

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

NÁYRA CRISTIANE DE SOUZA CRUBELATI MULATI

Avaliação da resistência de genótipos de milho doce à lagarta do cartucho,
Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

Maringá
2014

NÁYRA CRISTIANE DE SOUZA CRUBELATI MULATI

Avaliação da resistência de genótipos de milho doce à lagarta do cartucho,
Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof^o. Dr. Carlos Alberto Scapim.

Coorientador: Prof^o. Dr. Fernando Alves de Albuquerque.

Maringá
2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

M954a Mulati, Náyra Cristine de Souza Crubelati
Avaliação da resistência de genótipos de milho doce à lagarta de cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera : Noctuidae)/ Náyra Cristiane de Souza Crubelati Mulati. -- Maringá, 2014.

40 f; Il., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim.

Coorientador: Prof. Dr. Fernando Alves de Albuquerque.

Tese (Doutor em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-graduação em Agronomia.

1. Cultura de lavouras.
2. Entomologia. 3. Melhoramento genético vegetal. 4. Zea mays. 5. Spodoptera frugiperda. 6. Lagarta do cartucho. I. Scapim, Carlos Alberto, orient. II. Albuquerque, Fernando Alves de. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-graduação em Agronomia. III. Título.

633.15 21.ed.

Cicilia Conceição de Maria
CRB9- 1066
AHS-001805

NÁYRA CRISTIANE DE SOUZA CRUBELATI MULATI

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MILHO DOCE À LAGARTA
DO CARTUCHO, *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH) (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE)**

Tese apresentada Universidade Estadual de Maringá,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, na área de concentração em
Produção Vegetal, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2014.

Prof. Dr. **Carlos Alberto Scapim**
Presidente

Prof. Dr. **Adilson Ricken Schuelter**
Membro

Prof. Dr. **Fernando Alves de Albuquerque**
Membro

Profa. Dra. **Maria Cláudia Colla Ruvolo-Takasusuki**
Membro

Prof. Dr. **Ronald José Barth Pinto**
Membro

Dedico ao meu esposo Fabio Mulati,
ao meu filho que está sendo gerado,
e aos meus pais Caetano e Rosimeiri.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas maravilhas que faz em minha vida.

Ao meu esposo Fabio, companheiro e amigo, agradeço pelo incentivo na execução deste trabalho.

Aos meus pais Caetano e Rosimeiri, pelo exemplo de vida, agradeço os ensinamentos de honestidade, perseverança, serenidade, trabalho e verdadeiros valores humanos.

Às minhas irmãs Daniele e Juliana, pelo apoio e carinho ao longo da vida.

Ao programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM-PR).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor orientador Dr. Carlos Alberto Scapim, pelo exemplo de ética, profissionalismo, amizade e orientação.

Ao professor coorientador, Doutor Fernando Alves de Albuquerque, pelas contribuições na vida e ao longo de toda a carreira acadêmica, em que esteve sempre presente e contribuiu muito para a minha formação profissional.

Ao amigo e “braço direito” na execução dos experimentos, Rafael Egéa Sanches.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) pelo apoio e ajuda nos experimentos, em especial Sr. Antônio, Gildo, Jussara e Oélcio.

Aos acadêmicos Amanda, Camila, Lídia, Vânia, Thaisa, Roberta, João Pedro, Murilo, Matheus e Caroline pela colaboração e ajuda nos trabalhos de campo e de laboratório.

Avaliação da resistência de genótipos de milho doce à lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

RESUMO

A utilização de genótipos resistentes é importante para o manejo integrado de pragas e vem sendo valorizada em programas de melhoramento genético de plantas. A cultura do milho doce (*Zea mays* L. subsp. *Saccharata*) é bastante semelhante a do milho comum, principalmente em relação à ocorrência de pragas. Em ambas as culturas, a lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), é a praga que ocasiona maiores prejuízos econômicos. Entretanto, informações a respeito do impacto de pragas na cultura do milho doce são escassos, de maneira que se faz necessário o estudo de possíveis genótipos quanto a sua resistência. Este trabalho teve como objetivo principal a verificação de nove genótipos de milho doce e duas testemunhas de milho comum, quanto à resistência à *S. frugiperda* em laboratório. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente ao acaso, com 27 repetições para cada genótipo/tratamento. Os experimentos foram conduzidos em câmara climatizada com temperatura, fotoperíodo e umidade relativa controladas ($24 \pm 1^\circ\text{C}$, 12 horas e $70 \pm 10\%$, respectivamente). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,1$). Constatou-se que os genótipos BR-400, Tuc Blanco Dulce, MG 161, Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, BRS 1030 e Zapalote Chico são menos favoráveis ao desenvolvimento de *S. frugiperda*, enquanto os genótipos Milho Doce 1, MG-162, Tuc Blanco Dulce e Doce Opaco foram mais adequados ao desenvolvimento do inseto.

Palavras-chave: Manejo integrado de pragas. *Zea mays*. Lagarta do cartucho. Milho especial.

Resistance of sweet corn genotypes to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

ABSTRACT

The use of resistant genotypes is important for integrated pest control and has been deserves attention in plant breeding programs. The cropping of sweet corn (*Zea mays* L. subsp. *Saccharata*) is quite similar to that of common corn, especially in relation to the occurrence of pests. In both cultures, the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith , 1797) (Lepidoptera : Noctuidae), is a pest that causes major economic losses. However, information about the impact of pests in sweet corn are scarce, so that the study of possible genotypes for resistance is required. This work aimed to evaluate nine cultivars of sweet corn and two resistant controls of regular corn for resistance to *S. frugiperda*. The experimental design was completely randomized with 27 replicates per genotype/treatment. The experiments were carried out in environmental temperature, photoperiod and humidity controlled (24 ± 1 ° C, 12 hours and 70 ± 10 %, respectively) in laboratory. Data were subjected to analysis of variance and subsequently the means were compared by the Scott-Knott test ($p < 0.1$) test. It was found that the BR -400 ,Tuc Dulce Blanco, MG 161, Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus , BRS 1030 and Zapalote Chico genotypes are more favorable to the development of *S. frugiperda*, while Milho Doce 1 , MG 162 , Tuc Blanco Dulce and Doce Opaco genotypes are less favorable for insect development.

Keywords: Integrated pest management. *Zea mays*. Armyworm. Special corn.

LISTA DE ABREVIATURAS

MIP	Manejo integrado de pragas
I	Massa do alimento ingerido
ME	Massa das fezes
AA	Alimento assimilado
AM	Alimento metabolizado
AF	Área foliar consumida
TCR	Taxa de consumo relativo
TMR	Taxa metabólica relativa
TGR	Taxa de crescimento relativo
ECD	Eficiência de conversão do alimento digerido
DA	Digestibilidade aparente
ECI	Eficiência de conversão do alimento ingerido
BLM	Biomassa média das lagartas
BLF	Biomassa final das lagartas
PLM	Período larval médio
PP	Período pupal
BP	Biomassa pupal
LA	Longevidade de adultos
CB	Ciclo biológico total
Doce 1	Milho Doce 1
MG 162	MG 162- Doce Amarelo
TBD	Tuc Blanco Dulce EEAOC
DO	Doce Opaco
TD	Teeea Dulce EEAOC
MG 161	MG 161- Branco Doce
DFS	Doce Flor da Serra- PR030
DCU	Doce Cubano
TP	Tropical Plus
BRS	BRS 1030
ZC	Zapalote Chico

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Genes presentes no endosperma em genótipos comerciais de milho doce....5
Tabela 2	Composição da dieta artificial utilizada para a criação de <i>Spodoptera frugiperda</i> em laboratório15
Tabela 3	Genótipos de milho doce e comum utilizados.....16
Tabela 4	Resultado da análise de variância das características biológicas de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com folhas de milho doce BR-400, Tuc Blanco Dulce, MG 162, Milho Doce 1, Doce Opaco, Teea Dulce, MG 161, Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, e genótipos de milho comum Zapalote Chico e BRS 1030. Maringá-PR, 2014.....22
Tabela 5	Resultado da análise de variância do consumo e utilização de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com folhas dos genótipos de milho doce BR-400, Tuc Blanco Dulce, MG 162, Doce 1, Doce Opaco, Teea Dulce, MG 161, Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, e genótipos de milho comum Zapalote Chico e BRS 1030. Maringá-PR, 2014.....23
Tabela 6	Resultado da análise de variância dos índices de consumo e utilização de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com folhas dos genótipos de milho doce BR-400, Tuc Blanco Dulce, MG 162, Doce 1, Doce Opaco, Teea Dulce, MG 161, Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, e genótipos de milho comum Zapalote Chico e BRS 1030. Maringá-PR, 2014.....23
Tabela 7	Porcentagem de viabilidade larval, pupal e de ovos e deformação de adultos de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> submetidas à alimentação de genótipos de milho doce BR-400, Tuc Blanco Dulce, MG 162, Doce 1, Doce Opaco, Teea Dulce, MG 161, Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, e genótipos de milho comum Zapalote Chico e BRS 1030. Maringá-PR, 2014.....25
Tabela 8	Resultado do teste de agrupamento de médias Scott-knott (1974) para as variáveis PLM, BLF, BLM, PP, LA, CB, I, ME, AF, TCR, TMR, TGR, ECI, DA e ECD, de <i>Spodoptera frugiperda</i> alimentadas com folhas dos genótipos de milho doce BR-400, Tuc Blanco Dulce, MG 162, Doce 1, Doce Opaco, Teea Dulce, MG 161, Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, e genótipos de milho comum Zapalote Chico e BRS 1030. Maringá-PR, 2014.....24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1	Origem e característica botânica do milho doce.....	3
2.2	Importância do milho doce.....	3
2.3	Genes mutantes de milho doce.....	5
2.4	Ocorrência de <i>Spodoptera frugiperda</i> na cultura do milho doce.....	6
2.5	Biologia e desenvolvimento de <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
2.6	Manejo integrado e controle de <i>Spodoptera frugiperda</i>	8
2.7	Resistência de milho à <i>Spodoptera frugiperda</i>	11
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1	Experimento de laboratório.....	13
3.2	Ambiente e instalações.....	13
3.3	Obtenção de insetos e criação de manutenção.....	14
3.4	Material vegetal utilizado.....	15
3.5	Delineamento experimental.....	16
3.6	Biologia de <i>Spodoptera frugiperda</i> em milho doce.....	16
3.6.1	Variáveis biológicas.....	17
3.7	Estudo do consumo e utilização de alimentos.....	17
3.7.1	Massa do alimento ingerido.....	18
3.7.2	Massa das fezes.....	18

3.7.3	Biomassa das lagartas.....	19
3.8	Índices de consumo e utilização do alimento.....	19
3.9	Determinação da área foliar consumida.....	20
3.10	Análise estatística.....	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5	CONCLUSÕES.....	31
6	REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é cultivado em todo o país, sendo considerado um dos cereais mais consumidos no Brasil. Além disso, é um dos quatro produtos agrícolas mais importantes do mundo. Estima-se que no país foram cultivados aproximadamente 6 milhões de hectares com essa cultura, com uma previsão para safra de 2013/2014, girando em torno de 32 milhões de toneladas (CONAB, 2014).

A importância econômica da cultura do milho comum vem requerendo diversas pesquisas para a obtenção de materiais com maiores produtividades e minimizar os danos provocados por insetos praga em espigas, folhas e caules das plantas (SILVA, 2009). Estas características também têm sido verificadas para o milho doce.

Com relação ao milho doce (*Zea mays* L. subsp. *Saccharata*), trata-se de uma das hortaliças mais importantes nos Estados Unidos, Canadá e Europa. Atualmente, dos 900 mil hectares cultivados mundialmente, o Brasil cultiva 36 mil hectares. Essa produção é quase que totalmente utilizada para processamento industrial (MAGGIO, 2006).

O milho doce apresenta sabor adocicado quando comparado ao milho comum, devido aos genes mutantes que bloqueiam a conversão de açúcares em amido no endosperma (KWIATKWOWSKI; CLEMENTE; 2007). Quando as mutações ocorreram, durante o processo de evolução, diversos alelos foram identificados e utilizados comercialmente. Apesar de serem caracterizados por promoverem alterações na composição de carboidratos, os genes se diferenciam quanto à posição em que se encontram os alelos, nos cromossomos e na relação de amido e açúcar no grão (MAGGIO, 2006).

Em se tratando de pragas, a cultura do milho sofre diferentes ataques, desde a semeadura até a colheita, promovendo danos nas raízes, colmo, folhas e espigas (ROSA et al., 2010). Entre os insetos mais prejudiciais à cultura, a lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) atinge mais frequentemente o nível de dano econômico (GRÜTZMACHER et al., 2000).

A lagarta do cartucho é considerada a mais nociva, pois ataca plantas de milho em todas as fases, tanto na vegetativa quanto na reprodutiva. As perdas variam de intensidade dependendo do genótipo, estágio de desenvolvimento, grau de infestação e de condições ambientais, podendo ultrapassar 60% de perdas na produção (CRUZ, 1999; CRUZ et al., 1996).

