RESISTÊNCIA DE VARIEDADES DE ARROZ
À *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS, 1794) (LEPIDOPTERA-PYRALIDAE)
E SUA ASSOCIAÇÃO COM CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS
E BIOQUÍMICAS DAS PLANTAS

JOSÉ FRANCISCO DA SILVA MARTINS

Engº Agrº, Mestre em Entomologia

Orientador : Dr. JOSÉ ROBERTO POSTALI PARRA

Tese apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do Título de
Doutor em Ciências, Área de Con-
centração: Entomologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Novembro - 1983

Aos meus pais

Joaquim e

Odette (in memorian)

OFEREÇO.

À minha esposa

TECLA,

aos meus filhos

FRANCO,

FÁBIO e

CAROLINA,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a través do Centro Nacional de Pesquisa - Arroz, Feijão (CNPAP), pela licença e auxílio financeiro para realização do Curso de Pós-Graduação;
- Ao Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, pelos ensinamentos recebidos e pelas facilidades concedidas;
- Ao Professor, Dr. José Roberto Postali Parra, pela orientação e ajuda na elaboração deste trabalho;
- À colega, Eng^o Agr^o Laila Herta Mihnsfeldt, pela indispensável ajuda no preparo de dietas artificiais e demais atividades de laboratório;
- Ao Eng^o Agr^o Hélio José Castilho, MS, responsável pelo laboratório de Entomologia da Cia. Industrial e Agrícola de Santa Bárbara D'Oeste, SP, pelo fornecimento de insetos;
- Ao Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (PLA NALSUCAR), do Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), Araras, pelo empréstimo de um aparelho medidor de dureza (durômetro);

Aos Eng^{os} Agr^{os}, Dr^a Marinéia de Lara Haddad, Carlos Enrique Mattioli, MS, e Francisco Ivaldo Oliveira de Melo, MS, pesquisadores da EMBRAPA, pelo apoio estatístico;

Aos Eng^{os} Agr^{os}, Dr. Pedro Roberto Furlani e Maria Tereza Baraldi Ramos, respectivamente, da Seção de Fisiologia e Seção de Fitoquímica do Instituto Agrônomo de Campinas e ao Bioquímico, Dr. João Batista Fernandes, do Departamento de Química, da Universidade Federal de São Carlos, pelas análises químicas em material de arroz;

Aos colegas, Eng^o Agr^o Alexandre Brito Pereira de Melo, Médica Veterinária Eliane Maria Milward de Azevedo Pereyra, ao Professor, Dr. José Djair Vendramim e, ao estagiário Rogério Almeida de Paula, pelo auxílio na instalação e condução de experimentos.

E a todos os colegas, professores e funcionários do Departamento de Entomologia da ESALQ, que de uma forma ou de outra, colaboraram para a realização deste trabalho.

Í N D I C E

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xv
RESUMO.....	xvii
SUMMARY.....	xx
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Resistência de arroz a brocas-do-colmo.....	4
2.2. Metodologia utilizada para determinar tipos de resistência de arroz a brocas-do-colmo..	5
2.2.1. Antibiose.....	5
2.2.2. Não-preferência.....	5
2.2.3. Tolerância.....	6
2.3. Causas da resistência.....	6
2.3.1. Características morfológicas das plan- tas.....	7
2.3.2. Características anatômicas das plan- tas.....	8
2.3.3. Características químicas das plantas	10
2.4. Composição química do solo e resistência a brocas-do-colmo.....	15
2.4.1. pH.....	15
2.4.2. Nitrogênio.....	15

Página

2.4.3. Potássio.....	16
2.4.4. Fósforo.....	16
2.4.5. Sílica.....	16
2.4.6. Sódio.....	17
2.4.7. Zinco.....	17
2.5. Resistência de arroz à <i>Diatraea saccharalis</i> (Fabricius, 1794).....	18
2.6. Consumo e utilização de alimento por brocas- -do-colmo do arroz.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. Infestação de plantas intactas com lagartas de primeiro ínstar.....	28
3.2. Infestação de pedaços de colmos com lagartas	29
3.2.1. 1º Experimento.....	31
3.2.2. 2º Experimento.....	32
3.2.3. 3º Experimento.....	33
3.3. Alimentação de lagartas em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas.....	34
3.3.1. 1º Experimento.....	40
3.3.2. 2º Experimento.....	41
3.3.3. 3º Experimento.....	41
3.3.4. 4º Experimento.....	42
3.3.5. 5º Experimento.....	42

3.4. Nutrição e ciclo biológico de <i>D. saccharalis</i> em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas.....	42
3.5. Parâmetros utilizados na avaliação da nutrição de <i>D. saccharalis</i> em pedaços de colmos e em dietas artificiais.....	44
3.5.1. Consumo e utilização de alimento e crescimento de lagartas.....	44
3.5.2. Parâmetros biológicos inerentes a lagartas e adultos.....	46
3.6. Análises químicas e outras determinações no material vegetal, nas dietas artificiais e em lagartas.....	49
3.6.1. Material vegetal.....	49
3.6.2. Dietas artificiais e lagartas.....	50
3.7 Análise estatística.....	51
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.1. Infestação de plantas intactas com lagartas de primeiro ínstar.....	54
4.2. Infestação de pedaços de colmos com lagartas.....	62
4.2.1. 1º Experimento.....	62
4.2.2. 2º Experimento.....	66
4.2.3. 3º Experimento.....	68

