador: Prof. Dr. William Wyatt Hoback

Botucatu

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

C331a Carvalho, Marina Mouzinho, 1988-
 Arranjos de semeadura e ação da temperatura na resposta de plantas de soja ao ataque de *Euschistus heros* (Fabricius) (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) e *Chrysodeixis includens* (Walker) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) / Marina Mouzinho Carvalho. - Botucatu : [s.n.], 2017
 92 p. : il. color ., grafs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017

Orientador: Regiane Cristina Oliveira de Freitas Buenos

Coorientador: William Wyatt Hoback

Inclui bibliografia

1. Soja. 2. *Bacillus thuringiensis*. 3. Estresse oxidativo. 4. Fotossíntese. I. Buenos, Regiane Cristina Oliveira de Freitas. II. Hoback, William Wyatt. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "ARRANJOS DE SEMEADURA E AÇÃO DA TEMPERATURA NA RESPOSTA DE PLANTAS DE SOJA AO ATAQUE DE *Euschistus heros* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE) E *Chrysodeixis includens* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)"

AUTORA: MARINA MOUZINHO CARVALHO

ORIENTADORA: REGIANE CRISTINA OLIVEIRA DE FREITAS BUENO

COORIENTADORA: WILLIAM WYATT HOBACK

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. REGIANE CRISTINA OLIVEIRA DE FREITAS BUENO
Dep de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Prof. Dr. CARLOS GILBERTO RAETANO
Dep de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu


Profa. Dra. GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA
Departamento de Química e Bioquímica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP


Prof. Dr. PEDRO TAKAO YAMAMOTO
Departamento de Entomologia e Acarologia / ESALQ - USP


Dr. CRISTIANE MÜLLER
Depto. Pesquisa e Desenvolvimento / Dow AgroScience

Botucatu, 09 de maio de 2017.

Aos meus pais José Ribamar e Rosimar, e ao irmão Eduardo pelo incentivo e paciência pela minha ausência.

Ao meu namorado Colton por todo amor, carinho e cumplicidade.

Aos meus tios Trajano e Rosilene, José Aparecido e Dejane, Dora Alice e Rosinalva por todo apoio e incentivo.

Aos meus primos Alice, Arthur, Davi e Gustavo por todos os momentos de alegria.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof.^a Dr.^a Regiane Cristina Oliveira de Freitas Bueno pela orientação e a oportunidade de realização desse trabalho.

A todos os professores do Departamento de Proteção Vegetal pelos conhecimentos transmitidos.

À Prof.^a Dr.^a Giuseppina Pace Pereira Lima, pelos ensinamentos e por disponibilizar as instalações do Departamento de Química e Bioquímica para que parte deste trabalho fosse executado.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Proteção de Plantas, por todas as oportunidades e apoio.

Aos funcionários do Departamento de Proteção Vegetal e da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, por toda ajuda, ensinamentos e momentos de descontração.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos do Laboratório AGRIMIP, Ana Laura Favoreto, Bruna Favetti, Carlos Alexandre Alves, Diego Souza e João Paulo Pereira Paes, por toda a ajuda e conselhos, mas principalmente pela amizade.

Aos estagiários Felipe Fortuna, Fernando Martini, João Seber, Laís Luna por toda dedicação a esse trabalho e companherismo.

Aos amigos Camila Braga, Débora Latorre, Denise Basso, Felipe Sperotto, Leidiane Carvalho, Leysimar Pitzr, Milena Galhardo e Nádia Maebara Bueno, por todos os momentos compartilhados, por todo carinho e apoio.

Ao Prof. Dr. Wyatt Hoback pela co-orientação e por disponibilizar as instalações da Oklahoma State University para que parte deste trabalho pudesse ser executado.

Ao Prof. Dr. Francisco Ochoa Corona pelos ensinamentos, amizade, apoio e paciência.