Com o intuito de minimizar os prejuízos causados pelas pragas, a agricultura moderna faz uso de pulverizações de agroquímicos. Contudo, existe uma demanda da sociedade contemporânea pela redução do uso de energia e de produtos químicos, minimizando os resíduos indesejáveis no meio ambiente e nos alimentos, além de reduzir os riscos de intoxicação do produtor durante o manejo da cultura. Nesse sentido, aumenta a importância no uso do controle biológico e de genótipos resistentes, táticas importantes num programa de manejo integrado de pragas (MIP), (SILVA-FILHO; FALCO, 2002).

Ao estudar mecanismos de resistência dos insetos, Painter (1968) classificou-as em três tipos: não-preferência, antibiose e tolerância. A não-preferência refere-se ao inseto quando o mesmo não tem tendência para alimentação, a oviposição ou para abrigar-se. Ainda, segundo o mesmo autor, a antibiose faz alusão às plantas que causam efeitos adversos aos insetos que dela se alimentam; e finalmente a tolerância diz respeito às plantas que podem regenerar-se ou ainda, uma capacidade de resistir ao ataque de insetos.

Os estudos envolvendo o controle da lagarta do cartucho na cultura do milho doce por meio da utilização de genótipos resistentes, são de grande importância no MIP, bem como na redução do uso de agroquímicos, e ainda uma ferramenta de grande valia para a condução de sistemas alternativos de produção. A avaliação de acessos de milho doce em relação à resistência à praga é de suma importância para que seja disponibilizada maior base preventiva ao ataque da própria.

Este trabalho objetivou avaliar a resistência em laboratório de 12 genótipos quanto ao ataque de *S. frugiperda*. Os genótipos de milho doce foram: BR-400, Tuc Blanco Dulce EEAOC, MG 162- Doce Amarelo, Milho Doce 1, Doce Opaco, Teea Dulce EEAOC, MG 161-Branco Doce, PR030- Doce Flor da Serra e Doce Cubano, provenientes do banco de germoplasma do programa de melhoramento de milhos com características especiais da Universidade Estadual de Maringá, além de um híbrido simples de milho doce comercial, o Tropical Plus e dois genótipos de milho comum (Zapalote Chico e BRS 1030).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem e característica botânica do milho doce

Para Huelsen (*apud* Kwiatkowski, 1954) e Clemente (2007), a origem do milho doce não é bem definida. Para desvendar esta questão, foram formuladas duas hipóteses. A primeira é que esse tipo de milho seria considerado uma espécie distinta, utilizada pelos índios norte-americanos durante a era pré-colombiana. A segunda diz respeito a um produto de uma mutação, de origem relativamente recente, oriunda do milho comum. Machado et al. (1990), concorda com as duas hipóteses, e ainda ressalta que é um tipo especial de milho, resultado da domesticação de algum exemplar mutante de características agradáveis ao paladar dos habitantes da região do México. Por sua vez, Tracy (1994) afirmou que o milho doce, assim como o comum, é pertencente à espécie *Zea mays* L. ($2n = 20$ cromossomos), gênero *Zea*, família Poaceae e tribo *Maydeae*. Entretanto, por conter características diferenciadas em relação ao acúmulo de açúcares nos grãos, está classificado como uma subespécie, no grupo *saccharata*. Para Aragão (2002), a reprodução do milho doce é idêntica a do milho comum.

Em relação à morfologia, Zinsly e Machado (1987) descrevem que as plantas de milho possuem altura entre 1,3 a 2,5 metros, caule ereto, cilíndrico, fibroso e é separado por entrenós e recoberto por uma bainha. Paiva et al. (1992) relatam que suas folhas possuem tamanho médio a grande, cor verde-escura a verde-clara, flexíveis, e têm uma nervura central branca, lisa e bem visível. É considerada monoica díclina, isto é, produz inflorescência feminina e masculina na mesma planta. A masculina, conhecida vulgarmente por pendão, fica na parte mais alta e produz os grãos de pólen, enquanto a feminina, vulgo espiga, possui estruturas denominadas estilos estigmas (cabelo da espiga), responsáveis pela recepção dos grãos de pólen e condução do tubo polínico até o ovário, que dará origem ao grão.

Segundo Paiva et al. (1992), a diferença do milho doce para o comum está na sua característica adocicada devido aos altos teores de açúcares acumulados no endosperma. Segundo esses autores, isso ocorre pela presença de vários genes mutantes, que fazem com que haja mudanças nos teores e nos tipos de carboidratos presentes no endosperma do grão. Com relação ao intenso processo de seleção, o milho doce possui pericarpo delgado e textura particular do endosperma, que faz com que seja superior para o consumo humano em relação ao milho comum (SILVA, 1994).

2.2 Importância do milho doce

O milho doce é considerado uma cultura especial e utilizada exclusivamente para alimentação humana. O seu consumo é realizado na forma de grãos pastosos e tenros, caracterizado cerca de vinte dias após a polinização (PAIVA et al., 1992), quando também apresenta maior quantidade de sacarose, dextrinas e vitaminas se comparado ao milho verde comum (STORCK; LOVATO, 1991).

Aragão (2002) também ressalta o consumo do milho doce na forma ainda verde, tanto para alimentação *in natura* como para processamento industrial de produtos vegetais em conserva. Souza et al. (1990) enfatizam que este tipo de milho também pode ser utilizado como *baby corn* ou minimilho, quando é colhido antes da polinização.

A produção de milho comum por pequenos agricultores é pouco viável, principalmente pelo alto custo de produção, necessidade de semeadura em escala e a exigência em tecnologia, para atingir altas produtividades. Assim, se torna ainda mais agravante esta realidade, pela descapitalização dos pequenos produtores. Mesmo com este fato, o cultivo do milho é tradicionalmente realizado em pequenas propriedades. No entanto, o mercado do milho não baseia-se apenas na produção de grãos para as indústrias moageiras, tendo outros nichos que podem ser valorizados e explorados, com demanda crescente (FRANCO et al., 2012).

Em se tratando de alternativas para encontrar maior rentabilidade, a utilização de milho doce pode ser uma fonte econômica tanto para os hortigranjeiros dos cinturões verdes, que produzem milho para consumo *in natura*, como para àqueles de locais mais distantes, com produção de milho destinado ao processamento industrial (AMORIM et al., 1999). Para tanto, Silva et al. (2006) ressalta que esse tipo de lavoura é uma alternativa rentável para o aumento na produção de alimentos e para a diversificação de renda dos produtores, especialmente quando se trata de agricultura familiar.

Para o produtor rural, esse tipo de milho deve ter grãos com características superiores em relação à transformação dos açúcares em amido e menor perda de água. Para a industrialização, deve possuir alguns requisitos adicionais, como rendimento acima de 30%, longevidade de colheita, espigas com mais de dezesseis fileiras de grãos, equilíbrio entre número de palhas e a proteção da espiga, grãos de coloração amarelo-alaranjado e de pericarpo fino, maior maciez no grão e ainda *brix* próximo de 30%. Além destas particularidades exigidas pelas indústrias, é de extrema importância que estes genótipos sejam resistentes às principais pragas e doenças que atacam a cultura (MAGGIO, 2006).

2.3 Genes mutantes de milho doce

Ao serem consumidos, os grãos de milho doce apresentam em sua composição tecidos imaturos do endosperma e do pericarpo. Há alguns genes que modificam a composição do milho doce com relação ao milho comum. A qualidade do milho doce é determinada por diversos fatores como sabor, aroma, textura do endosperma e maciez do pericarpo. A aparência da espiga e o núcleo dos seus grãos também são afetados por genes importantes (TRACY, 2001).

Segundo Maggio (2006), a partir do momento em que houve a evolução da espécie, muitos alelos que conferem o caráter doce foram sendo identificados e utilizados comercialmente. Estes alelos são caracterizados por promoverem alterações na composição dos carboidratos no endosperma, mas diferenciam-se quanto ao volume de amido e açúcar no grão, e também em relação à posição nos cromossomos em que estes alelos estão localizados.

Os alelos mutantes presentes no endosperma do grão de milho doce podem desencadear mudanças no teor e no tipo de carboidratos presentes nos grãos. A característica adocicada é determinada por genes recessivos (REIS, 2009). Para Boyer e Shannon (1984), quatorze mutações genéticas alteram a composição química dos grãos de milho com relação aos carboidratos e proteínas, sendo empregadas em programas de melhoramento. Tracy (1994) relata que pelo menos oito delas interferem diretamente na síntese de carboidratos (Tabela 1).

Tabela 1. Genes presentes no endosperma em genótipos comerciais de milho doce associados com a produção de carboidratos (Adaptado de Tracy, 2001).

Gene	Símbolo do gene	Presença no cromossomo	Fenótipo
<i>amylose-extender1</i>	<i>ae1</i>	5	Vítreo manchado, alto teor, amilose.
<i>brittle1</i>	<i>bt1</i>	5	Núcleo maduro angular, muitas vezes translúcida e frágil,
<i>brittle2</i>	<i>bt2</i>	4	semelhante ao <i>sh2</i> .
<i>dull1</i>	<i>du1</i>	10	Vítreo e manchado.
<i>shrunk2</i>	<i>sh2</i>	3	Inflado, transparente, quando seca torna-se angular e quebradiço.
<i>sugary1</i>	<i>su1</i>	4	Enrugado e translúcido.

<i>sugary</i>	<i>se1</i>	2	Inflacionados, luz coloridas, secagem lenta, cor varia com fundo.
<i>enhancer1</i>			
<i>waxy1</i>	<i>wx1</i>	9	Opacas, manchas vermelhas no endosperma.

Muitos desses genes mutantes foram clonados e sequenciados, sendo as suas alterações enzimáticas específicas conhecidas (BAE et al., 1990; SULLIVAN et al., 1991). Os alelos mutantes da síntese de amido podem ser divididos em duas classes com base nos seus efeitos na composição do endosperma (BOYER; SHANNON, 1984). A classe de mutantes, *brittle1* (*bt1*), *brittle2* (*bt2*) e *Shrunken 2* (*sh2*) acumula açúcares em função de amido e diminuem, consideravelmente, carboidratos totais no estágio semente madura fisiologicamente (BOYER e SHANNON, 1984; NELSON, 1980). Com 18 a 21 dias após ocorrer a polinização, esses mutantes têm de quatro a oito vezes o total de açúcar encontrado no milho comum (NELSON, 1980; CAMERON e TEAS, 1954; CREECH, 1968; LAUGHNAN, 1953). Segundo Tracy (2001), quanto aos níveis mais elevados de açúcar, os mutantes dessa classe podem ser utilizados de forma independente de outros mutantes de carboidratos, sendo as variedades de milho doce os genes *bt1*, *sh2* e *bt2* os mais utilizados comercialmente. Para o processamento, os genes *sh2* são, atualmente, o segundo tipo de endosperma mais utilizado após *su1*, enquanto que, para muitos estudos recentes, o uso de *sh2* superou o de *su1*. Genótipos com os genes *sh2* possuem níveis mais elevados de açúcar, e as variedades destes genótipos são frequentemente chamados de superdoce ou extradoce.

Segundo Tracy (2001), muitos desses genes mutantes, presentes em milho doce, podem atuar de forma isolada ou em combinação. Entretanto, estão associadas a estes genes algumas características indesejáveis, como baixa produtividade e baixa resistência ao ataque de pragas e doenças, em consequência do maior teor de açúcares. Segundo esse mesmo autor, tal tipo de milho exige produção de sementes diferenciadas e técnicas de plantio isoladas dos campos de milho comum, para evitar a polinização cruzada e manter o caráter adocicado.

2.4 Ocorrência de *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho doce

Características indesejáveis do milho doce como déficit germinativo, baixa produtividade e alta suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças estão sendo atenuadas utilizando o melhoramento genético (SCAPIM et al., 1995; ALEXANDER;

CREECH, 1977). Os fatores responsáveis pela baixa produtividade são diversos. As pragas têm elevada participação, uma vez que a cultura do milho pode ser cultivada em duas safras anuais, aumentando a disponibilidade de alimento e, conseqüentemente, a população de pragas (FARIAS et al., 2001). Dentro desse aspecto, vários são os motivos para esse aumento populacional, com destaque principalmente para o desequilíbrio biológico, pois sem a presença de inimigos naturais e com disponibilidade de alimento durante todo o ano, as pragas apresentam condição favorável para a sobrevivência (PEREIRA, 2007).

Entre as diversas pragas que atacam a cultura de milho, no Brasil, algumas se destacam, como a lagarta da espiga, *Helicoverpa zea* (Bod.) e a lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (SILVEIRA et al., 1998). Esta última é uma lagarta que se alimenta de várias espécies vegetais economicamente importantes em diversos países, sendo assim considerada uma espécie polífaga (SILVA et al., 1968; LEIDERMAN ; SAUER, 1953). Segundo Nagoshi et al., (2007), nos Estados Unidos, os danos dessa lagarta são responsáveis por um prejuízo econômico significativo para as culturas de milho comum, milho doce e sorgo, entre outras gramíneas. Esta lagarta é considerada a principal praga da cultura do milho no Brasil (PRAÇA et al., 2006; ANDALÓ et al., 2012).