4.2.4. Análise geral sobre a alimentação de lagartas em pedaços de colmos.....	70
4.3. Alimentação de lagartas em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas.	79
4.3.1. 1º Experimento.....	79
4.3.2. 2º Experimento.....	82
4.3.3. 3º Experimento.....	85
4.3.4. 4º Experimento.....	89
4.3.5. 5º Experimento.....	93
4.3.6. Análise geral sobre a alimentação de lagartas em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas de arroz.....	97
4.4. Nutrição e ciclo biológico de <i>D. saccharalis</i> em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas de arroz.....	109
4.5. Considerações finais.....	121
5. CONCLUSÕES.....	124
6. LITERATURA CITADA.....	127

LISTA DE TABELAS

TABELA		Página
1	Variedades de arroz resistentes e suscetíveis a brocas-do-colmo, em condições de planta intacta.....	26
2	Dieta artificial utilizada no Laboratório de Entomologia da Usina Santa Bárbara para criação de lagartas de <i>D. saccharalis</i>	27
3	Ingredientes da dieta artificial para <i>D. saccharalis</i> , proposta por HENSLEY e HAMMOND (1968).....	37
4	Dieta artificial para <i>D. saccharalis</i> , contendo extrato aquoso de plantas de arroz	38
5	Dieta incompleta para <i>D. saccharalis</i> , preparada através da alteração da quantidade original dos ingredientes da dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968).....	39
6	Características bioquímicas e biofísicas do colmo e da bainha da folha de plantas de variedades de arroz: dados de sobrevivência e peso de lagartas de <i>D. saccharalis</i> e colmos danificados, 25 dias após a infestação de plantas intactas com lagartas de primeiro ínstar.....	60

TABELA

Página

7	Coeficientes de correlação (r) e equações de regressão simples para combinações entre características bioquímicas e biofísicas de plantas de arroz e sobrevivência e peso de lagartas de <i>D. saccharalis</i> e colmos danificados.....	61
8	Nutrição e crescimento de lagartas de <i>D. saccharalis</i> em pedaços de colmos de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (1º Experimento).....	65
9	Nutrição e crescimento de lagartas de <i>D. saccharalis</i> em pedaços de colmos de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (2º Experimento).....	67
10	Nutrição e crescimento de lagartas de <i>D. saccharalis</i> em pedaços de colmos de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (3º Experimento).....	69
11	Médias ajustadas dos parâmetros e índices nutricionais obtidos nos três experimentos de nutrição e crescimento de lagartas de <i>D. saccharalis</i> em pedaços de colmos de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h	76

TABELA

Página

12	Teor de aminoácidos (Aa), em colmos de variedades de arroz, e transformação em vetores (Vt) para comparação pelo método de análise de componentes principais.....	77
13	Nutrição e crescimento de lagartas de <i>D. saccharalis</i> em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (1º Experimento).....	81
14	Nutrição e crescimento de lagartas de <i>D. saccharalis</i> na dieta incompleta de HENSLEY e HAMMOND (1968) e em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (2º Experimento)..	84
15	Nutrição e crescimento de lagartas de <i>D. saccharalis</i> em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (3º Experimento).....	87
16	Parâmetros biológicos de <i>D. saccharalis</i> obtidos através da alimentação de lagartas em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (3º Experimento).....	88

TABELA

Página

17	Nutrição e crescimento de lagartas de <i>D. saccharalis</i> em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (4º Experimento).....	91
18	Parâmetros biológicos de <i>D. saccharalis</i> obtidos através da alimentação de lagartas em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (4º Experimento).....	92
19	Nutrição e crescimento de lagartas de <i>D. saccharalis</i> em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (5º Experimento).....	94
20	Parâmetros biológicos de <i>D. saccharalis</i> obtidos através da alimentação de lagartas em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (5º Experimento).....	95
21	Análise conjunta de experimentos de nutrição e crescimento de lagartas de <i>D. saccharalis</i> em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h.....	101

TABELA

Página

22	Análise geral dos parâmetros biológicos de <i>D. saccharalis</i> , obtidos no 3º, 4º e 5º experimentos de alimentação de lagartas em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h	102
23	Efeito da origem da lagarta de <i>D. saccharalis</i> , "inoculada" nas dietas contendo extratos aquosos de plantas de arroz, sobre parâmetros biológicos. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h	108
24	Nutrição e crescimento de lagartas de <i>D. saccharalis</i> em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = 30°C ; UR = $70 \pm 10\%$; fotofase = 14 h	114
25	Parâmetros biológicos de <i>D. saccharalis</i> , obtidos através da alimentação de lagartas, na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968) e em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = 30°C ; UR = $70 \pm 10\%$; fotofase = 14 h	116

TABELA

Página

26	Influência da alimentação de lagartas de <i>D. saccharalis</i> , em dietas contendo <u>extra</u> tos aquosos de plantas de variedades de arroz, sobre a oviposição e longevidade dos adultos. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h	117
27	Teor de proteína total em lagartas de <i>D. saccharalis</i> , na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968) e em dietas contendo <u>extra</u> tos aquosos de plantas de variedades de arroz: teor total de fenóis no colmo e na bainha da folha das plantas.....	118
28	Teor de aminoácidos (Aa), na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968) e em dietas <u>con</u> tendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz, e transformação em <u>ve</u> tores (Vt), para comparação pelo método de análise de componentes principais....	119

LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Temperaturas máximas e mínimas e umidade relativa, registradas em posto meteorológico, durante o período de infestação de plantas intactas de variedades de arroz com lagartas de <i>D. saccharalis</i>	30
2	Diagrama tridimensional comparativo de variedades de arroz, em função do conteúdo de aminoácidos nos colmos, pelo método de análise de componentes principais.	78
3	Relação entre número e peso de pupas de <i>D. saccharalis</i> , no 5º Experimento sobre alimentação de lagartas em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz.....	96
4	Relação entre a média geral de ganho de peso de lagartas de <i>D. saccharalis</i> e a média geral da quantidade de alimento consumido, nos experimentos de nutrição e crescimento do inseto em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz.....	103

FIGURA

Página

- 5 Freqüência de lagartas de *D. saccharalis* nos diferentes instares após 28 dias de alimentação em dietas contendo extratos aquosos de variedades de arroz. Temperatura = 30°C; UR = 70 ± 10%; fotofase = 14 h 115
- 6 Diagrama tridimensional comparativo de dietas artificiais, em função do conteúdo de aminoácidos, pelo método de análise de componentes principais..... 120

RESISTÊNCIA DE VARIEDADES DE ARROZ
À *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS, 1794)
(LEPIDOPTERA-PYRALIDAE) E SUA ASSOCIAÇÃO COM
CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS E BIOQUÍMICAS DAS PLANTAS

JOSÉ FRANCISCO DA SILVA MARTINS

- AUTOR -

JOSÉ ROBERTO POSTALI PARRA

- ORIENTADOR -

RESUMO

A pesquisa foi realizada para determinar se a resistência do tipo antibiose em arroz à *D. saccharalis* está associada a características biofísicas ou bioquímicas das plantas. Para tal, foram estudados os efeitos das variedades IAC-25, IAC-47, DD-48, Patnai-6, Ti Ho Hung, TKM-6 e Suyai-20, no crescimento de lagartas, utilizando-se três tipos de alimentos: plantas intactas cultivadas em telado; pedaços de colmos; dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas. O efeito da alimentação em pedaços de colmos e em dietas artificiais foi avaliado, em condições controladas de laboratório, através de parâmetros biológicos do inseto e dos índices nutricionais digestibilidade aproximada (AD), eficiência de conversão do ali-

mento ingerido (ECI) e eficiência de conversão do alimento digerido (ECD).

Na forma de planta intacta, as variedades IAC-25 e IAC-47 foram as mais adequadas ao crescimento das lagartas, enquanto as demais variedades causaram um efeito de antibiose reduzindo o crescimento do inseto. A técnica de infestar pedaços de colmos com lagartas revelou-se viável para discriminar as variedades quanto a resistência à *D. saccharalis*, mas não para separar os efeitos dos fatores biofísicos e bioquímicos das plantas responsáveis pela antibiose. Em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas, o efeito dos fatores biofísicos da planta foram completamente eliminados. A "inoculação" destas dietas com lagartas, recém-eclodidas, foi considerado o método mais apropriado para analisar o efeito isolado da composição química das variedades sobre o crescimento do inseto. A quantidade de dieta consumida e o valor de ECD foram os parâmetros que melhor explicaram tal efeito.

A natureza da antibiose foi determinada pelo confronto do resultado de crescimento de lagartas, em plantas intactas da variedade, com o obtido na dieta artificial correspondente: em variedades desfavoráveis ao inseto na forma de planta intacta, mas favoráveis em dieta artificial, a antibiose foi considerada ser de natureza biofísica; em variedades, desfavoráveis tanto na forma de planta intacta como em dieta artificial, a antibiose foi considerada ser pelo menos de natureza bioquímica, não sendo eliminada, entretanto a possibi

lidade de um efeito adverso também de fatores biofísicos da planta intacta.

Em dieta artificial, a variedade DD-48 foi a menos adequada ao crescimento de lagartas. Como consequência, reduziu sensivelmente as viabilidades larval, pupal e total, aumentou a porcentagem de adultos deformados e diminuiu a capacidade reprodutiva do inseto. A resistência do tipo antibio se que a variedade apresenta à *D. saccharalis*, na forma de planta intacta, está associada, entre outras causas, a características bioquímicas das plantas.

RESISTANCE OF RICE VARIETIES TO
Diatraea saccharalis (FABRICIUS, 1794)
(LEPIDOPTERA-PYRALIDAE) AND ITS ASSOCIATION WITH
BIOPHYSICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF PLANTS