Aos amigos de Oklahoma, Carolina Cardozo, Caren Mendonca, Claudia Ruiz-Diniz, Felipe Cervelhos, Fernanda Proaño, Gabriela Orquera, Liz Peña e Samolé Suarez, por toda ajuda e por terem me proporcionado momentos inesquecíveis.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

As plantas, por estarem constantemente expostas a diversos tipos de estresses, podem ser influenciadas pelo meio onde são cultivadas, resultando em alterações no desenvolvimento e metabolismo, e que, conseqüentemente, poderão influenciar em mudanças nas interações insetos-praga. Neste sentido, objetivou-se com esse estudo, avaliar as relações entre plantas de soja submetidas a estresses causados por arranjos de semeadura e aumento de temperatura, e as conseqüência desses fatores na interação insetos-praga que ocorrem na cultura. Para isso foram realizados dois experimentos. No primeiro experimento foram estudados, durante dois anos agrícolas consecutivos, os arranjos de semeadura: convencional 40 cm, reduzido 20 cm, fileira dupla 20 x 40 cm, e fileira dupla 20 x 60 cm; e diferentes populações de plantas: 320.000, 427.000 e 537.000 plantas ha⁻¹. Foram avaliados nesse experimento a ocorrência de percevejos-praga durante todo o ciclo da cultura, os danos causados por percevejos/grão, três enzimas oxidativas e a produtividade. No segundo ensaio foi avaliado, em plantas de soja *Bt* e não *Bt*, o efeito de diferentes temperaturas nos parâmetros fisiológicos, na expressão do gene da proteína catalase e nos danos causados por *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae: Plusiinae). Em ambos experimentos foi verificado a influência do estresse nas plantas de soja por fatores bióticos e abióticos, com alteração nos parâmetros fisiológicos e na atividade das enzimas. No primeiro experimento durante o primeiro ano agrícola as plantas em arranjos de semeadura fileira dupla 20 x 40 e 20 x 60 tiveram a menor expressão das enzimas oxidativas inicialmente, pois estavam menos estressadas devido ao maior espaçamento entre linhas, porém, com o aumento dos percevejos nesses arranjos houve também o aumento da atividade das enzimas resultante do estresse ocasionado pelo ataque desses insetos. No segundo ano agrícola não houve diferença estatística na população de percevejos. Em relação a produtividade não houve diferença estatística no primeiro ano agrícola, e no segundo ano foram observados maiores médias nos tratamentos com arranjo de semeadura convencional e reduzido. No segundo experimento, mesmo em altas temperaturas as plantas *Bt*

mantiveram eficiência de controle de *C. includens*, pois foram menos danificadas que as plantas não *Bt*, como foi observado nas avaliações de desfolha, área foliar e peso seco. O gene da enzima catalase no tratamento controle foi mais ativo na soja não *Bt*, porém nos demais tratamentos, com maiores temperaturas, foram observados maior expressão do gene em plantas *Bt*.

Palavras-chave: *Glycine max*, fotossíntese, estresse oxidativo, *Bacillus thuringiensis*.

ABSTRACT

Plants, because they are constantly exposed to different types of stresses, can be influenced by the environment where they grow, resulting in changes in development and metabolism, and, consequently, may influence changes in insect-pest interactions. Thus, the purpose of this study was to evaluate the relationships between soybean plants submitted to stresses caused by planting arrangements and temperature increase, and the consequences of these factors on the insect-pest interaction that occur in the crop. For that two experiments were performed. In the first experiment, during two consecutive agricultural years were studied planting arrangements: conventional 40 cm, reduced 20 cm, double row 20 × 40 cm, and double row 20 × 60 cm; And different plant populations: 320,000, 427,000 and 537,000 ha⁻¹ plants. In this experiment was evaluated the occurrence stink bugs during the whole crop cycle, the damage caused by stink bugs/ grain, three oxidative enzymes and productivity. In the second experiment was evaluated, on *Bt* and non-*Bt* soybean plants, the effect of different temperatures on physiological parameters, protein catalase gene expression and damage caused by *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae: Plusiinae). In both experiments, the influence of stress on soybean plants was verified by biotic and abiotic factors, with changes in physiological parameters and enzyme activity. In the first experiment during the first agricultural year the plants in 20 × 40 and 20 × 60 double rows seeding had the lowest expression of the oxidative enzymes initially, since they were less stressed due to the greater spacing between rows, but with the increase of the stink bugs in these arrangements there was also an increase in the activity of the enzymes resulting from the stress caused by the attack of these insects. In the second agricultural year there was no statistical difference in the stink bug population. About the productivity, there was no statistical difference in the first agricultural year, and in the second year were observed higher averages in the treatments with conventional and reduced planting arrangement. In the second experiment, even at high temperatures *Bt* plants kept the control efficiency of *C. includens*, as they were less damaged than non-*Bt* plants, as observed in the

evaluations of defoliation, leaf area and dry weight. The gene of the catalase enzyme in the control treatment was more active in non-*Bt* soybean, but in the other treatments, with higher temperatures, higher gene expression was observed in *Bt* plants.