Os prejuízos com o ataque da *S. frugiperda* no Brasil vêm crescendo nos últimos anos atingindo uma redução de até 60% no rendimento de grãos (PEREIRA et al., 2007). *S. frugiperda* alimenta-se em todas as fases de crescimento da cultura, mas tem preferência por cartuchos de plantas jovens (GIOLO et al., 2002). Além disso, a lagarta pode penetrar na espiga e alimentar-se dos grãos, semelhantemente a *H. zea*, comprometendo a qualidade do grão (OTA, 2009). Quando os danos ocorrem em milho doce, podem causar a depreciação comercial do produto, tendo em vista que o produto final é consumido principalmente *in natura* (SANTOS et al., 2004).

2.5 Biologia e desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda*

O adulto da *S. frugiperda* é uma mariposa de aproximadamente 4 cm de envergadura, de coloração cinza escura. Entre o macho e a fêmea ocorre dimorfismo sexual. Após o acasalamento, a fêmea oviposita na parte adaxial das folhas do milho, em grupos de ovos, chegando a 1.500 a 2.000 ovos/fêmea/geração (GALLO et al., 2002). A mariposa desloca-se em longas distâncias, podendo chegar a centenas de

quilômetros, voando em busca de plantas hospedeiras para a oviposição e o desenvolvimento da prole (GASSEN, 2006).

Segundo Rubin (2009), a mariposa oviposita na parte adaxial da folha de milho. Cada grupo de ovos (massa) pode conter cerca de 100 ovos, de coloração verde-clara, passando para uma coloração mais alaranjada após 12-15 horas. Quando próxima à eclosão das larvas, os ovos ficam escurecidos, em consequência da cabeça escura das lagartas, visualizadas através da casca.

Nos primeiros ínstares larvais, as lagartas apresentam mais cerdas e a cabeça é mais larga em relação ao tamanho do corpo. Geralmente a lagarta é esbranquiçada antes de ocorrer a alimentação e torna-se esverdeada após tal período (RUBIN, 2009). Segundo Cruz et AL. (2010), as lagartas eclodem aproximadamente após três a quatro dias, e após algumas horas iniciam a alimentação, começando a raspar o tecido verde de um lado da folha, deixando a epiderme membranosa do outro lado intacta. Barros (2009) menciona que, posteriormente ao início da alimentação, as lagartas caminham para o cartucho onde se alimentam das folhas novas até completarem seu ciclo larval.

Segundo Grützmacher et al. (2000), a lagarta do cartucho, nos primeiros ínstares larvais, alimenta-se da parte tenra das folhas, mantendo a epiderme ileso, o que pode ser conhecido como raspagem. Para os últimos ínstares, elas causam perfurações nas folhas e terminam o seu desenvolvimento no cartucho da planta, podendo ainda atacar a base da planta e também a espiga.

No que tange à duração do estágio pupal, Murúa e Virla (2004) avaliaram a biologia de *S. frugiperda* em três espécies de plantas diferentes e encontraram duração média de aproximadamente 11 dias para a cultura do milho. Segundo Gallo et al. (2002), este período encerra com a emergência dos adultos que são as mariposas, com longevidade de aproximadamente 18 dias (Murúa e Virla, 2004).

Murúa e Virla (2004) relatam que o ciclo biológico total de ovo a adulto de *S. frugiperda*, em condições de laboratório com 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 5\%$ e 14 horas de fotoperíodo, dura em média de $36,88 \pm 8,95$ dias na cultura do milho. Cruz et al. (2010) afirmam que esse período pode durar de 30 a 40 dias, dependendo das condições climáticas.

2.6 Manejo integrado e controle de *S. frugiperda*

A utilização de produtos químicos para controle de pragas tem sido extensivamente empregada. Entretanto, segundo Dequech et al. (2007) a *S. frugiperda* tem recebido atenção especial quanto ao desenvolvimento de métodos de controle que reduzam a aplicação de inseticidas, principal forma de controle utilizada pelos produtores.

Segundo Reis e Miranda Filho (2003), os métodos utilizados para o controle dessa lagarta, principalmente o método químico, podem trazer desvantagens como aumento do risco de contaminação humana e ambiental, além de onerar o custo de produção. Os autores afirmam ainda que, a utilização de métodos de melhoramento, visando a resistência genética de plantas, é uma ótima alternativa para o convívio com tal praga.

Apesar dos avanços em pesquisas com a *S. frugiperda* no Brasil e no mundo, esta praga continua sendo a mais importante da cultura do milho, pois afeta o desenvolvimento da planta em todas as fases (FIGUEIREDO et al., 2006; RIOS-DIEZ; SALDAMANDO-BENJUMEA, 2011; LEON-GARCIA et al., 2012). Sua importância não está relacionada apenas aos prejuízos que causa à cultura mas, especialmente, quanto a dificuldade de seu controle (CUNHA; NASCIMENTO; 2013).

Segundo Figueiredo et al. (2006), os prejuízos que essa praga causa na cultura não estão relacionados à ausência de tratamento fitossanitário, mesmo porque a aplicação de agroquímicos para o controle da mesma tem aumentado drasticamente. Esses mesmos autores relatam ainda que a preocupação atual é com relação à ocorrência de seleção de indivíduos resistentes aos ingredientes ativos utilizados para o controle, além da diminuição de agentes biológicos que fazem o controle natural. Para tanto, há grande interesse em se buscar a redução do uso exacerbado de agrotóxicos, através do incentivo ao Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Segundo Gravena (2005), o MIP é um conjunto de métodos empregados de forma harmônica pelos agricultores, que visa obter uma eficiente redução de pragas, com os menores efeitos adversos sobre os inimigos naturais, o homem, os animais silvestres, o meio ambiente e, sobretudo, o consumidor final dos produtos agrícolas, sem que o aspecto social seja dispensado. Ressalta-se que o MIP baseia-se em quatro princípios fundamentais: i) Todos os insetos-pragas possuem predadores, que podem reduzir sua densidade populacional; ii) Todas as plantas possuem tolerância natural ao ataque de pragas; iii) A aplicação de produtos químicos, utilizada pelo homem, pode ter seus efeitos minimizados em relação aos inimigos naturais; iv) Em geral, os sistemas

ecológicos agrícolas podem ser manipulados, a fim de desfavorecer as pragas e favorecer os inimigos naturais.

De acordo com Gallo et al. (2002), o controle de insetos por meio da utilização de plantas inseticidas não é muito recente, e o seu uso é comum em países tropicais antes da utilização de inseticidas sintéticos. Esses autores revelam que os primeiros inseticidas botânicos utilizados foram a nicotina e a piretrina. Nesse sentido, diversos estudos foram realizados para controle de pragas com a utilização de plantas inseticidas. Em se tratando de *S. frugiperda*, Bogorni e Vendramim (2003) relataram que o uso dessas plantas é considerado uma boa alternativa para o seu controle. Resaltam ainda que, ao testarem a eficiência de diferentes partes de plantas da espécie *Trichilia*, comparando com extrato aquoso de sementes de *Azadirachta indica*, o neem ou nim, sobre o controle dessa praga, em laboratório, obtiveram resultados satisfatórios de inibição do desenvolvimento larval da *S. frugiperda*.

O controle cultural também pode ser utilizado no MIP, e consiste no emprego de algumas práticas culturais que se baseiam em conhecimentos bioecológicos das pragas (GALLO et al., 2002). Ainda segundo esses autores, tal tipo de prática, conhecida como pseudoresistência, pode aumentar o grau de resistência das plantas e auxiliar no controle de pragas. Entre os diversos métodos desse tipo de controle, Epstein (1999) revela que a aplicação de silício em plantas, principalmente da família Poaceae, pode ser uma opção viável no controle de pragas, principalmente insetos mastigadores. Goussain et al. (2002), ao avaliar o efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento da lagarta do cartucho, relataram que a utilização desse componente pode dificultar a alimentação e desenvolvimento larval, o que pode indicar a indução de resistência da planta a essa praga.

Outro método importante é o controle biológico que, segundo Gallo et al. (2002) consiste no equilíbrio do número de plantas e pragas por predadores, que são os agentes de mortalidade biótica. Esse tipo de controle deve ser levado em consideração, como um componente do programa de controle integrado ou o MIP. Em estudo conduzido a fim de avaliar a eficiência da liberação de *Telenomus remus* isolado ou integrado ao vírus de poliedrose nuclear de *Spodoptera frugiperda* (VPNSP) ou a um inseticida químico seletivo para controle de *S. frugiperda* na cultura do milho, Figueiredo et al. (1999) obtiveram resultados significativos. Quando comparados com a testemunha, os tratamentos testados foram significativamente diferentes, isto é, para a testemunha, os danos provocados pela praga foram superiores àqueles que receberam os

tratamentos. Ainda em relação ao controle biológico, podemos citar a utilização de entomopatógenos. Ao avaliar o efeito letal de duas cepas e proteínas Cry de *Bacillus thuringiensis* sobre lagartas de *S. frugiperda*, Knaak et al. (2010) obtiveram sucesso no controle das mesmas.

Dentre os vários métodos de controle que podem ser utilizados no MIP, destaca-se o uso de genótipos resistentes, um método barato e de fácil utilização para o controle de importantes doenças e pragas (INNES, 1995). Gallo et al. (2002) consideram esse método como sendo ideal, pois permite que a praga mantenha-se em níveis abaixo do nível de dano econômico, sem prejuízos ao ambiente e ao agricultor.

2.7 Resistência de milho à *S. frugiperda*

Muitos prejuízos na agricultura são causados por pragas e doenças. Nesse aspecto, a utilização de genótipos resistentes não é a solução para todos os problemas, mas é uma opção que deve ser incluída em um programa amplo e racional de MIP (CHRISPIM e RAMOS, 2007), já que se permite utilizar simultaneamente com outras táticas de controle, sendo economicamente viável e harmoniosa com o meio ambiente. Tal método possibilita a manutenção da população desses organismos em um nível abaixo do dano econômico (SANTOS, 2001).

Siloto (2002) ressalta que a utilização da resistência varietal por meio de melhoramento genético é uma importante ferramenta no controle de pragas. Atualmente, o método de resistência de plantas aos insetos tem sido valorizado dentro dos programas de melhoramento de plantas.

A resistência de plantas a insetos é definida como a soma relativa de qualidades hereditárias possuídas pela planta, a qual influencia o resultado do nível de dano que o inseto causa na mesma. Isto representa a capacidade de certas plantas alcançarem maior produção e qualidade, em igualdade de condições. Portanto, a resistência é uma condição genética, pois, nas mesmas condições, uma planta resistente (por sua constituição genotípica) é menos danificada do que outra (PAINTER, 1968 *apud* LARA, 1991). O autor ressalta que a resistência é hereditária, tratando-se de um caráter genético e relativo, que diz respeito à comparação de duas ou mais plantas.

Ao serem atacadas por insetos, as plantas, para se defender, podem desencadear mecanismos que interferem no comportamento dos insetos, como a alimentação, oviposição e abrigo. Esses mecanismos podem ser antixenose (ou não

preferência) e antibiose. Uma planta apresenta resistência do tipo não preferência quando é menos preferida pelo inseto para alimentar-se, ovipositar ou abrigar-se quando em igualdade de condições às outras plantas, e a antibiose se expressa quando a planta contém alguma substância prejudicial ao desenvolvimento do inseto (PANDA e KHUSH, 1995).

Algumas características físicas, morfológicas e/ou químicas das plantas podem alterar o comportamento dos insetos como também interferir na sua biologia, reduzindo sua adaptação e fornecendo proteção às plantas (LARA, 1991). Segundo Zurita et al. (2000), estas características podem ser utilizadas na seleção de cultivares resistentes.

Vários estudos vêm sendo realizados em laboratório com o objetivo de se detectar plantas resistentes a insetos, muitos deles realizados para avaliar o desenvolvimento de *S. frugiperda* em diferentes acessos de milho (SILVEIRA et al., 1997; SILOTO, 2002; SANTOS, 2002; LIMA et al., 2006; SARRO, 2006;). Já em 1969, Luginbill relatou que o método mais eficiente e ideal para combater insetos que atacam plantas é desenvolver variedades resistentes aos insetos.

Em estudo realizado durante dois anos em laboratório, Wiseman & Widstrom (1986) pesquisaram os mecanismos de resistência das folhas de milho, em relação à alimentação e ao comportamento da lagarta *Spodoptera frugiperda*. Os autores constataram que lagartas alimentadas com folhas do genótipo Zapalote Chico, em comparação com outros genótipos, tiveram uma maior proporção de pequenas lagartas e pupas, além de um prolongamento do ciclo biológico total. Wiseman & Widstrom (1986) relataram ainda, nessa mesma pesquisa, por meio de testes com chance de escolha, um alto grau de não-preferência de lagartas dessa espécie por folhas do genótipo Zapalote Chico em comparação com folhas de outro genótipo. Ao utilizar quatro genótipos de milho (IAC701 N, 'IAC7777', Mp707 e 'Zapalote Chico'), visando avaliar a resistência dos mesmos quanto a não-preferência para alimentação de lagartas de primeiros ínstares larvais de *S. frugiperda*, por meio de experimentos com livre chance de escolha (arenas), Silveira et al.(1998), relataram que os genótipos ZC e Mp707 possuem resistência do tipo não-preferência, em relação aos outros genótipos.