JOSÉ FRANCISCO DA SILVA MARTINS

- AUTHOR -

JOSÉ ROBERTO POSTALI PARRA

- ADVISER -

SUMMARY

This research was conducted to determine whether antibiosis type resistance in rice to *D. saccharalis* is associated with biophysical and biochemical characteristics of the plants. For this, the effects of varieties IAC-25, IAC-47, DD-48, Patnai-6, Ti Ho Hung, TKM-6 and Suyai-20 on larval growth were studied, utilizing three feeding types: rice intact plants cultivated in greenhouse; stem pieces; artificial diets containing water extracts of plants. The effect of feeding on stem pieces and on artificial diets was assessed under controlled laboratory conditions through the insect's biological parameters and of the nutritional indexes approximate digestibility (AD), efficiency of conversion of ingested food (ECI), and efficiency of conversion of digested food (ECD). Under the

form of intact plant, varieties IAC-25 and IAC-47 proved to be the most adequate for larval growth, while the other varieties studied caused an antibiosis effect, reducing insect growth. The technique of infesting stem pieces with larvae indicated its feasibility for discriminating varieties as to resistance to *D. saccharalis*, but not for separating the effects of the plant's biophysical and biochemical factors responsible for the antibiosis. In artificial diets containing plant water extracts, the effect of the plant's biophysical factors was completely eliminated. The "inoculation" of these diets with recently hatched larvae was considered to be the most adequate method for analyzing the isolated effect of varietal chemical composition on insect growth. The amount of diet consumed and the ECD value were the parameters which better explained such effect. The antibiosis nature was determined by comparing larval growth results, in intact plants of the variety, with those obtained in the corresponding artificial diet: in varieties unfavorable to the insect in the form of intact plant, but favorable in artificial diet, the antibiosis was considered to be of a biophysical nature; in varieties unfavorable in both intact plant form as well as artificial diet, the antibiosis was considered to be less of a biochemical nature; however, the possibility of an adverse effect of biophysical factors of the intact plant was not eliminated. In an artificial diet, variety DD-48 was the least adequate for larval growth. As a consequence, it considerably reduced larval, pupal

and total viabilities, increased the percentage of deformed adults and decreased the reproductive capacity of the insect. The antibiosis type resistance which the variety presents to *D. saccharalis* in the form of intact plant is associated, among other causes, to biochemical characteristics of the plants.

1. INTRODUÇÃO

A broca-de-colmos, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794), no Brasil, ataca as culturas do arroz, cana-de-açúcar, milho, sorgo, trigo e algumas gramíneas utilizadas como pastagens (SILVA *et alii*, 1968). Esta praga, antes considerada de pouca importância em arrozais (ROSSETTO *et alii*, 1973), tem ultimamente prejudicado consideravelmente a cultura de arroz-de-sequeiro, na região do Brasil Central, principalmente no Estado de Mato Grosso (MARTINS *et alii*, 1981; QUEIROZ *et alii*, 1981).

Os danos causados ao arroz são constatados através dos sintomas conhecidos por "coração-morto" e "panícula-branca", respectivamente, quando as lagartas perfuram os colmos em formação, na fase vegetativa, ou aqueles já com panículas, na fase reprodutiva da cultura. No Brasil, ainda não foram estabelecidos níveis de dano econômico de *D. sacchara-*

lis em arroz, entretanto, já foi observado, pelo autor, que o número de colmos perfurados pelas lagartas é superior ao número de colmos que apresentam aqueles sintomas típicos de ataque.

Os sintomas de "coração-morto" e "panícula-branca", além de não representarem o total do nível de infestação da praga, são visíveis nos arrozais somente quando severos danos já foram causados às plantas. Ademais, devido às grandes dimensões das lavouras, é bastante difícil a realização de levantamentos apropriados, que possibilitem determinar a época ideal de adoção de medidas de controle. Assim, dentre os métodos de controle conhecidos, o uso de variedades resistentes desponta como promissor pois, além de dispensar a necessidade básica de levantamentos, para determinação do momento de controle da broca, apresenta outras vantagens importantes, que são a inexistência de custos de aplicação e redução da poluição ambiental, causada por produtos químicos, que virtualmente podem ser usados para controlar a praga.

A resistência de arroz à *D. saccharalis* já foi estudada em alguns países americanos (MARTINS, 1976). Os principais trabalhos foram baseados em conhecimentos sobre a resistência desta gramínea às espécies asiáticas de brocas-do-colmo (PATHAK *et alii*, 1971), sendo estabelecido que as plantas de arroz podem apresentar resistência à *D. saccharalis* dos tipos antibiose, tolerância e não preferência para oviposição.

As causas da resistência de arroz às brocas-do-colmo são determinadas por fatores biofísicos, que incluem ca

racterísticas morfológicas e anatômicas das plantas e/ou por fatores bioquímicos que atuam no metabolismo do inseto.

Todo o conhecimento acumulado, até o presente, sobre a resistência de arroz à *D. saccharalis*, foi obtido através de estudos cuja metodologia incluiu o uso de plantas intactas, o que não permitiu separar os efeitos de fatores biofísicos e bioquímicos dessas plantas nas causas da resistência à broca. Desta forma, com o objetivo de isolar a influência destes fatores, foram confrontados parâmetros biológicos e índices nutricionais de *D. saccharalis*, obtidos pela alimentação de lagartas em pedaços de colmos ou plantas intactas de variedades resistentes e suscetíveis à broca, com os obtidos em dietas artificiais preparadas a partir de extratos aquosos dessas plantas, onde os efeitos dos fatores biofísicos foram eliminados, permanecendo, provavelmente, os efeitos bioquímicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. RESISTÊNCIA DE ARROZ A BROCAS-DO-COLMO

As brocas-do-colmo são mais importantes como pragas do arroz, na Ásia, do que no Brasil, sendo os piralídeos *Chilo suppressalis* (Walker, 1863), *Tryporyza incertulas* (Walker, 1863), *T. innotata* (Walker, 1863), *Chilotraea polychrysa* (Meyrick, 1932), e o noctuídeo *Sesamia inferens* (Walker, 1856) as espécies mais freqüentes. O principal programa de resistência de arroz às brocas-do-colmo, foi iniciado em 1962, no International Rice Research Institute (IRRI), em Laguna, nas Filipinas (PATHAK, 1964), sendo a literatura sobre o assunto revisada por ISRAEL (1967), MUNAKATA e OKAMOTO (1967) e PATHAK (1967). Os resultados de pesquisas básicas para identificação de fatores responsáveis pela resistência às brocas foram apresentados por PATHAK *et alii* (1971).