Keywords: *Glycine max*, photosynthesis, oxidative stress, *Bacillus thuringiensis*.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO GERAL	13
CAPITULO I – Produtividade e resposta bioquímica de plantas de soja a arranjos de semeadura e ao ataque de percevejos (Família: Pentatomidae)	18
Resumo.....	20
Introdução.....	21
Material e métodos.....	22
Resultados.....	27
Discussão	31
Agradecimentos.....	34
Referências	34
CAPITULO II - Influência da temperatura na resposta de plantas de soja convencional e geneticamente modificadas ao ataque de <i>Chrysodeixis includens</i> (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae: Plusiinae)	54
Resumo.....	56
Materiais e métodos.....	59
Resultados.....	64
Discussão	67
Agradecimentos.....	70
Referências citadas	70
2 CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
3 REFERÊNCIAS	88

1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja [*Glycine max* (L.) (Merrill)] pertencente à família Fabaceae é de origem chinesa, e é relatada como base alimentar do povo chinês há mais de 5.000 anos. Destaca-se como uma cultura de grande importância econômica em todo o mundo, principalmente pela qualidade dos grãos, que possuem composição média de 37 a 42% de proteína e 18 a 21% de óleo, além de representar uma excelente fonte de vitaminas do complexo B, potássio, zinco, dentre outros minerais. A soja possui uma ampla diversidade de utilizações na elaboração de produtos industriais ou "in natura", como por exemplo: nutrição animal em forma de silagem e farelo, adubação verde, fabricação de adesivos, tecidos, tintas, fibras, cosméticos e produção de energia renovável na forma de biodiesel (BONATO et al., 2000, ENDRES, 2001; PRADO, 2007).

Além da importância mundial a cultura da soja possui destaque no cenário econômico nacional por representar significativa parcela do agronegócio brasileiro. A soja é um dos mais importantes produtos de exportação do país, com produção de 95.434,6 milhões de toneladas de grãos na safra 2015/16, e estimativa de 103.778,3 milhões de toneladas para a safra 2016/17. A área plantada com soja no país possui uma contínua tendência de crescimento que pode ser constatado pelo aumento de 1,6 % da safra 2016/2017 com 33.787,2 mil hectares em relação a 33.251,9 mil hectares de área plantada na safra 2015/2016. A soja é cultivada em todas as regiões do Brasil, no entanto, concentra-se principalmente no Centro-Oeste, responsável por 44,8% da produção, e no Sul do país com 34,7% (CONAB, 2017).

Porém, a produtividade da soja é frequentemente reduzida devido ao ataque de inúmeros insetos-praga, que ocorre durante todo o ciclo de produção. Após a emergência, pragas habitantes do solo como a lagarta-rosca, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera: Noctuidae) e a broca-do-colo, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae) podem atacar as plântulas. Na fase vegetativa há presença de lagartas desfolhadoras como a lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Erebidae), a lagarta-falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker 1857) (Lepidoptera: Noctuidae), o complexo *Spodoptera* composto por três espécies conhecidas como lagarta-das-vagens, *S. frugiperda* (J. E. Smith, 1797), *S.*

eridania (Cramer, 1782) e *S. cosmioides* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), que além de causar desfolha se alimentam das vagens da cultura, assim coma as lagartas da subfamília Heliiothinae como *Heliothis virescens* (Fabricius, 1777) (Lepidoptera: Noctuidae), *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (MOSCARDI et al, 2012; ÁVILA; VIVAN; TOMQUELSKI, 2013).

Entre os insetos desfolhadores da cultura da soja a espécie *C. includens*, que era considerada até a década de 90 como praga secundária, atualmente tem destaque devido aos sérios danos ocasionados pela alta capacidade de consumo de área foliar, podendo chegar a 200 cm², além de estar presente em altas densidades populacionais praticamente em todas as lavouras de sojas nas últimas safras (EMBRAPA, 2008; TOMQUELSKI et al., 2015).