No ano de 2000, Viana e Potenza, com o intuito de observar os mecanismos de resistência do tipo não-preferência e antibiose em genótipos de milho selecionados, com resistência a *S. frugiperda*, realizaram experimentos em laboratório e em casa de vegetação. Ao final desses experimentos, os autores relataram resistência do tipo antibiose para o genótipo CMS 14C, não-preferência alimentar das lagartas que se

alimentaram dos genótipos 'Zapalote Chico' e 'BR 201' e não-preferência para oviposição observada nos genótipos 'CMS 14C' e 'Zapalote Chico'.

Ao avaliar aspectos da biologia de *Spodoptera frugiperda* em dois genótipos de milho doce (ELISA, BR 400) e um de milho comum (BR Pampa) em condições de laboratório ($25 \pm 1^\circ\text{C}$; $70 \pm 10\%$ UR; foto fase 12 horas), Santos et al., (2004) não observaram diferença entre os genótipos para as variáveis: período de pré-oviposição, oviposição, pós-reprodutivo, número de posturas/fêmea, de ovos/postura, viabilidade dos ovos, intervalo entre oviposições, além da longevidade dos machos e fêmeas com e sem descendentes. Todavia, os mesmos autores observaram diferença significativa no que se refere ao período de incubação dos ovos das fêmeas provenientes de lagartas alimentadas com o genótipo BR 400, que foi mais longo em relação aos demais.

Lima et al. (2006) conduziram um experimento de laboratório para determinar resistência à lagarta do cartucho em que foram utilizados 25 acessos de milho e observadas as fases larval e pupal para determinar as alterações biológicas. Esses autores observaram que os acessos RR 168 e PA 110, foram menos consumidos por lagartas de *S. frugiperda*.

Segundo Bernays e Chapman (1994), o que possibilita a seleção e utilização de genótipos resistentes a insetos no MIP é a variação intraespecífica das plantas, permitindo aos insetos fazer a escolha de hospedeiros que proporcionem condições de reprodução e alimentação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste experimento foi adaptada de Sarro (2006).

2.2 Experimento de laboratório

O experimento consistiu de bioensaio para determinação das variáveis biológicas, nutrição quantitativa e utilização de alimento de *S. frugiperda* alimentada com folhas de genótipos de milho doce e duas testemunhas de milho comum.

2.3 Ambiente e instalações

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Entomologia do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, e conduzido em câmara climatizada com temperatura, umidade relativa e fotoperíodos controlados, sendo $24 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ e 12 horas respectivamente.

3.3 Obtenção de insetos e criação de manutenção

Com o objetivo de fornecer insetos para a condução desta pesquisa, uma criação de *S. frugiperda* foi estabelecida no Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual de Maringá. Essa criação foi conduzida em câmara climatizada com as mesmas condições descritas anteriormente.

Inicialmente foram coletados ovos de *S. frugiperda* oriundos de áreas de plantio de milho localizadas na Fazenda Experimental de Iguatemi. Estes ovos originaram as lagartas que foram então criadas em dieta artificial por duas gerações. Cerca de 40 pupas, de mesma idade, provenientes dessa criação, foram colocadas em gaiolas de oviposição. Após a emergência, os adultos foram sexados, conforme a diferença morfológica entre machos e fêmeas.

As gaiolas de oviposição foram constituídas por recipientes plásticos transparentes (9 cm de altura e 18 cm de diâmetro) forrados com papel sulfite (substrato para oviposição) e fechadas por uma tampa correspondente, com uma abertura protegida com tecido voil, para troca de ar com o ambiente. O papel sulfite foi trocado diariamente para a coleta das posturas, que eram então desinfetadas para evitar a contaminação por microrganismos. A desinfecção foi realizada submergindo os ovos em solução de formol a 5% por 15 minutos, e em seguida, em uma solução de sulfato de cobre a 5% por 5 minutos. Após tal procedimento, as posturas foram colocadas sobre papel toalha absorvente para retirada do excesso de solução. Em seguida, elas foram colocadas em placas de Petri (2 cm de altura e 7 cm de diâmetro) e vedadas por filme plástico para evitar a fuga das lagartas.

Após a eclosão, as lagartas, em número de duas, foram repassadas com um pincel nº 0 para copos cônicos plásticos transparentes e com tampa, com 6 cm de altura por 5,0 cm de diâmetro na parte superior e 4,0 cm de diâmetro na base, contendo cerca de 1 cm^2 de dieta artificial no fundo do copo (Tabela 2).

Tabela 2. Composição da dieta artificial utilizada para a criação de *Spodoptera frugiperda* em laboratório (NALIM, 1991)

Componentes	Quantidades
Feijão (variedade carioquinha)	165,00 g
Germe de trigo	79,20 g
Levedo de cerveja	50,50 g
Nipagin	3,15 g
Ácido ascórbico	5,10 g
Ácido sórbico	1,65 g
Formol 10%	12,50 mL
Agar	25,50 g
Água	1195 mL

Essas lagartas foram mantidas nessas condições até atingirem o estágio de pupa. Posteriormente, com o auxílio de uma pinça, as pupas foram transferidas para uma placa de Petri de vidro e, por fim, foram submersas em solução de formol a 10% por 15 minutos. As pupas foram novamente transferidas para outras placas de Petri de vidro, agora submersas em solução de sulfato de cobre a 5% durante 3 minutos. Na sequência, as pupas foram dispostas sobre uma folha de papel absorvente para retirada do excesso da solução de sulfato de cobre, sendo enfim transferidas para as gaiolas de oviposição.

3.4 Material vegetal utilizado

Para o desenvolvimento do experimento em laboratório foi necessário o cultivo dos 12 genótipos em casa de vegetação. A semeadura dos genótipos foi realizada em vasos plásticos com capacidade para 14 litros, contendo uma mistura de solo, adubo formulado de NPK (04-14-08) e substrato com vermiculita. Foram semeadas cinco sementes por vaso. As plantas foram mantidas em casa de vegetação com irrigação controlada, durante todo o decorrer do experimento.

A adubação de cobertura foi realizada com ureia (45% de N), além de todos os tratamentos culturais que se fizeram necessários para seu pleno desenvolvimento. As folhas de milho doce e comum utilizadas na alimentação das lagartas foram retiradas das plantas nos intervalos dos estádios V8 (oito folhas expandidas) a V15 (quinze folhas expandidas), seguindo a escala de Ritchie et al.(1993).

Os genótipos de milho doce utilizados foram disponibilizados pelo Programa de Melhoramento de Milho Especiais do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá e estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Genótipos de milho doce e comum utilizados. Maringá-PR, 2013

Genótipos	Caracterização genética	Forma de obtenção
BR-400	Variedade	Melhoramento
Tuc Blanco Dulce EEAOC	Variedade	Introdução
MG162 – Amarelo Doce	Raça local	Coleta
Milho Doce 1	Variedade	Coleta
Doce Opaco	Variedade	Introdução
Teeá Dulce EEAOC	Variedade	Introdução
MG 161-Branco Doce	Raça local	Coleta
PR030-Doce Flor da Serra	Raça local	Coleta
Doce Cubano	Variedade	Melhoramento
Tropical Plus	Híbrido simples	Melhoramento
Zapalote Chico	Variedade	Melhoramento
BRS 1030	Híbrido simples	Melhoramento

3.5 Delineamento experimental

Para o desenvolvimento deste trabalho, o experimento foi instalado seguindo o delineamento inteiramente casualizado, com 12 tratamentos (genótipos) e 27 repetições, com uma lagarta por repetição, mantida individualizada devido ao comportamento canibal da espécie. Desta forma, os dados referentes a cada tratamento foram obtidos por meio do cálculo da média das lagartas vivas no momento da avaliação. Cada parcela foi composta por uma placa de Petri contendo uma lagarta.

3.6 Biologia de *Spodoptera frugiperda* em milho doce

Após a eclosão, as lagartas obtidas da criação de manutenção foram transferidas individualmente para placas de Petri de 1,5 cm de altura e 9,0 cm de diâmetro, contendo uma porção de folha de milho doce sobre um papel filtro umedecido, retirada do terço médio do genótipo avaliado. Estes cuidados com as folhas foram cruciais para garantir a qualidade do vegetal durante a alimentação da lagarta no período de 24 horas, não interferindo na preferência de consumo. As lagartas de cada tratamento foram alimentadas sempre com o mesmo genótipo durante todo o período larval.

Na sequência, as pupas recém-formadas foram transferidas para uma gaiola de oviposição, que consistia em recipientes de plástico transparentes com dimensões de 9 cm de altura e 18 cm de diâmetro, fechados por uma tampa correspondente, com uma abertura central protegida com tecido voil, cujo intuito era facilitar a troca gasosa com o

ambiente. No interior de cada gaiola, foi colocado um pequeno recipiente de 1 cm de altura e 4 cm de diâmetro contendo uma porção de algodão embebido em solução aquosa de sacarose a 10 %, com objetivo de servir como fonte de alimento para as mariposas. Para facilitar a remoção das posturas, foram colocadas folhas de papel sulfite revestindo o interior das gaiolas.

Diariamente, as massas de ovos depositadas nos papeis foram recolhidas e efetuou-se a contagem do número de ovos, com o auxílio de uma lupa de 10x e dispostas em placas de Petri, separadas por tratamento e devidamente identificadas. Após a eclosão das lagartas, realizou-se a contagem do número de indivíduos para o cálculo de viabilidade.

3.6.1 Variáveis biológicas

Na determinação das variáveis biológicas, foram observadas a fase de ovo, larval, pupal e adulto, assim como ciclo biológico total.

Na fase larval e pupal, foram registradas a duração do período em dias e a viabilidade das lagartas e pupas, respectivamente. Além disso, mediu-se em gramas a biomassa diária das lagartas, e na fase pupa, 24 horas após a metamorfose.

Na fase adulta foram mensuradas a longevidade em dias, o número médio de ovos por fêmea e a porcentagem de adultos deformados.

Finalmente, na fase de ovo, foram avaliados o período médio de incubação dos ovos, em dias e a viabilidade.

Após a observação e o registro de cada fase, obteve-se o ciclo biológico.

3.7 Estudo do consumo e utilização de alimentos

O consumo e utilização dos genótipos de milho doce por *S. frugiperda* foi avaliado durante toda a fase larval do inseto. O alimento foi rigorosamente substituído a cada 24 horas, no qual previamente mediu-se a área foliar do alimento fresco, assim como a área foliar do alimento consumido do dia anterior, além da massa fresca em gramas do alimento fornecido, a massa do alimento consumido, a massa dos excrementos e a biomassa das lagartas.

Os dados finais foram obtidos das médias das 27 repetições de cada tratamento.

3.7.1 *Massa de alimento ingerido*

Para a determinação da massa de alimento ingerido (g), foi utilizada uma balança semianalítica de precisão, marca Gehaka, modelo BK 300. Durante o período de disposição das folhas às lagartas, mesmo buscando meios para conservação da qualidade das mesmas, houve uma pequena perda de água que foi considerada no cálculo do alimento consumido. Para a determinação desta perda de água, em cada repetição foi mantida uma placa de Petri, coberta por um papel filtro umedecido com água e contendo uma seção de folha (testemunha) sem a lagarta, correspondente ao genótipo em estudo. O cálculo para a mesma foi realizada pela densidade superficial da folha em cada medição. Os intervalos para as substituições das folhas para todos os tratamentos, além da medição ser realizada pelo medidor de área foliar do modelo AM-300, marca ADC Biocientific LTDA.

A massa do alimento ingerido (I) foi calculada indiretamente, subtraindo-se o peso da sobra do alimento corrigido (Sc) da área do alimento fornecido (AAF) no dia anterior, de acordo com a equação 1:

$$(I) = AAF - Sc$$

Equação 1

Em que:

AAF = Área do alimento fornecido

Sc = sobra do alimento corrigido = S * D

S = Área foliar consumida (24horas)

D = Densidade superficial = massa foliar / área foliar.

3.7.2 *Massa das fezes*

Para obter a massa total de fezes durante o ciclo larval, diariamente foram coletados os excrementos de cada repetição com o auxílio de um pincel de cerdas naturais, e mensuradas individualmente. Cabe ressaltar que a medição das fezes produzidas somente teve início a partir do quinto dia de vida das lagartas, uma vez que a massa produzida não era mensurável na balança.

3.7.3 Biomassa das lagartas

A avaliação da biomassa das lagartas foi feita em uma balança semianalítica de precisão, da marca Gehaka, modelo BK 300. A avaliação foi realizada diariamente, sendo a biomassa obtida diretamente das mensurações individuais ao longo do período. Assim como as fezes, as medições de biomassa foram iniciadas a partir do quinto dia de vida das lagartas. Portanto, o primeiro valor obtido, ou seja, do quinto dia, representou a biomassa dos dias não mensuráveis.