2.2. METODOLOGIA UTILIZADA PARA DETERMINAR TIPOS DE RESISTÊNCIA DE ARROZ A BROCAS-DO-COLMO

2.2.1. ANTIBIOSE

Este tipo de resistência tem sido detectado através de variações na sobrevivência e desenvolvimento de lagartas em plantas intactas e em pedaços de colmos de variedades resistentes e suscetíveis (PATHAK *et alii*, 1971), ou em dietas artificiais, preparadas com extratos destas plantas (DAS, 1976b). Os principais efeitos da antibiose sobre as lagartas são alta mortalidade, redução na taxa de crescimento e pupação, sendo que os reflexos nos adultos são a falta de sincronização na emergência de machos e fêmeas e no acasalamento e, a redução na oviposição (PATHAK e SAXENA, 1980).

2.2.2. NÃO-PREFERÊNCIA

A existência de uma não-preferência (antixenose, segundo KOGAN e ORTMAN, 1978) para oviposição tem sido detectada, inicialmente, pela comparação do dano causado pela praga a variedades de arroz, em experimentos de campo, sob infestação natural de adultos (com múltipla escolha), com o dano causado às mesmas variedades em experimentos de telados, onde as plantas são infestadas artificialmente com lagartas, pa

ra eliminar qualquer possibilidade do dano ocorrer em consequência de uma preferência para oviposição (PATHAK, 1967). Posteriormente, ainda em telados, as variedades resistentes e suscetíveis são submetidas isoladamente a uma infestação padrão de adultos (sem múltipla escolha), visando associar o número de ovos colocados nas plantas (preferência para oviposição) com o nível de dano causado pela praga (PATHAK *et alii*, 1971). Finalmente os resultados dos três tipos de experimentos são confrontados.

2.2.3. TOLERÂNCIA

Este tipo de resistência assume maior importância quando o ataque de brocas ocorre no início da fase vegetativa da cultura; a destruição de perfilhos (colmos em formação), pode provocar o aparecimento de novos perfilhos produtivos (ISRAEL, 1967). Assim, uma tolerância tem sido facilmente identificada pela capacidade de perfilhamento das plantas, após a infestação com um número uniforme de lagartas (MARTINS, 1976).

2.3. CAUSAS DA RESISTÊNCIA

A resistência de arroz a brocas-do-colmo é

fundamentada em fatores biofísicos que incluem características morfológicas e anatômicas das plantas e em fatores bioquímicos que envolvem substâncias nutritivas e não nutritivas destas plantas (INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1964).

2.3.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DAS PLANTAS

PATANAKAMJORN e PATHAK (1967) relacionaram níveis de infestação da broca-do-colmo, *C. suppressalis* com características morfológicas de plantas de arroz: variedades com folhas pilosas foram menos preferidas para oviposição do que variedades com folhas glabras; foi constatado que na maioria das variedades resistentes, os internódios eram totalmente envolvidos pelas bainhas das folhas, o que dificultava a penetração e estabelecimento das lagartas; a altura do colmo, o número de internódios e o comprimento do terceiro internódio, foram positivamente correlacionados com a suscetibilidade à broca, pois com o aumento da altura das plantas elas se tornam mais atraentes à oviposição; a preferência para oviposição foi também diretamente associada ao comprimento e largura da folha bandeira.

Além da maior capacidade de perfilhamento de uma variedade após infestação, o número de perfilhos por planta na ocasião da infestação, assume papel importante na resistência às brocas. O microclima entre os colmos de variedades

mais perfilhadoras é importante na redução das infestações durante os estágios iniciais de crescimento da cultura; altas temperaturas e umidades relativas na base dos colmos dessas variedades desfavoreceram lagartas de primeiro ínstar de *T. incertulas*. As variedades pouco perfilhadoras foram mais danificadas durante os estágios iniciais de crescimento; durante o estágio de formação das panículas, as lagartas "atacaram" os colmos mais acima, não sendo, neste caso, afetadas pelo microclima basal da planta (ISRAEL, 1967).

O papel da pilosidade da folha na preferência para oviposição de *C. suppressalis* foi estudado nas variedades TKM-6 (resistente e com folhas pilosas) e Rexoro (suscetível e com folhas glabras). Cerca de 50% de ovos foram colocados a mais na variedade Rexoro e, esta diferença se manteve mesmo quando os pêlos das folhas da variedade TKM-6 foram removidos artificialmente. Assim, foi concluído que, pelo menos, na variedade TKM-6 (importante fonte de resistência a brocas) a pilosidade da folha não exerce influência destacada na não-preferência para oviposição (PATHAK *et alii*, 1971).