Nos Estados Unidos da América - EUA, *C. includens* é considerada praga-chave da soja e devido aos expressivos danos as medidas de controle são exigidas em várias épocas durante todo o ciclo da cultura (KOGAN; TURNPSEED, 1987). Geralmente, o método de controle mais utilizado para lagarta-falsa-medideira é o uso de inseticidas, porém, quando comparadas a lagarta-da-soja, *C. includens* é mais tolerante às doses utilizadas, além de possuir o hábito de ficar na porção inferior do dossel das plantas, tornando-a mais protegida dos inseticidas, dificultando assim o controle principalmente quando a soja está na fase reprodutiva, pois as folhas do topo oferecem mais barreiras às gotas de pulverização (HERZOG, 1980; GALLO et al., 2002; DEGRANDE; VIVAN, 2010).

Com o início da fase reprodutiva há o aumento da população dos percevejos sugadores de vagens, *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) e *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) (Hemiptera: Pentatomidae), dentre outras espécies, que causam danos desde a formação das vagens até o final do enchimento dos grãos (MOSCARDI et al., 2012). A ocorrência dessas espécies nas regiões brasileiras pode variar em consequência da temperatura e da cultivar semeada (CIVIDANES; PARRA, 1994; MAGRINI et al., 1996; SILVA et al., 2006). O ataque desses insetos durante a fase de formação de grão pode ocasionar o aborto de grãos ou de vagens. Durante o período de enchimento de grãos, pode ocorrer o enrugamento,

deformações, a redução de produtividade e da qualidade de sementes, retenção foliar ou a presença de caules verdes no momento da colheita. E a severidade dos danos ocasionados pelos percevejos está relacionada principalmente ao estágio fenológico das plantas (GAZZONI, 1998; BELORTE et al., 2003).

O controle de percevejos, assim como o das lagartas desfolhadoras, tem sido realizado principalmente com uso de inseticidas, que apesar de ser um método rápido de controle e com alta eficiência, por estar sendo na maioria das vezes utilizado irracionalmente, tem resultado na seleção de populações resistentes, contaminação da água da superfície e do subsolo, contaminação de pássaros, mamíferos (selvagens e domesticados) e impacto sobre polinizadores (KOGAN, 1998; QUINTELA et al., 2006).

Em função desse cenário é importante buscar tecnologias que auxiliem ao uso racional de inseticidas, resultando em menos efeitos adversos ao meio ambiente (SILVA et al., 2009). Diante disso, a adoção do Manejo Integrado de Pragas (MIP), definido como o “Sistema de decisão para uso de táticas de controle, isoladamente ou associadas harmoniosamente, numa estratégia de manejo baseada em análises de custo/benefício que levam em conta o interesse e/ou impacto nos produtores, sociedade e ambiente” (KOGAN, 1998) é recomendado. Entretanto, antes da adoção de qualquer tática de controle é importante levar em consideração o nível de dano econômico (NDE) definido por Stern et al. (1959) como “a mais baixa densidade populacional de uma praga que resulta em dano econômico”, e que é uma ferramenta para a determinação do nível de ação (NA), ou seja, “a densidade populacional da praga na quais medidas de controle deverão ser tomadas para que o crescimento populacional não atinja o NDE” (PEDIGO, 2001).

Diante da importância do controle de insetos-praga da cultura da soja e dos conceitos sobre MIP, o uso de diferentes arranjos de semeadura, como método de controle cultural, pode ser uma vantajosa estratégia de manejo. A utilização de arranjos de semeadura consiste no princípio de que a arquitetura do dossel pode influenciar diretamente a atividade fotossintética como consequência da alteração da interceptação de luz solar pelas folhas. Assim, arranjos de semeadura que resultam em melhor distribuição das plantas na área podem incrementar a penetração de luz no dossel da

cultura, aumentando conseqüentemente a produção de fotoassimilados e resultando em maior rendimento de grãos (RAMBO et al., 2003).