A biomassa das lagartas é acumulativa, isto é, a mensuração da biomassa final foi obtida quando a lagarta findou o último ínstar larval, conforme equação 2. Entretanto, a biomassa média larval foi obtida por meio do somatório da biomassa diária dividida pela quantidade de dias que durou o período larval, assim:

$$B_m = \sum B \text{ diária} / N$$

Equação 2

Em que:

B_m = Biomassa média das lagartas

B diária = Biomassa diária das lagartas

N = duração do período larval em dias

3.8 Índices de consumo e utilização do alimento

Com base na área foliar consumida, massa fresca do alimento fornecido, massa do alimento consumido, massa das fezes e a biomassa das lagartas, foram calculados os índices de consumo e utilização dos genótipos de milho doce, conforme proposto por Waldbauer (1968), com as alterações sugeridas por Scriber e Slansky Jr. (1981). A taxa de consumo relativo (TCR), a taxa metabólica relativa (TMR), a taxa de crescimento relativo (TGR), a eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI), a digestibilidade aparente (DA) e a eficiência de conversão do alimento digerido (ECD), foram calculadas utilizando-se as equações 3 a 8, a seguir:

$$- TCR = I / (P_m * T);$$

Equação 3

$$- \text{TMR} = M / (\text{Pm} * \text{T});$$

Equação 4

$$- \text{TGR} = \text{Pf} / (\text{Pm} * \text{T});$$

Equação 5

$$- \text{ECI} = (\text{PF} / \text{I}) * 100;$$

Equação 6

$$- \text{DA} = (\text{A} / \text{I}) * 100;$$

Equação 7

$$- \text{ECD} = (\text{Pf} / \text{A}) * 100.$$

Equação 8

Em que:

-T = tempo de duração do período larval;

-I = massa do alimento ingerido (consumido) durante T;

-Pf = massa final das lagartas;

-Pm = massa média das lagartas durante T;

-F = fezes = alimento não digerido + produtos de excreção durante T;

-A = I - F = alimento assimilado durante T;

-M = A - Pf = alimento metabolizado durante T.

Segundo Sarro (2006), os índices são definidos como: TCR = a quantidade de alimento consumido por grama de massa corpórea do inseto por dia, expresso em g/g.dia; TMR= índice que mede a quantidade de alimento utilizado com o metabolismo por grama de biomassa do inseto por dia, expressa também em g/g.dia; TGR= relaciona o ganho de biomassa pelo inseto em relação ao seu peso, sendo expresso em g/g.dia.

Sarro (2006) afirma ainda que o ECI representa a porcentagem do alimento ingerido que efetivamente foi transformado em biomassa; DA a porcentagem de alimento ingerido que foi efetivamente assimilado pelo inseto; e finalmente, ECD representa a porcentagem do alimento ingerido que foi convertido em biomassa, sendo que 100-ECD representa o custo metabólico, ou seja, indica a porcentagem de alimento que foi metabolizado em energia para manutenção da vida.

3.9 Determinação da área foliar consumida

Para determinar a área foliar consumida, foi utilizado um scanner portátil de mesa, aparelho medidor de área foliar digital, modelo AM 300, marca ADC Biocientific Ltda. Este aparelho consiste de uma prancheta e um pequeno *scanner* de mão, fornecendo diretamente os valores de área foliar por meio de um visor. Tal método mensura a área foliar por meio da diferença de coloração entre a folha (verde) e da prancheta/lesão da folha (branca).

Para esta determinação, durante todo o ciclo larval, foi avaliado o consumo total das folhas fornecidas às lagartas. As folhas foram mensuradas diariamente em cm², antes e depois de serem fornecidas às lagartas no intervalo de 24 horas. Disponibilizou-se quantidade suficiente de folha para cada repetição/lagarta e para cada tratamento.

A área foliar consumida (AF) foi calculada por meio da diferença entre a área do alimento fornecido (AAF) às lagartas e a área da sobra do alimento (AFC) depois de 24 horas do fornecimento ao inseto, de acordo com a equação 9:

$$AF = AAF - AFC.$$

Equação 9

3.10 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de Levene e Shapiro-Wilks para verificação da homocedasticidade das variâncias e normalidade dos erros, respectivamente. Atendidas as pressuposições básicas, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando houve diferenças significativas, as médias foram submetidas ao teste de agrupamento de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,10$) (ZIMMERMANN, 2004) com o auxílio do programa estatístico SISVAR da versão 5.3 (FERREIRA, 2011). Algumas variáveis respostas, na medida em que foram realizadas as avaliações, sofreram alterações no número de repetições, o que pode ocorrer por se tratarem de variáveis biológicas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância evidenciou o efeito significativo ($p < 0,10$) dos genótipos para as variáveis biológicas, período larval médio (PLM), biomassa larval final (BLF), biomassa larval média (BLM), período pupal (PP), biomassa pupal (BP), longevidade de adultos (LA) e ciclo biológico (CB) (Tabela 4).

Tabela 4. Resultado da análise de variância das características biológicas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas dos genótipos de milho doce BR-400, Tuc Blanco Dulce, MG 162-Doce Amarelo, Milho Doce 1, Doce Opaco, Teea Dulce EEAOC, MG 161-Branco Doce, PR030-Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, e genótipos de milho comum Zapalote Chico e BRS 1030. Maringá-PR, 2014

Fv	QM							
	GL	PLM ¹	BLF	BLM	PP	BP	LA	CB
Genótipos	11	21,67*	0,02*	0,02*	18,27*	0,01*	281,55*	180,26*
Resíduo	307	3,01	0,006	0,00	4,89	0,00	17,67	27,13
CV(%)		11,03	13,35	16,03	18,95	10,47	25,08	11,05
Média		15,72	0,605	0,17	11,67	0,24	16,76	47,15

* p<0,10;

¹Legenda: PLM: Período larval médio em dias; BLM: Biomassa larval média em gramas; BLF: Biomassa larval final em gramas; BP: Biomassa pupal em gramas; PP: Período pupal em dias; LA: Longevidade de adultos em dias; CB: ciclo biológico em dias;

O período larval médio (PLM) das lagartas alimentadas com folhas dos genótipos de milho doce foi de 15,72 dias (Tabela 4). Esta variável não diferiu significativamente entre os genótipos BR-400, TBD, TD, MG 161, DFS, DCU e TP, que apresentaram menores médias em relação aos demais genótipos (Tabela 8). Em estudos similares, Busato et al. (2005), estudando a biologia de *S. frugiperda* nas culturas de milho e arroz, obtiveram um período larval médio de 15,6 dias para a cultura do milho, enquanto Giolo et al. (2002) relataram um período larval de 14,10 dias. Carbonari et al. (1998) afirmam que estas diferenças na duração da fase larval podem ser atribuídas à qualidade de cada genótipo utilizado para alimentação. Este aspecto é salientado por Parra (1991), quando enfatiza que a qualidade do alimento consumido por insetos durante a fase larval compromete a duração do ciclo biológico. Estudos de Bavaresco et al. (2003) mostraram que a deficiência nutricional do alimento consumido pela lagarta proporcionou a ampliação do ciclo larval. A afirmativa é corroborada por Lopes et al. (2008), que enfatizam que o menor período larval pode resultar em um menor tempo de geração, e portanto, em um alimento mais favorável à praga. Silveira et al. (1997) relatam que o prolongamento da fase larval pode indicar desfavorecimento da planta ao desenvolvimento do inseto. Levando-se em consideração o PLM, pode-se concluir que os genótipos Zapalote Chico, BRS 1030, Doce 1, MG 162 e Doce Opaco apresentam características desfavoráveis à lagarta-do-cartucho, quando comparados com os demais genótipos.

A biomassa larval final média geral das lagartas foi 0,605 gramas, sendo que os genótipos TD, MG 161, DFS, DCU, TP, BRS 1030 e ZC, formaram o grupo das menores médias e diferiram dos outros genótipos. A biomassa larval média geral foi

0,170 gramas, sendo a mesma menor nos genótipos BRS 1030 e Zapalote Chico. Pode-se observar uma relação inversa de PLM e BLF para esses dois genótipos, e também para BR-400 e Tuc Blanco Dulce (Tabela 4). Ao avaliar danos de *S. frugiperda* em diferentes híbridos de milho, Siloto (2002) observou uma massa média final de lagartas de 0,564 gramas no 14º dia. Quanto à biomassa média geral, Cunha et al. (2008), ao avaliarem a biologia de *S. frugiperda* em nove genótipos de milho, encontraram 0,266 gramas, porém, com diferença significativa entre os acessos.

Na Tabela 5 pode-se observar os resultados da análise estatística ($p < 0,1$), para as variáveis do consumo e utilização de alimento pela lagarta *Spodoptera frugiperda* nos genótipos de milho doce.

Tabela 5. Resultado da análise de variância do consumo e utilização por *Spodoptera frugiperda*, alimentadas com folhas dos genótipos de milho doce BR-400, Tuc Blanco Dulce, MG 162-Doce Amarelo, Milho Doce 1, Doce Opaco, Teea Dulce EEAOC, MG 161-Branco Doce, PR030-Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, e genótipos de milho comum Zapalote Chico e BRS 1030. Maringá-PR, 2014.

Fv	GL	I ¹	QM	
			ME	AF
Genótipos	11	15,93*	1,87*	61.799,51*
Resíduo	312	0,45	0,12	1.813,37
CV(%)		20,58	17,07	18,85
Média		3,25	1,97	225,92

* $p < 0,10$;

¹Legenda: I: Massa de alimento ingerido; ME: Massa dos excrementos; AF: Área foliar consumida.

Para as variáveis de índices de consumo e utilização taxa de consumo relativo (TCR), taxa metabólica relativa (TMR), taxa de crescimento relativo (TGR), eficiência de conversão de alimento ingerido (ECI), digestibilidade aparente (DA) e eficiência de conversão de alimento digerido (ECD), a análise de variância ($p < 0,1$) evidenciou o efeito significativo dos genótipos sobre *S. frugiperda* (Tabela 6).

Tabela 6. Resultado da análise de variância dos índices de consumo e utilização de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas dos genótipos de milho doce BR-400, Tuc Blanco Dulce, MG 162-Doce Amarelo, Milho Doce 1, Doce Opaco, Teea Dulce EEAOC, MG 161-Branco Doce, PR030-Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, e genótipos de milho comum Zapalote Chico e BRS 1030. Maringá-PR, 2014.

Fv	GL	QM					
		TCR ¹	TMR	TGR	ECI	DA	ECD
Genótipos	11	0,69*	1,77*	5,68*	268,43*	1.049,70*	5.545,66*
Resíduo	312	0,06	0,09	0,03	11,22	85,78	339,96
CV(%)		18,66	87,59	36,69	16,94	24,94	31,10

Média	1,28	0,34	0,44	19,77	37,14	59,28
-------	------	------	------	-------	-------	-------

* p<0,10;

¹Legenda: TCR: Taxa de consumo relativo; TMR: Taxa metabólica relativa; TGR: Taxa de crescimento relativo; ECI: Eficiência de conversão de alimento ingerido; DA: Digestibilidade aparente; ECD: Eficiência de conversão de alimento digerido.

Os dados de viabilidade de lagartas, pupas, ovos, deformação de adultos e número de ovos/fêmea não foram submetidos a análise estatística por serem dados absolutos e estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7. Porcentagem de viabilidade de lagartas, pupas, ovos e deformação de adultos de larvas de *Spodoptera frugiperda* submetidas à alimentação de genótipos de milho doce BR-400, Tuc Blanco Dulce, MG 162-Doce Amarelo, Milho Doce 1, Doce Opaco, Teea Dulce EEAOC, MG 161-Branco Doce, PR030-Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, e genótipos de milho comum Zapalote Chico e BRS 1030. Maringá-PR, 2014.

Genótipos	VL (%)*	VP (%)	VO (%)	DA (%)	Nº de ovos/fêmea
BR-400	96,7	93,1	65,5	6,6	114,3
TBD	90,0	88,9	97,8	3,3	649,3
MG162	93,3	96,4	97,2	3,3	354,0
Doce1	100,0	100,0	98,5	6,6	442,0
DO	96,6	89,7	99,3	0,0	544,0
TD	96,7	89,7	94,0	7,1	460,6
MG161	96,7	86,2	88,6	3,7	290,7
DFS	90,0	81,5	91,2	3,8	347,9
DCU	96,7	89,7	95,4	3,6	630,7
TP	93,3	78,6	97,5	8,0	649,1
BRS1030	90,0	81,5	58,3	7,7	35,0
ZC	100,0	100,0	94,7	3,3	335,3

*VL (%): viabilidade larval; VP (%): viabilidade pupal; VO (%): viabilidade de ovos; DA (%): deformação de adultos.

Na Tabela 8 estão descritos os resultados dos testes de agrupamento de médias, Scott-Knott (1974) (Zimmermann, 2004), para todas as variáveis analisadas.

Tabela 8. Resultado do teste de agrupamento de médias Scott-Knott para as variáveis PLM, BLM, BLF, BP, PP, LA, CB, I, ME, AF, AA, AM, TCR, TMR, ECI, DA e ECD, de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas dos genótipos de milho doce BR-400, Tuc Blanco Dulce, MG 162-Doce Amarelo, Milho Doce 1, Doce Opaco, Teea Dulce EEAOC, MG 161-Branco Doce, PR030-Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, e genótipos de milho comum Zapalote Chico e BRS 1030. Maringá-PR, 2014.