2.3.2. CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DAS PLANTAS

Variedades de arroz cujas plantas possuem uma grossa camada de tecido esclerenquimatoso próximo da epiderme, foram consideradas mais resistentes às brocas - do - colmo

(Van e Guan, 1959, citados por ISRAEL, 1967).

Segundo INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (1964), como as lagartas geralmente penetram nos colmos por entre os feixes vasculares do tecido parenquimatoso, as variedades em que a distância entre estes feixes é menor do que a largura da cabeça das lagartas, resistem mais ao ataque. Há evidências de que quando os feixes vasculares estão inseridos em tecido esclerenquimatoso, a penetração das lagartas pode ser afetada; a porcentagem da área do colmo ocupada pelos feixes vasculares foi negativamente correlacionada com a porcentagem de perfilhos infestados por lagartas de *C. suppressalis* (PATANAKAMJORN e PATHAK, 1967). Estes autores verificaram também, que variedades com a superfície do colmo encarquilhada, são geralmente menos infestadas que aquelas com a superfície lisa; nos colmos encarquilhados os feixes vasculares periféricos ficam exatamente nas carquilhas (rugas) completamente encravados em tecidos lignificados. Nas variedades com o colmo liso, somente uma parte dos feixes entra em contato com os tecidos lignificados, ficando o restante inserido na área parenquimatosa. Assim, variedades com o colmo encarquilhado têm na hipoderme, uma maior área com células de parede mais espessa (esclerenquimáticas), do que as variedades com o colmo liso.

O diâmetro interno do colmo de plantas de arroz pode se constituir em um fator de resistência às brocas; considera-se que variedades com colmos de galeria estreita são mais resistentes, pois aqueles com diâmetro interno maior fa-

cilitam a movimentação e alimentação das lagartas (PATHAK *et alii*, 1971).

2.3.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DAS PLANTAS

A composição química de plantas de arroz exerce um importante papel na resistência de variedades às brocas, especialmente relacionada com preferência para oviposição e antibiose.

MUNAKATA *et alii* (1959) isolaram da planta de arroz, a substância p-metil-acetofenona (orizanona), que atrai tanto adultos como lagartas de *C. suppressalis*.

GHOSH (1962), ao observar que a aplicação de fertilizantes nitrogenados aumentava a suculência dos colmos e folhas de plantas de arroz, encontrou uma associação positiva, entre o teor de água e o número de lagartas de *Schoenobius incertulas* Walker, nestas plantas.

ISHII *et alii* (1962) constataram que a adição de extratos aquosos de plantas de arroz em dietas artificiais incrementava o desenvolvimento de lagartas de *C. suppressalis*. Contudo, quando adicionados em excesso, os extratos afetaram negativamente o crescimento. Os ácidos aromáticos, benzóico e salicílico, foram isolados e identificados como capazes de inibir o crescimento de lagartas.

O dano à cultura do arroz, causado por brocas-

do-colmo, pode variar com o estágio de desenvolvimento das plantas. Análises do teor de nitrogênio, de carboidratos, de gorduras, de fibras e de cinzas, indicaram que o valor nutritivo dos colmos aumenta durante o crescimento vegetativo até a formação das panículas, declinando rapidamente desse ponto até a maturação dos grãos (HIRANO, 1964). Segundo este autor, a mudança do valor nutritivo estaria associada às variações estacionais do nível de nitrogênio nos colmos, e que uma alta concentração deste elemento, resultaria numa condição nutricionalmente adequada para as lagartas.

PATHAK (1964) estabeleceu uma metodologia para estudar a nutrição de brocas-do-colmo em arroz. Infestou plantas intactas (em diversos estágios de crescimento) e pedaços de colmos dessas plantas, com lagartas recém-eclodidas. Ocorreu alta mortalidade de lagartas em plantas resistentes; as lagartas criadas nessas plantas apresentaram um período larval mais prolongado e menor peso em relação às lagartas criadas em plantas suscetíveis.

A influência de fatores químicos da planta de arroz na resistência às brocas foi estudada, através do uso de extratos de plantas, obtidos com diferentes solventes (álcool metílico, água, clorofórmio e propanol). A resposta das lagartas foi medida em experimentos olfatométricos, pela exposição de pedaços de papel de filtro embebidos com os diferentes extratos. Em todos os casos, as lagartas foram mais atraídas para os papéis com extratos de plantas, principalmente os

de variedades suscetíveis às brocas (INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1966).

ISRAEL (1967) observou que variedades que liberam aromas tendem a ser mais infestadas por brocas - do - colmo que variedades sem cheiro; foi verificado, entretanto, que o aroma isoladamente não tem muito poder de atração das mariposas para oviposição. O autor baseou-se no trabalho de GHOSH (1960), o qual havia demonstrado que variedades suscetíveis que liberavam aromas, apresentavam também, plantas com maior altura e maior conteúdo de água, que são duas outras características ligadas à suscetibilidade às brocas, anteriormente citadas.