A manipulação da distribuição de plantas de soja que resultam em diferentes arranjos de semeadura é possível porque plantas de soja possuem a característica de adaptação às condições ambientais e de manejo por meio de modificações na morfologia da planta e nos componentes da produtividade agrícola, particularidade essa conhecido como plasticidade. Essas modificações estão relacionadas tanto com a população de plantas quanto com o espaçamento entrelinhas (HEIFFIG, 2002).

Porém, há relatos de interferência dos arranjos de semeadura no sistema de produção de soja, o que pode promover maior produtividade, no entanto, também pode favorecer fatores não desejáveis como, competição inter e intra-específica das plantas por recursos ambientais, especialmente água e nutrientes (ARGENTA et al., 2001). Todas essas características podem resultar em impacto na relação artrópode-planta, tanto pela modificação do microclima (umidade e temperatura), resultante das mudanças na intensidade dos raios solares que atingirão as folhas do terço inferior e médio das plantas (RODRIGUES et al., 2010), quanto pela qualidade fisiológica e morfológica das plantas em consequência das interferências causadas pelas diferentes populações de plantas e espaçamentos entrelinhas. Esse cenário destaca a necessidade do conhecimento de interações dos diferentes arranjos de semeadura com fatores bióticos e abióticos para estabelecer o conjunto de práticas mais favoráveis à produtividade desta cultura.

Outra valiosa alternativa para o controle de pragas na cultura da soja, e que vem crescendo no Brasil, é o uso plantas geneticamente modificadas com expressão da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Berliner). A soja geneticamente modificada, RR2 PRO (MON 87701 x MON 89788), é a segunda geração da soja transgênica, uma evolução da soja RR1, e foi desenvolvida especialmente para o mercado brasileiro. A soja *Bt* expressa genes que codificam a proteína Cry1Ac de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* e da tolerância ao herbicida glifosato (CTNBio, 2010).

Essa tecnologia apresenta importantes características, com algumas vantagens que destacam essa estratégia em relação as demais, tais como: não acumula

resíduos nos alimentos, não interfere em outras práticas agrícolas como a colheita, não polui o ambiente, atua em qualquer nível de infestação da praga, é de fácil acesso ao agricultor, reduz as populações de insetos-praga a níveis que não causam danos econômicos, não afeta o equilíbrio do agroecossistema, apresenta facilidade na utilização e compatibilidade com os demais métodos de controle (VENDRAMIM, 1990; LARA, 1991; ROMEIS et al., 2006; YU et al., 2011).

Porém, há relatos da perda de eficiência da tecnologia *Bt* como consequência da redução de proteínas inseticidas (FINNEGAN; MCELORY, 1994; BENEDICT et al., 2014a). Isso ocorre como resultado da influência de alguns fatores como idade da planta e estágio reprodutivo e fatores ambientais (BENEDICT et al., 2014b; WU et al., 1997). Entre os fatores ambientais, há relatos que após altas temperaturas pode haver redução da expressão das proteínas inseticidas (WU et al., 2002; CHEN et al., 2005; FENG et al., 2011; CHEN et al., 2014).

Diante deste cenário há a hipótese que fatores abióticos como mudança de espaçamentos, aumento da população de plantas e aumento da temperatura podem interferir nos aspectos fisiológicos e na atividade enzimática de plantas de soja, que resultarão em mudanças na interação dessas plantas com os insetos-praga da cultura. Portanto, para analisar o efeito destes estresses em plantas de soja, este trabalho teve por objetivos específicos: a) avaliar o efeito de arranjos de semeadura no metabolismo de plantas de soja por meio de análises bioquímicas; b) verificar a flutuação populacional de percevejos em plantas de soja submetidas a diferentes arranjos de semeadura; c) analisar a resposta de plantas de soja *Bt* e convencional submetidas a altas temperaturas através de análise de parâmetros fisiológicos e enzima oxidativa catalase; d) analisar a eficiência das plantas *Bt* no controle de *C. includens* após submetidas a altas temperaturas .

Para atingir os objetivos a tese foi dividida em dois capítulos. O primeiro intitulado “Influência da densidade de plantas em arranjos de semeadura sobre o metabolismo da cultura da soja e a flutuação populacional de percevejos fitófagos (Família: Pentatomidae)” e o segundo intitulado “Influência da temperatura no metabolismo de plantas de soja geneticamente modificadas e no controle de *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae: Plusiinae)”.