Variáveis	Genótipos											
	BR-400	Doce1	MG162	T B D	D O	TD	MG161	DFS	DCU	TP	BRS1030	ZC
PLM*	15,08a	16,00b	16,55b	15,26a	16,37b	15,55a	14,93a	14,63a	15,00a	15,08a	16,77b	17,48c
BLF	0,62b	0,64b	0,65b	0,63b	0,64b	0,59a	0,59a	0,58a	0,60a	0,57a	0,58a	0,58a
BLM	0,21c	0,21c	0,21c	0,21c	0,20c	0,17b	0,17b	0,17b	0,18b	0,16b	0,14a	0,14a
PP	10,77a	11,44a	12,67b	12,08b	12,52b	11,19a	11,26a	10,63a	11,06a	10,19a	11,93b	12,59b
BP	0,25c	0,26d	0,25c	0,25c	0,26d	0,24c	0,23b	0,22a	0,25e	0,23b	0,21a	0,23b

LA	11,52a	12,52a	12,63a	13,56a	15,63a	17,22c	17,82c	18,88c	21,20d	20,88d	15,59b	16,14b
CB	39,71a	42,96b	44,85b	43,88b	47,52c	44,70b	44,82b	45,37b	48,29c	46,15c	47,29c	49,22c
I	3,31c	4,02d	4,28e	4,00d	4,58e	2,87b	2,71a	2,62a	2,91b	2,60a	2,39a	2,64a
ME	1,95b	2,19d	2,29d	2,28d	2,31d	2,04c	1,79b	1,81b	2,00c	1,80b	1,48a	1,72b
AF	222,34c	289,67e	290,49e	254,36d	298,83e	208,21b	198,49b	189,32b	228,11c	204,03b	155,21a	171,9a
TCR	1,07a	1,21b	1,25b	1,26b	1,48c	1,37c	1,40c	1,41c	1,43c	1,42c	1,02a	1,08a
TMR	0,24a	0,26b	0,38b	0,34b	0,53c	0,12a	0,17a	0,13a	0,15a	0,13a	0,75d	0,88d
TGR	0,20a	0,19a	0,19a	0,19a	0,21a	0,28b	0,30b	0,31b	0,29b	0,32b	1,37c	1,46d
ECI	19,80c	16,48b	15,87b	16,59b	14,53a	20,47c	21,94d	22,10d	20,58c	22,33d	24,56e	22,01d
DA	38,36b	44,16c	44,12c	40,54b	48,52c	28,90a	33,99a	31,12a	31,31a	31,40a	38,20b	34,91a
ECD	59,02c	40,64b	42,25b	49,61b	32,54a	73,17c	66,37c	71,61c	67,87c	74,08c	68,40c	65,77c

*Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 10% de probabilidade. Legenda: PLM: Período larval médio; BLM: Biomassa larval média; BLF: Biomassa larval final; BP: Biomassa pupal; PP: Período pupal; LA: Longevidade de adultos; CB: ciclo biológico; I: Massa de alimento ingerido; ME: Massa dos excrementos; AF: Área foliar consumida; AA: Alimento assimilado; AM: Alimento metabolizado; TCR: Taxa de consumo relativo; TMR: Taxa metabólica relativa; TGR: Taxa de crescimento relativo; ECI: Eficiência de conversão de alimento ingerido; DA: Digestibilidade aparente; ECD: Eficiência de conversão de alimento digerido.

A viabilidade larval (VL) em todos os tratamentos foi maior ou igual a 90%. O maior valor (100%) foi observado para os genótipos Milho Doce 1 e Zapalote Chico, enquanto os menores valores foram constatados para os genótipos Tuc Blanco Dulce, Doce Flor da Serra e BRS 1030 (Tabela 7). Lima et al. (2006), ao analisarem diferentes acessos de milho comum quanto a resistência à mesma lagarta, encontraram três acessos que interferiram na viabilidade larval (43 a 63%), que poderiam ser considerados como resistentes entre os acessos pesquisados. Silveira et al. (1997) argumentam, no entanto, que não é frequente a viabilidade larval ser afetada sensivelmente por acessos resistentes, o que coincide com os resultados de Vendramim e Fancelli (1988), que relataram alta viabilidade das larvas alimentadas com o acesso Zapalote Chico. Isto corrobora, com os resultados observados no presente estudo, que este genótipo apresentou alta viabilidade larval, muito embora seja considerado um dos menos adequados ao desenvolvimento de *S. frugiperda*.

A duração do período pupal (PP) médio geral das lagartas alimentadas por genótipos de milho doce testados foi de 11,66 dias (Tabela 4). Os maiores valores de período pupal foram observados em lagartas que se alimentaram dos genótipos MG 162, Tuc Blanco Dulce, Doce opaco, BRS 1030 e Zapalote Chico. Estes genótipos não diferiram entre si, mas diferiram dos outros genótipos (Tabela 8). Trabalhos semelhantes, como de Pinheiro et al. (2008), relataram um período pupal médio de 9,08 dias para lagartas alimentadas com milho, enquanto Sarro (2006) obteve um período médio de 10,35 dias para lagartas alimentadas com folhas do milho AL 25.

A biomassa média geral das pupas (BP), mensurada 24 horas após a metamorfose, foi 0,240 gramas (Tabela 4). Os menores valores foram observados nos genótipos Doce Flor da Serra e BRS 1030, diferindo estatisticamente dos outros genótipos (Tabela 8). Pinheiro et al. (2008) encontraram uma massa média de pupas de 0,219 gramas, enquanto Sarro (2006) encontrou uma massa média de 0,227 gramas, mais próxima dos valores encontrados no presente trabalho. Segundo Silveira et al. (1997), pupas mais leves indicam que o substrato no qual o inseto se alimentou durante a fase larval é considerado o menos adequado ao desenvolvimento, o contrário também é verdadeiro. Com relação aos genótipos estudados, pode-se observar que Doce Flor da Serra e BRS 1030 apresentaram os menores valores, seguido dos acessos MG 161, Tropical Plus e Zapalote Chico. Portanto, para essa variável, esses genótipos podem ser considerados mais resistentes que os demais.

A viabilidade de pupas (VP) para os genótipos testados foi maior que 78% (Tabela 7). Os menores valores foram observados nos tratamentos em que as lagartas foram alimentadas com os genótipos MG 161, Tropical Plus, Doce Flor da Serra e BRS 1030 (Tabela 7). Segundo Cunha et al. (2008) a redução da viabilidade pupal em alguns genótipos pode estar relacionada a algum fator de resistência que pode interferir na nutrição das lagartas, ocasionando a evolução normal do inseto. Isso pode ser observado nos genótipos MG 161, Tropical Plus, Doce Flor da Serra e BRS 1030. Segundo Scriber e Slansky Jr. (1981), os fatores nutricionais podem afetar a fisiologia, o comportamento, a ecologia e a evolução de um inseto, conferindo um mecanismo de resistência a tais genótipos.

A longevidade média dos adultos (LA), alimentados durante a fase larval com os genótipos de milho doce e milho comum, foi de 16,76 dias (Tabela 4), havendo uma variação de duração entre os genótipos. Os genótipos BR-400, Milho Doce 1, MG 162, Tuc Blanco Dulce e Doce Opaco diferiram significativamente dos demais, apresentando as menores médias. A diferença entre os acessos, de acordo com Luginbill (1928), pôde ser explicada pelo fato de os insetos terem características próprias ou ainda uma capacidade para converter e assimilar o alimento na fase larval, fazendo com que ocorra alteração na longevidade de adultos.

O genótipo Doce Opaco foi o único que não apresentou adultos deformados (DA), mas para essa variável resposta, não foi realizada análise estatística devido aos dados serem absolutos. No entanto, matematicamente, foi observado maior percentual de adultos deformados nos genótipos BR-400, Milho Doce 1, Teea Dulce, Tropical

Plus, e BRS 1030 com taxas de 6,6, 6,6, 7,1, 8,0 e 7,7% de deformação (Tabela 7). Sarro (2006), ao estudar variáveis biológicas de *S. frugiperda* no milho e no algodoeiro, encontrou 9% de adultos defeituosos nos tratamentos correspondentes a milho comum, enquanto Rosa et al. (2012), em estudo com cinco linhagens de milho comum, observaram 25% de deformação em adultos, com destaque para asas tortas e curtas, deformações também observadas no presente estudo. Tais deformações, segundo Parra (2001), podem estar relacionadas à qualidade do alimento consumido pelo inseto na fase larval, pois a deficiência de alguns nutrientes pode ocasionar adultos com má formação.

A duração do período de incubação dos ovos de *S. frugiperda* oriundos de fêmeas alimentadas durante a fase larval com folhas dos genótipos de milho doce e comum, no presente estudo, foi de três dias para todos os tratamentos (dados absolutos), sendo muito próximo dos resultados de Rosa et al. (2012) que, para cinco linhagens de milho estudadas, observaram uma incubação entre 2,8 e 3,3 dias. Esses resultados também se aproximaram daqueles obtidos por Vendramim e Fancelli (1988) e Sarro (2006).

A viabilidade dos ovos (VO) superou 90% nos genótipos Tuc Blanco Dulce, MG 162, Milho Doce 1, Doce Opaco, Teea Dulce, Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus e Zapalote Chico, porém, para os genótipos BRS 1030 e BR-400, foram verificadas viabilidades de apenas 58,8% e 65,5% respectivamente (Tabela 7). Rosa et al. (2012) verificaram uma viabilidade de 46% em linhagem de milho M89287, estando esse valor abaixo da média ocorrida em outros estudos, como os realizados por Burton e Perkins (1972), que obtiveram 90% de viabilidade em insetos alimentados com dieta artificial. Para essa variável, também não foi realizada análise estatística.

O número médio de ovos por fêmea foi de 404,40, sendo que, nos genótipos BR-400 e BRS 1030, foram observados os menores valores, 114,3 e 35 respectivamente (Tabela 7). Baixos valores de ovos/fêmea pode ser um indício de desfavorecimento do desenvolvimento final da praga, que ao se alimentar, na fase larval, ocorreram deficiências desses genótipos em fertilidade.

A média geral do ciclo biológico completo (CB) (de ovo adulto) foi 47,15 dias (Tabela 4). Os genótipos Doce Opaco, Doce Cubano, Tropical Plus, BRS 1030 e Zapalote Chico diferiram significativamente dos demais genótipos com relação a esta variável, apresentando aumento do ciclo (Tabela 8). Tal diferença pode estar relacionada à qualidade do genótipo como alimento para as lagartas, hipótese defendida por Parra (1991). Em seus estudos com resistência de plantas a insetos, Parra (1991),

afirma que podem ocorrer alterações no ciclo devido à quantidade e qualidade do alimento consumido. Estes efeitos no ciclo de vida do inseto estão relacionados a alterações nas fases de desenvolvimento, fazendo com que geralmente haja prolongamento no seu ciclo.

Para a quantidade de massa de alimento ingerido (I), houve diferença significativa ($p < 0,1$) entre os tratamentos. O consumo médio geral de folhas de milho doce e comum foi 3,25 gramas (Tabela 5). Santos (2002) obteve resultados próximos aos do presente estudo, nos quais as lagartas consumiram cerca de 2,56 gramas de folhas de milho doce. A quantidade de alimento ingerido para os genótipos MG 161, Doce Flor da Serra, Tropical Plus, BRS 1030 e Zapalote Chico diferiu dos demais genótipos, pois formaram um grupo das menores médias.

A massa de fezes produzidas por lagartas que se alimentaram do genótipo BRS 1030 diferiu dos demais tratamentos, apresentando o menor valor. Houve diferença significativa para o ganho de biomassa larval para lagartas alimentadas com o genótipo BRS 1030, apresentando ainda o menor valor em comparação com os demais genótipos.

A área foliar média geral consumida pelas lagartas foi 225,92 cm² (Tabela 5). Os genótipos BRS 1030 e Zapalote Chico apresentaram as menores áreas foliares consumidas, com 155,21 e 171,90 cm², respectivamente, diferindo significativamente dos demais genótipos.

Analisando os resultados obtidos para a taxa de consumo relativo, que representa a quantidade de alimento que o inseto consome por miligrama de peso corpóreo, observou-se que os genótipos Doce Opaco, Teea Dulce, MG 161, Doce Flor da Serra, Doce Cubano e Tropical Plus apresentaram as maiores taxas e diferiram estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 8). Dois fatores podem influenciar na TCR: primeiramente, as propriedades físico-químicas do alimento, que correspondem ao conteúdo de água, solidez, teor de fibra e qualidade nutricional do alimento. Variações no consumo entre os genótipos estudados podem ser uma resposta compensatória dos insetos a inadequações nutricionais, conforme mencionado por Parra (1991), e Vendramim et al. (1983). Segundo Waldbauer (1968), o aumento na taxa de consumo pelo inseto pode estar relacionado à utilização de alimento nutricionalmente inadequado.