DAS (1976b) estudou a preferência para alimentação de lagartas de *C. suppressalis* e a ocorrência de fatores biofísicos e/ou bioquímicos da antibiose. O efeito da composição química das plantas foi avaliado através de dois métodos:

- a) o primeiro, consistiu em macerar, em liquidificador, pedaços de colmos das variedades Rexoro (suscetível) e TKM-6 (resistente), na proporção de 1/3 de colmos e 2/3 de água, filtrar, concentrar em vaporizador a vácuo e adicionar uma determinada quantidade do extrato numa dieta básica (com 4% de ágar, 4% de sacarose e 4% de celulose) de modo que a dieta final ficasse com uma concentração equivalente à da planta de onde foi obtido o extrato;

b) o segundo método consistiu em adicionar 600 ml de extratos aquosos de plantas de variedades resistentes (TKM-6 e Taitung 16) e suscetível (Rexoro), em outra dieta básica com celulose (12 g), glicose (6 g), sacarose (12 g), germe de trigo (12 g), cloreto de colina (0,6 g), colesterol (0,25 g), ácido ascórbico (1,2 g), ácido sórbico (1,2 g), cinza de planta da variedade correspondente ao tratamento (2,4 g), pó inerte de plantas da variedade Rexoro (30 g) e ágar (6 g).

No primeiro teste, as lagartas exibiram uma preferência marcante pelo extrato da variedade Rexoro em relação ao da TKM-6. Contudo, não ocorreu alimentação em meio sem extrato (testemunha), indicando, que mesmo a variedade resistente pode estimular a alimentação da lagarta. No segundo teste, o peso médio de lagartas alimentadas nas dietas com as variedades Taitung 16, TKM-6 e Rexoro, foi de 35,3; 51,5 e 52,7 mg, respectivamente, demonstrando que o extrato da TKM-6 não exerceu nenhum efeito adverso sobre o crescimento larval. Assim, foi concluído, que a resistência, do tipo antibiose que a variedade TKM-6 apresenta (DAS, 1976a) é provavelmente, devida a fatores biofísicos existentes na planta intacta.

Ainda, segundo DAS (1976b), a resistência do tipo antibiose em Taitung 16, ao contrário de TKM-6, é provavelmente devida a um fator bioquímico solúvel em água que foi nocivo às lagartas. O teor total de fenóis, em microgramas por grama de planta fresca, determinado em Taitung 16 foi 0,221,

comparado a 0,099 e 0,127 em TKM-6 e Rexoro, respectivamente; isso levou o autor a concluir sobre a possibilidade do alto teor de fenóis, na primeira variedade, ser um fator bioquímico responsável pela sua resistência do tipo antibiose.

A causa da não-preferência para oviposição de *C. suppressalis* na variedade resistente TKM-6 foi comprovada ser de natureza bioquímica, visto que ocorreu oviposição em tecidos cobertos com extratos de folhas da variedade Rexoro (suscetível), mas não nos tecidos cobertos com extratos da variedade TKM-6 (INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1976). Em outro estudo (INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1977), foi determinada uma redução do número de ovos colocados em plantas da variedade Rexoro, quando estes foram pulverizados com extratos foliares da variedade TKM-6; ao contrário, muito mais ovos foram colocados em plantas de TKM-6 pulverizadas com extratos da variedade Rexoro. A eclosão de lagartas foi afetada quando os ovos (logo após a postura) foram acondicionados em tecido umedecido com extrato foliar de TKM-6.

VIDYACHANDRA *et alii* (1981) utilizaram o método de liofilização de colmos de arroz para estabelecer diferenças bioquímicas entre variedades suscetíveis e resistentes à broca-do-colmo, *T. incertulas*. A variedade IR-8 (suscetível), teve maior teor de aminoácidos, fenóis e açúcares que as variedades TKM-6 (resistente) e Ratna (moderadamente resistente). Não foi estabelecida, entretanto, a associação entre

níveis das substâncias e resistência das variedades à broca.

2.4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SOLO E RESISTÊNCIA A BROCAS-DO-COLMO

2.4.1. pH

Os efeitos do pH do solo na suscetibilidade de arroz às brocas-do-colmo foram estudados por Israel e Rao (1962), citados por ISRAEL (1967). O nível de infestação geralmente foi alto em culturas onde o solo era ácido (pH = 4,0 a 4,8) e baixo quando o solo era neutro (pH = 6,0) ou alcalino (pH = 8,0).

2.4.2. NITROGÊNIO

O dano causado às plantas de arroz por brocas-do-colmo está associado diretamente ao aumento de doses de nitrogênio aplicadas na cultura (GHOSH, 1962; HIRANO, 1964; ISHII, 1967; ISRAEL, 1967; SUBBARAO e PERRAJU, 1976; LA WANI, 1982).

2.4.3. POTÁSSIO

HIRANO e ISHII (1961) e ISHII (1967) observaram não haver uma relação definida entre as doses de potássio aplicadas na cultura do arroz e o crescimento de lagartas de *C. suppressalis*. NARAYANASAMY *et alii* (1976) e SUBBARAO e PERAJU (1976), entretanto, constataram que a população de *T. incertulas* foi significativamente menor em condições de altos níveis de potássio.

2.4.4. FÓSFORO

Aplicações de altas doses de fertilizantes à base de fósforo em campos de arroz, apresentaram segundo HIRANO e ISHII (1959) e ISHII (1967), pouco efeito no crescimento de lagartas de *C. suppressalis*. A população de *T. incertulas*, entretanto, teve um aumento significativo quando a cultura foi submetida a altas doses de fósforo (NARAYANASAMY *et alii*, 1976).