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de arranjos de semeadura e de plantas de soja *Bt* apresentam-se como importantes estratégias a serem utilizadas em programas de manejo de Insetos-pragas na cultura da soja, pois características particulares destas estratégias permitem que sejam adotadas em conjunto com outras medidas do Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Porém, em estudos integrados que envolvem a análise dos arranjos de semeadura como estratégia Manejo Integrado de Pragas (MIP) e das respostas bioquímicas e de produtividade das plantas, pode-se concluir que os arranjos fileira dupla não sobressaem –se ao manejo convencional atualmente adotado pelos produtores. O arranjo de semeadura reduzido, apesar de ser semelhante ao convencional, o não incremento de produtividade não justifica o investimento em novos equipamentos para o plantio com redução do espaçamento. Com exceção da região sul do Brasil onde é muito expressiva a produção de cereais e o plantio é realizado no espaçamento de 20 cm, assim adaptar a semeadura de soja a esse arranjo otimizaria o sistema produtivo nessa importante região agrícola.

A soja *Bt*, mesmo em condições adversas, devido ao aumento da temperatura, expressou de forma eficaz a proteína de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), comprovando a eficiência dessa tecnologia. Embora existam etapas a serem concluídas, no sentido de melhor entender a relação entre o estresse causado por fatores bióticos e abióticos, o ataque de insetos-praga e as respostas das plantas, os resultados deste trabalho poderão auxiliar os programas de manejo de insetos praga da cultura soja, focando o MIP como um complexo maior que envolve a relação insetos-planta.

3 REFERÊNCIAS

ARGENTA, G. et al. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.

ÁVILA, C. J.; VIVIAN, L. M.; TOMQUELSKI, G. V. **Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícola**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 12p. (Circular Técnica, 1).

BELORTE, L. C. et al. Danos causados por percevejos (Hemiptera: Pentatomidae) em cinco cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill, 1917) no município de Araçatuba, SP. **Arquivos Instituto Biológico**, v. 70, n. 2, p. 169-175, 2003.

BENEDICT, J. H. et al. Impact of δ -endotoxin-producing transgenic cotton on insect-plant interactions with *Heliothis virescens* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Entomology**, v. 22, p. 1-9, 2014a.

BENEDICT, J. H. et al. Field performance of cottons expressing transgenic CryIA insecticidal proteins for resistance to *Heliothis virescens* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 89, p.230-238, 2014b.

BONATO, E. R. et al. Teor de óleo e de proteína em genótipos de soja desenvolvidos após 1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 12, p. 2391-2398, 2000.

CHEN, D. et al. The effect of high temperature on the insecticidal properties of *Bt* Cotton. **Environmental and Experimental Botany**, v. 53, p. 333-342, 2005.

CHEN, Y. et al. Effects of high temperature on Bt proteins expression and nitrogen metabolic physiology in square of Bt cotton at the peak squaring stage. **Yingyong Shengtai Xuebao**, v. 25, n. 9, p. 2623-2628, 2014.

CIVIDANES, F. J.; PARRA, J. R. P. Zoneamento ecológico de *Nezara viridula* (L.), *Piezodorus guildini* (West.) e *Euschistus heros* (Fabr.) (Heteroptera: Pentatomidae) em quatro estados produtores de soja do Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica Brasileira**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 219-226, 1994.

COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA-CTNBio. Extrato de parecer nº 2542/2010. Presidente Edilson Paiva. Brasília. Disponível em: <http://www.ctnbio.gov.br/upd_blob/0001/1400.doc>. Acesso em: 19 jan. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, Safra 2016/2017**. Quarto Levantamento, v.4, n.4. Janeiro 2017. Brasília. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2017.

DEGRANDE, P. E.; VIVAN, L. M. Pragas da soja. In. HIROMOTO, M.M.; CAJU, J.; CAMACHO, S. A. **Boletim de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis: Fundação MT, 2010. V. 14, 418p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil - 2009 e 2010**. Londrina-PR: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008.

ENDRES, J. G. **Soy Protein Products**: Characteristics, nutritional aspects, and utilization. AOCS Press, Champaign, IL, 2001, 53p.