Ao analisar os dados referentes à taxa metabólica relativa, que reflete a quantidade de alimento gasto em metabolismo por miligrama de peso corpóreo, observou-se que os tratamentos BRS 1030 e Zapalote Chico formaram um grupo

homogêneo e de maiores valores, diferindo dos demais tratamentos (Tabela 8). Valores mais elevados de TMR indicam que o inseto utilizou maior quantidade de alimento em seu metabolismo (mg/mg de massa corporal/dia), ou seja, teve um maior dispêndio de energia para seu desenvolvimento. No caso dos genótipos BRS 1030 e Zapalote Chico, constatou-se uma relação negativa entre a TCR e a TMR, mostrando que as lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com esses genótipos apresentaram um menor consumo de alimento e maior gasto de energia para compensar algum aspecto negativo do alimento.

Com relação à taxa de crescimento relativo, que representa o ganho de biomassa do inseto em relação ao seu peso, constatou-se que o genótipo Zapalote Chico apresentou o maior valor. Os menores valores encontrados foram observados para os genótipos BR-400, Doce 1, MG 162, Tuc Blanco Dulce e Doce Opaco. Segundo Slansky e Scriber (1985), baixos valores de TGR podem indicar que o inseto apresentará um maior ciclo de vida, fato este que pode ser observado no genótipo Doce Opaco que apresentou um dos maiores valores de CB.

A digestibilidade aparente é definida como a porcentagem do alimento ingerido que é assimilado. Ela variou de 28,90% a 48,52% (Tabela 8). Os acessos MG-162, Doce 1 e Doce Opaco apresentaram os maiores valores, com 44,12 %, 44,16% e 48,52%, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si, mas sim dos demais tratamentos. Maiores valores de DA indicam que há facilidade dos insetos em digerir o alimento. Os baixos valores encontrados nos genótipos, Teea Dulce, MG 161, Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus e Zapalote Chico podem indicar, segundo Waldbauer (1964), a deficiência ou desequilíbrio nutricional, assim como deficiência de água e altos valores de fibras digeríveis.

Ao verificar a eficiência de conversão do alimento ingerido, que representa a porcentagem do alimento ingerido pelo inseto que foi transformado em biomassa pelo próprio, foi observado maior valor para o genótipo BRS 1030, seguido pelos genótipos que formaram um grupo homogêneo com altos valores de ECI (MG 161, Doce Flor da Serra, Tropical Plus e Zapalote Chico), e pelo terceiro grupo homogêneo, com valores intermediários formado pelos genótipos BR-400, Teea Dulce e Doce Cubano (Tabela 8). Para Waldbauer (1964), o valor nutricional do alimento, a digestibilidade e a ingestão de alimento podem influenciar na variação da ECI. Segundo este mesmo autor, a diferença no ECI está intimamente ligada a fatores relacionados com as características de cada cultivar em estudo.

A Eficiência de Conversão do Alimento Digerido (ECD) é representada pela porcentagem do alimento digerido convertido em biomassa. Ao analisar esta variável, observa-se que os genótipos BR-400, Teea Dulce, MG 161, Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, BRS 1030 e Zapalote Chico formaram um grupo homogêneo com maiores valores, diferindo dos demais genótipos, com valores acima de 59%. Tal variável não depende diretamente da digestibilidade, mas pode variar com o valor nutricional do alimento, assim como a quantidade de nutrientes do alimento (WALDBAUER, 1964). Segundo Meneguim et al. (2010), pode ocorrer uma relação negativa entre a ECD e TMR, indicando que, quanto maior a TMR, menor a ECD. No presente estudo, observou-se essa relação no genótipo Doce Opaco (terceira maior TMR e menor ECD). Esse acesso apresentou um alto valor de DA, indicando ainda baixos valores de ECI e ECD. Para Meneguim et al. (2010), esses valores podem indicar fatores que inibem a conversão de alimento ingerido e digerido em biomassa.

De modo geral, os genótipos BR-400, Teea Dulce, MG 161, Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, BRS 1030 e Zapalote Chico apresentaram condições desfavoráveis ao crescimento de *S. frugiperda*, sendo menos adequados ao desenvolvimento dos insetos. Embora tenham apresentado altos índices de conversão do alimento ingerido e digerido, menor área foliar consumida, menor massa foliar consumida, afetaram negativamente as fases larval e pupal do inseto. Constatou-se ainda que os insetos adultos provenientes de larvas alimentadas com os genótipos BR-400, MG 161, Doce Flor da Serra, BRS 1030 e Zapalote Chico, apresentaram um menor número de descendentes. Este fato pode indicar que algum fator presente nesses acessos pode ter prejudicado a fertilidade do inseto, assim como todo o seu desenvolvimento, mesmo tendo promovido altas taxas de conversão do alimento ingerido.

O genótipo Doce Opaco obteve as menores ECI e ECD, seguido dos genótipos Tuc Blanco Dulce, Milho Doce 1 e MG-162. Esses últimos acessos apresentaram comportamento semelhante quanto às taxas de consumo, metabolismo, crescimento relativo e, conseqüentemente, altos valores de DA. Esse grupo de genótipos reuniu materiais que apresentaram altas áreas e massas foliares consumidas, tendo porém menor eficiência para converter o alimento em biomassa. Portanto, os insetos que se alimentaram dos genótipos Doce 1, MG 162, Tuc Blanco Dulce, e Doce Opaco ingeriram maior quantidade de alimento para compensar o gasto de energia usada para converter o alimento em biomassa larval.

3. CONCLUSÕES

Os genótipos BR-400, Teea Dulce, MG 161, Doce Flor da Serra, Doce Cubano, Tropical Plus, BRS 1030 e Zapalote Chico são menos favoráveis ao desenvolvimento larval de *S. frugiperda*, em decorrência de resistência do tipo antibiose, pois interferiram em algum aspecto (biomassa larval final, área foliar consumida e viabilidade de ovos) no desenvolvimento do inseto.

Os genótipos Milho Doce 1, Tuc Blanco Dulce, MG-162 e Doce Opaco foram mais adequados ao desenvolvimento de *S. frugiperda*.

4. REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, D. E.; CREECH, R. G. Breeding special industrial and nutritional types. In: SPRAGUE, G. F.; FUCCILLO, D. A. (Ed.). Corn and corn improvement. Madison: **American Society of Agronomy**, v. 18, p. 363-386, 1977.
- AMORIM, E. P.; CARASSAI, I.; KLUGE, M.; MAZZOCATO, A. C.; SERENO, M. J.; BARBOSA NETO, J. F. Avaliação do comportamento de duas populações de milho doce e milho comum sobre a ação de fatores abióticos. In: Reunião Técnica Anual do Milho, 44., 1999, Porto Alegre; Reunião Técnica Anual do Sorgo, 27., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FEPAGRO, p. 272-277, 1999.
- ANDALÓ, V.; SANTOS, V.; MOREIRA, G. F.; MOREIRA, C.; FREIRE, M.; & MOINO JR., A. Movement of *Heterorhabditis amazonensis* and *Steinernema arenarium* in search of corn fall armyworm larvae in artificial conditions. **Scientia Agricola**, v.69, n.3, 226-230, 2012.
- ARAGÃO, C. A. **Avaliação de híbridos simples braquíticos de milho super doce (*Zea mays* L.) portadores do gene *shrunken-2* (sh_2sh_2) utilizando o esquema dialélico parcial**. 2002. (Tese Doutorado) 101f. , Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- BAE, J. M., GIROUX, M., AND HANNAH, L. C. Cloning and characterization of the *brittle2* gene of maize. **Maydica**, v.35, p.317-322. 1990.
- BARROS, E. M. **História de vida de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros**. 2009. (Dissertação de mestrado), 49f. Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Entomologia Agrícola. Recife – PE.
- BAVARESCO, A.; GARCIA, M. S.; GRÜTZMACHER, A. D.; FORESTI, J.; RINGENBERG, R. Biologia comparada de *Spodoptera cosmioides* (Walk)(Lepidoptera: Noctuidae) em cebola, mamona, soja e feijão. **Ciência Rural**, v.33, n. 6, 2003.
- BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R.F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman & Hall, 1994, 305p.
- BOGORNI, P. C.; VENDRAMIM, J. D. Bioatividade de extratos aquosos de *Trichilia* spp. sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 4, 2003.
- BOYER, C. D.; SHANNON, J. C. The use of endosperm genes for sweet corn improvement. In: PLANT breeding reviews. West Lafayette: **USA Purdue University**,v.1, p.139-161. 1983.

BURTON, R. L.; PERKINS, W. D. WSB, a new laboratory diet for the corn ear worm and the fall armyworm. **Journal of Economic Entomology**, v.65, p.385-386, 1972.

BUSATO, G. R.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, M. S.; GIOLO, F. P.; ZOTTI, M. J.; STEFANELLO JÚNIOR, G. J. ; Biologia comparada de populações de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de milho e arroz. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 5, 2005.

CAMERON, J. W.; TEAS, J. H. Carbohydrate relationships in developing and mature endosperms of *brittle* and related maize genotypes. **American Journal of Botany**, v.41, p.50-55, 1954.

CARBONARI, J. J.; et al. Reação de cultivares de milho ao ataque da lagarta do cartucho no agroecossistema de várzea. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 43.;REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 26. Veranópolis, RS: FEPAGRO. **Anais...**p.129-133. 1998.

CHRISPIM, T. P.; RAMOS, J. M. Revisão de literatura: resistência de plantas a insetos. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Publicação científica da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça/FAEF, ano VI, n. 10, 10p. 2007.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 1 - Safra 2013/14, n. 4 - Quarto Levantamento, Brasília, p. 1-67, jan. 2014. Acesso em 24 de janeiro de 2014.** Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_10_15_07_19_boletim_graos_janeiro_2014.pdf>

CREECH, R. G., Carbohydrate synthesis in maize. In: A. G. Norman, ed., *Advances in Agronomy*. **Academic Press**, Inc., New York, v. 20, p. 275-318, 1968.

CRUZ, I. Lagarta do cartucho: enfrente o principal inimigo do milho. **Cultivar**, Pelotas, n. 1, p. 16-18, fev. 1999.

CRUZ, I; FIGUEIREDO, M. de L. C.; SILVA, R. B. **Monitoramento de Adultos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae) em Algumas Regiões Produtoras de Milho no Brasil.** Documento n 93, 44p. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 2010.

CRUZ, I. ; OLIVEIRA, L. J. ; OLIVEIRA, A. C. ; VASCONCELOS, C. A. Efeito do nível de saturação de alumínio em solo ácido sobre os danos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) em milho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.25, n.2, p. 293-297, 1996.

CUNHA, U. S.; MARTINS, J. F. da S.; PORTO, M. P.; GARCIA, M. S.; BERNARD, O.; TRECHA, C. de O; BERNARD, D.; JARDIM, E. de O; BACK, E. C. U. Resistência de genótipos de milho para cultivo em várzeas subtropicais à lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.1125-1128, 2008.

CUNHA, J. P. A. R. Da, & NASCIMENTO, A. P. De C. Aerial, ground and chemigation spray deposition on corn for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v.37, n.2, p.123-129, 2013.

DEQUECH, S. T. B.; FIUZA, L. M.; SILVA, R. F. P.; ZUMBA, R. C. Histopatologia de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lep., Noctuidae) infectadas por *Bacillus thuringiensis aizawai* e com ovos de *Campoletis flavicincta* (Hym., Ichneumonidae). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n.1, p. 273-276, 2007.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. California, v.50, p.641-664. 1999.

FARIAS, P. R. S. ; BARBOSA, J. C. ; BUSOLI, A. C. Amostragem seqüencial (presença-ausência) para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.30, p. 691-695, 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, M. de L. C. ; CRUZ, I. ; DELLA LUCIA, T. M. C. Controle integrado de *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbott) utilizando-se o parasitoide *Telenomus remus* Nixon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.11, 1999.

FIGUEIREDO, M. de L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Relação entre a lagarta do cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.12, p.1693-1698. 2006.

FRANCO, A. A. N.; VIDIGAL FILHO, P. S.; MARQUES, O. J.; OKUMURA, R. S.; CORTINOVE, V. B. Época de Semeadura e Produtividade de Híbridos de Milho Doce. IN: **Anais do XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Águas de Lindóia, SP, p. 2170-2175. 2012.

GALLO, D. O.; NAKANO NETO, S.S., R.P.L.; CARVALHO, G.C.; BATISTA FILHO, E.B., PARRA,R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S. ; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002, 920p.

GASSEN, D. N. A lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda*. **Revista Plantio Direto**, edição 96, Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, RS. 2006.

GIOLO, F. P. ; GRÜTZMACHER, A. D. ; GARCIA, M. S. ; BUSATO, G. R. Parâmetros biológicos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lep.: Noctuidae) oriundas de diferentes localidades e hospedeiros. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, n.3, p. 219-224. 2002.

GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA N. L.; ROSSI, M. L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 305-310, 2002.

GRAVENA, S. **Manual prático de manejo ecológico de pragas de citros**. Jaboticabal-SP, p. 25-26, 2005.

GRÜTZMACHER, A. D.; MARTINS, J. F. S.; CUNHA, U. S. Insetos pragas das culturas do milho e sorgo no agroecossistema de várzea. In: PARFITT, J. M. B. (Coord). **Produção de milho e sorgo na várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 87-101, 2000 (Documentos, n° 74).

HUELSEN, W. A. Sweet corn. New York: **Interscience**, 195, 409p.