FENG, Y. et al. Effects of temperature, water content and pH on degradation of Cry1Ab protein released from Bt corn straw in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, n. 7, p. 1600-1606, 2011.

FINNEGAN, E. J.; MCELORY, D. Transgenic inactivation: plants for crop improvement. **Science**, v. 244, p. 883-888, 1994.

GALLO, D. O.; et al. **Manual de Entomologia Agrícola**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2002. v. 10, 649 p.

GAZZONI, D. L. Efeito de populações de percevejos na produtividade, qualidade da semente e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 8, p. 1229-1237, 1998.

HEIFFIG, L. S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85 f. Tese (Engenharia Agrônômica) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HERZOG, D. C. Sampling soybean looper on soybean. In: KOGAN, M.; HERZOG, D. C. (Ed.). **Sampling methods in soybean entomology**. New York: Springer-Verlag, 1980.p. 140-168.

KOGAN, M.; TURNIPSEED, S. G. Ecology and management of soybean arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 32, p. 507-538, 1987.

KOGAN, M. Integrate pest management historical, perspectives and contemporary developments. **Annual Review of Entomology**, v. 43, p. 243-270, 1998.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: Ícone, 1991. V.2, 336p.

MAGRINI, E. A.; et al. Ocorrência de percevejos no município de Pirassununga-SP, associada com a fenologia da soja. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 71, n. 2, p. 187-193, 1996.

MOSCARDI, F. et al. Artrópodes que atacam as folhas de soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CÔRREA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: EMBRAPA, 2012. p. 213-334.

PEDIGO, L. P. **Entomology and pest management**. 4. ed., New Jersey: Prentice Hall, 2001. 742 p.

PRADO, R. C. O. Soja é alimento e energia. **Boletim de Pesquisa de Soja**, Fundação MT, 2007. 11-14p.

QUINTELA, et al. Desafios do MIP em soja em grandes propriedades no Brasil Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 4., 2006, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2006. P. 127-133.

RAMBO, L.; et al. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.

RODRIGUES, S. M.; SILVIE, P.; DEGRANDE, P. E. O sistema de cultivo adensado do algodoeiro e os artrópodes - pragas. In: BELOT, J. L.; VILELA, P. A. **O sistema de cultivo do algodoeiro adensado em Mato Grosso: Embasamento e Primeiros Resultados**. 1. 2010. Cuiabá: Defanti Editora, 2010. p. 239-249.

ROMEIS, J.; MEISSLE, M.; BIGLER, F. Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. **Nature Biotechnology**, v. 24, n. 1, p. 63–71, 2006.

SILVA, M. T. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; SOSA-GOMÉZ, D. R. Erro e resistência. **Revista Cultivar**, v. 8, n. 82, p. 22-25, 2006.

SILVA, A. B.; BATISTA, J. L.; BRITO, C. H. Aspectos biológicos de *Euborellia annulipes* sobre ovos de *Spodoptera frugiperda*. **Engenharia Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 482-495, 2009.

STERN, V.M.; SMITH, R.F.; VAN DEN BOSCH, R.; HAGEN, K.S. The integrated control concept. **Hilgardia**, v. 28, p. 81-101, 1959.

TOMQUELSKI, G.V.; MARTINS, G. L. M.; DIAS, T. S. Características e manejo de pragas da cultura da soja. **Pesquisa, Tecnologia e Produtividade**, v. 2, n. 9, p. 61-82, 2015.

VENDRAMIM, J. D. A resistência de plantas e o manejo de pragas. In: CROCOMO, W. B. (Org.), **Manejo Integrado de Pragas**. Botucatu: UNESP/CETESB, 1990, p. 177-197.

WU, C. et al. Transgenic fertile japonica rice plants expressing a modified cryIA(b) gene resistance to yellow stem borer. **Plant Cell Reports**, v. 17, p. 129-132, 1997.

WU, K. et al. Inheritance and expression of the cry1AB gene in *Bt* (*Bacillus thuringiensis*) transgenic rice. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 104, p. 727-734, 2002.

YU, H. L.; LI, Y. H.; WU, K. M. Risk assessment and ecological effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* crops on non-target organisms. **Journal of Integrative Plant Biology**, n. 53, p. 520-538, 2011.