INNES, N. L. A plant breeding contribution to sustainable agriculture. **Annals of Applied Biology**, v.126, n. 1, p.1-18, 1995.

KNAAK, N. ; FRANZ, A. R. ; SANTOS, G. F.; FIUZA, L. M. Histopathology and the lethal effect of Cry proteins and strains of *Bacillus thuringiensis* Berliner in *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith Caterpillars (Lepidoptera, Noctuidae). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, SP, v.70, n.3, 2010.

KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características do milho doce (*Zea mays* L.) para industrialização. **Revista Brasileira de tecnologia agroindustrial**, Ponta Grossa, PR, v. 01, n.2, p. 93-103, 2007.

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

LAUGHNAN, J. R. The effect of *sh2* factor on carbohydrate reserves in the mature endosperm of maize. **Genetics**, v.38, n.5, p. 485-499,1953.

LEIDERMAN, L. M.; SAUER, H. F. G. A lagarta dos milharais. **O Biológico**, v.19, n. 6, p. 105-113, 1953.

LEON-GARCÍA, I.; RODRÍGUEZ-LEYVA, E.; ORTEGA-ARENAS, L. D.; SOLÍS-AGUILAR, J. F. Insecticide susceptibility of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) associated with turf grass at Quintana Roo, México. **Agrociencia**, Texcoco, v.46, n.3, p.279-287, 2012.

LIMA, F. W. N.; OHASHI, O. S.; SOUZA, F. R. S.; GOMES, F. S. Avaliação de acessos de milho para resistência a *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. **Acta Amazonica**, Manaus, AM, v.36, n.2, p.147-150, 2006.

LOPES, G. da S.; LEMO, R. N. S. de; MACHADO, K. K. G.; MACIEL, A. ; SARMENTO, A. ; OTTATI, Â. L. T. Biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Revista Caatinga**. Mossoró, v.21, n.3, p.134-140, 2008.

LUGINBILL, P. Developing resistant plants. The ideal method of controlling insects. USDA - ARS. **Product Reviews and Reports**, v.11, p. 1-14. 1969.

LUGINBILL, P.H. **The fall armyworm**. Washington, USDA, 1928, 73p (Technical Bulletin, n°34).

MACHADO, M. C. M. S. T; REYES, F. G. R.; SILVA, W. J. Acúmulo de matéria seca e composição dois carboidratos de uma nova cultivar de milho, com endosperma triplo mutante “Sugary-Opaque-2-Waxy”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.12, p. 1789-1796, 1990.

MAGGIO, M. A. **Acúmulo de massa seca e extração de nutriente por plantas de milho doce híbrido “tropical”**. (Dissertação de mestrado) apresentada ao IAC, Campinas-SP, 55 f., 2006.

MENEGUIM, A. M. ; LUSTRI, C.; OLIVEIRA, D. D. ; YADA, I. F. U. ; PASINI, A. Caracterização bromatológica de cultivares de amoreira, *Morus* spp., e determinação dos índices nutricionais de *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.39, n.4, p. 506-512, 2010.

MURÚA, G.; VIRLA, E. Population parameters of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) fed on corn and two predominant grasses in Tucuman (Argentina). **Acta Zoológica Mexicana**, v.20, n.1, p.199-210. 2004.

NALIM, D. M. **Biologia, nutrição quantitativa e controle de qualidade de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas dietas artificiais**. Piracicaba, 1991. 150p. (Tese Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1991.

NAGOSHI, R. N.; SILVIE, P.; MEAGHER, R. L. Comparison of haplotype frequencies differentiate fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) corn-strain populations from Florida and Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 100, p. 954-961. 2007.

NELSON, O. E. Genetic control of polysaccharide and storage protein synthesis in the endosperms of barley, maize, and sorghum. **Advances in Cereal Science and**

Technology. In: Pomeranz, Y.(Ed.), Amer. Assoc. Cereal Chem. St. Paul, MN, v.3, p.41-71. 1980.

OLIVEIRA JR., L. F. G., DELIZA, R.; BRESSAN-SMITH. R.; PEREIRA, M. G.; CHIQUIERE, T. B. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo in natura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.26, n.1, 2006.

OTA, E. do C. **Desempenho de cultivares de milho quanto ao dano de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), em condições de campo**. (Dissertação de Mestrado). Instituto Agrônômico, Campinas-SP, 44f. 2009.

PAIVA, E. ; VASCONCELOS, M. J. V.; PARENTONI, S. N.; GAMA, E. E. G.; MAGNAVACA, R. Seleção de progênies de milho doce de alto valor nutritivo com auxílio de técnicas eletroforéticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília-DF, v.27, p.1213-1218, 1992.

PANDA, N.; KHUSH, G. S. Host plant resistance to insects. **CAB International**. Wallingford, Oxon, UK. In: ASSOCIATION WITH INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1995, 431p.

PARRA, J. R. A. Consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZI, A. R.; PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**, São Paulo, SP: Editora Manole, p.9-65. 1991.

PEREIRA, L. G. B. **Dossiê técnico: Táticas de Controle da Lagarta do Cartucho do Milho, *Spodoptera frugiperda***. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC. 2007, 23p.

PINHEIRO, J. C. A.; PÁDUA, L. E. M.; PORTELA, G. L. F.; BRANCO, R. T. P. C.; REIS, A. S.; SILVA, P. R. R. Biologia comparada de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) visando ao seu zoneamento ecológico no estado do Piauí. **Caatinga: UFERSA**, v.2, n.21, p. 197-203. 2008.

PRAÇA, L. B.; SILVA NETO, S. P.; MONNERAT, R. G. *Spodoptera frugiperda* J. Smith 1797 (Lepidoptera: Noctuidae): Biologia, amostragem e métodos de controle. Brasília, DF: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, (Documentos 0102 - 0110; 199). 2006, 22 p.

REIS, L. S. dos. **Desenvolvimento de genótipos de milho doce: avaliação de genitores e híbridos**. (Tese Doutorado). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes – RJ, 76 f., 2009.

REIS, A. J. dos S.; MIRANDA FILHO, J. B. de. Autocorrelação espacial na avaliação de compostos de milho para resistência à lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília-DF, v.33, n.2, p. 65-72, 2003.

RÍOS-DÍEZ, J. D.; SALDAMANDO-BENJUMEA, C. I. Susceptibility of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) strains from central Colombia to two insecticides, methomyl and lambda-cyhalothrin: a study of the genetic basis of resistance. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.104, n.5, p.1698-1705, 2011.

RITCHIE, S. W., J. J. HANWAY, AND G. O. BENSON. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, (Special Report, 48), 1993, 26p.

ROSA, A. P. S. A. da; MARTINS, J. F. da S.; PORTO, M. P.; SCHAFER, J. T.; CHEVARRIA, V. V.; CHAVES, C. C.; PINTO, C. C. Ocorrência da lagarta do cartucho em função da época de semeadura do milho nas safras 2007/2008 e 2008/2009. Pelotas: Embrapa Clima Temperado (Documentos, 301), 2010. 22 p.

ROSA, A. P. A. da.; TRECHA, C. O.; ALVES, A. C.; GARCIA, L.; GONÇALVES, V. P. Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) em linhagens de milho. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.79, n.1, p.39-45, 2012.

RUBIN, L. A. **Manejo da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidade), na cultura do milho**. (Monografia de especialização). Porto Alegre-RS, 85f. 2009.

SANTOS, L. M. **Biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (LEPIDOPTERA:NOCTUIDAE) em genótipos de milho doce e milho comum**. (Dissertação mestrado). Porto Alegre-RS, 80 f. 2002.

SANTOS, L. M. dos; REDAELLI, L. R.; DIEFENBACH, L. M. G.; EFROM, C. F. S. Fertilidade e longevidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.34, n.2, p.345-350, 2004.

SANTOS, W. J. Identificação, biologia, amostragem e controle das pragas do algodoeiro. p. 181-226. In: EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE, Dourados-MS. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados, 2001. 296p.

SARRO, F. B. **Biologia comparada de *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) em milho e em cultivares de algodoeiro**. (Tese de Doutorado). UNESP: Botucatu-SP. 98f. 2006.

SCAPIM, C. A.; CRUZ, C. D.; ARAÚJO, J. M. Cruzamentos dialélicos entre sete cultivares de milho doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v.13, p.19-21, 1995.

SCRIBER, J. M.; SLANSKY JÚNIOR, F. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.26, n.1, p.183-211. 1981.

SILOTO, R. C. **Danos e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) em genótipos de milho.** (Dissertação mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba-São Paulo. 93f. 2002.

SILVA, A. C. A. **Efeito do silício aplicado no solo e em pulverização foliar na incidência da lagarta do cartucho na cultura do milho.** (Dissertação de Mestrado). Botucatu, SP, 67 f. gráf., tabs. 2009.

SILVA, A. G. A.; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, A. J. L.; GOMES, J.; SILVA M. N.; SIMONI, L. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil: Seus parasitos e predadores.** Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Depto. de Defesa e Inspeção Agropecuária, pt. 2, t.1,1968, 621p.

SILVA, N. Melhoramento de milho doce. In: **ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO**, 11., 1994, Piracicaba. Anais... Piracicaba: ESALQ, p. 45-49, 1994.

SILVA, P. S. L.; SILVA, P.I.; SOUZA, A. K. F.; GURGEL, K. M. ; PEREIRA FILHO, I.A. Green ear yield and grain yield of maize after harvest of the first ear as baby corn, **Horticultura Brasileira**, Campinas, v.24, n.2, 2006.

SILVA-FILHO, M. C.; FALCO, M. C.; **Interação planta-inseto: Adaptação dos insetos aos inibidores de proteinases produzidos pelas plantas.** 2002. Disponível em: http://www.biotecnologia.com.br/bio/12_h.htm dia 01/09/2002

SILVEIRA, L. C. P.; VENDRAMIM, J. D.; ROSSETTO, C. J. Efeito de genótipos de milho no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Anais Sociedade Entomológica do Brasil**. Londrina-PR, v.26, n.2, p.291-298. 1997.

SILVEIRA, L. C. P.; VENDRAMIM, J. D. ; ROSSETTO, C. J. Não preferência para alimentação da lagarta do cartucho em milho. **Bragantia**. Campinas ,v.57, n.1, p.105-111, 1998.

SLANSKY, F.; SCRIBER, J. M. Food consumption and utilization. In: Kerkut, A. A.; Gilbert, L. I. **Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology.** Oxford, Pergamon Press, p.87-163. 1985, 639p.

SOUZA, I. R. P.; MAIA, A. H. N.; ANDRADE, C. L. T. **Introdução e avaliação de milho doce na região do baixo Paranaíba.** Teresina-PI: EMBRAPA-CNPAP, 1990, p. 7.

STORCK, L.; LOVATO, C. Milho doce. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.21, n.2, p. 283-292, 1991.

SULLIVAN, T. D.; STRELOW, L. I.; ILLINGWORTH, C. A.; PHILLIPS, R. L.; NELSON, O. E. The maize *brittle1* locus: molecular characterization based on DNA

clones isolated using the *dSpm*-tagged *brittle1*-mutable allele, **Plant Cell: American Society of Plant biologists**, v.3, n.12, p.1337-1348, 1991.

TRACY, W. F. Sweet Corn. In: HALLAUER, A. R. **Specialty Corns**. Boca Raton: CRC Press, p.147-187, 1994.

TRACY, W.F. Sweet corn. In: HALLAUER, A.R. **Specialty corn**. 2.ed. CRC Press Inc., Ames, Iowa, USA, p. 155- 198. 2001.

VIANA, P. A.; POTENZA, M. R. Avaliação de antibiose e não-preferência em cultivares de milho selecionados com resistência à lagarta-do-cartucho. **Bragantina**, Campinas, v. 59, n.1, 2000.

VENDRAMIM, J. D. ; FANCELLI, M. Efeito de genótipos de milho na biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. S. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.17, p.141-150, 1988 (Suplemento).

VENDRAMIM, J. D. ; LARA, F. M. ; PARRA, J. R. P. Consumo e utilização de cultivares de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) por *Agrotis subterranea* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera-Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.12, p.129-144. 1983.

WALDBAUER, G. P. The consumption, digestion and utilization of solanaceous and non-solanaceous plants by larvae of the tobacco hornworm, *Protoparce sexta* (Johan.) (Lepidoptera: Sphingidae). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.7, n.3, p. 253-269, 1964.

WALDBAUER, G. P. The consumption and utilization of food by insects. **Advances in Insect Physiology**, New York, v.5, p. 229-288. 1968.

WISEMAN, B. R.; WIDSTROM, N. W. Mechanisms of Resistance in 'Zapalote Chico' Corn Silks to Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae. **Journal of Economic Entomology**, v.79, n.5, p. 1390-1393, 1986.

ZIMMERMANN, Francisco José Pfeilsticker. **Estatística aplicada a pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 402 p, 2004.

ZINSLY, J. R.; MACHADO, J. A. Milho-pipoca. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (eds.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, p. 413-717,1987.

ZURITA, V., YURI, A.; ANJOS, N. dos; WAQUIL, J. M. Aspectos biológicos de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) em Híbridos de Milho (*Zea mays* L.) in: **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.29, n.2, p. 347-352, 2000.