2.4.5. SÍLICA

A sílica interfere na resistência de arroz às brocas-do-colmo. NAKANO *et alii* (1961) constataram que as in-

festações de brocas em arrozais foram elevadas quando o teor de sílica no solo era baixo (8,9 mg/100 g); em solos com maior teor (17,4 mg/100 g), as infestações foram menores. SASAMOTO (1961) observou que a elevação do dano causado ao arroz, por *C. suppressalis*, devido à aplicação de nitrogênio como fertilizante, podia ser evitada e a produção aumentada se, junto com o elemento, fossem aplicados silicatos no solo.

A sílica torna as plantas de arroz mais resistentes porque desgasta as mandíbulas das lagartas, interferindo na alimentação e penetração nos colmos, provocando, conseqüentemente, alta mortalidade (DJAMIN e PATHAK, 1967; SUBBARAO e PERRAJU, 1976). O desgaste de mandíbulas também foi constatado quando lagartas de *C. suppressalis* foram alimentadas em dieta artificial contendo 10% de sílica (DRAVÉ e LAUGE, 1978).

2.4.6. SÓDIO

SUBBARAO e PERRAJU (1976) associaram a resistência de arroz à *T. incertulas* com baixo conteúdo de sódio nas plantas.

2.4.7. ZINCO

AWADALLAH e MAXIMOS (1978) estudaram a intera-

ção dos efeitos de zinco, nitrogênio e fósforo sobre os danos causados ao arroz por *Chilo agamemnon* Bleszynski. Em plantas adubadas com nitrogênio, mas sem adubação fosfatada, a aplicação de zinco condicionou um aumento do nível de infestação da broca.

2.5. RESISTÊNCIA DE ARROZ À *Diatraea saccharalis* (FABRICIUS, 1794)

O volume de conhecimentos sobre a resistência de arroz à *D. saccharalis* é bem menor que o acumulado a respeito de outras espécies de brocas - do - colmo que ocorrem fora do continente americano. De uma maneira geral, entretanto, tem sido demonstrado que os fatores da planta e do meio envolvidos na resistência à *D. saccharalis* são bastante similares àqueles indicados para as outras espécies de brocas que atacam o arroz.

Em estudos iniciais, a suscetibilidade de arroz à *D. saccharalis* foi diretamente associada ao tamanho dos colmos (DOUGLAS e INGRAN, 1942; JODON e INGRAN, 1948; PUGLIESE, 1954) e à altura das plantas (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1971 e 1972). As maiores infestações, de uma maneira geral, foram observadas em plantas, com colmos grossos e mais altos.

No Estado de Louisiana (EUA), foram identificadas linhagens de arroz promissoras como fontes de resistência

à *D. saccharalis* (OLIVER *et alii*, 1972 e 1973); a linhagem 1584, foi a mais resistente, a variedade TKM-6 apresentou resistência moderada, sendo as variedades Saturn e Gulfrose as mais suscetíveis. OLIVER e GIFFORD (1975) compararam o peso de lagartas de *D. saccharalis* desenvolvidas em plantas da variedade Saturn (suscetível) com o peso das lagartas criadas em plantas de seis linhagens de arroz; nas linhagens 1541 e 1584 foram encontradas lagartas mais leves, enquanto as mais pesadas na variedade Saturn. Os autores concluíram que uma resistência do tipo antibiose estava envolvida.

Estudo feito no Brasil, em condições de laboratório, sobre a preferência para oviposição de *D. saccharalis* em arroz (MARTINS *et alii*, 1977a) demonstrou que: a pubescência das folhas ou um fator associado a ela exerceu uma influência negativa na oviposição; as mariposas preferiram ovipositar na metade superior das plantas e colocaram mais ovos nas variedades mais altas. MARTINS *et alii* (1977b) compararam, em casa-de-vegetação, a resistência a lagartas de *D. saccharalis*, apresentada por variedades comerciais de arroz com a apresentada por germoplasma introduzido como resistente a brocas-do-colmo. O mais destacado tipo de resistência consistiu na tolerância aos danos, avaliada através dos perfilhos emitidos pelas plantas, após a infestação com lagartas de primeiro instar. Algumas variedades foram também desfavoráveis à sobrevivência e ao crescimento das lagartas. As variedades brasileiras mostraram menor capacidade de perfilhamento, tendo sido

as mais suscetíveis, com exceção da variedade Canela de Ferro, que condicionou uma redução na sobrevivência de lagartas. As variedades Suyai-20, Chiang an Tsao Pai Ku, Ti Ho Hung, TKM-6, C-409 e as linhagens 1541, 1584 e 3604 foram as mais resistentes, e fizeram parte do material introduzido como fonte de resistência a brocas. A variedade Suyai-20, além de ter sido a mais desfavorável à sobrevivência de lagartas, foi a mais tolerante aos danos.

VIEIRA (1980) comparou a suscetibilidade de variedades de arroz à *D. saccharalis*, em culturas irrigadas no Estado do Rio Grande do Sul. A variedade Formosa foi a menos danificada e o autor questionou sobre a possibilidade da sua resistência estar associada às características da planta, quais sejam: porte baixo, menor diâmetro dos colmos (interno e externo) e maior envolvimento dos internódios pela bainha das folha.

Em arroz irrigado, a suscetibilidade das plantas à *D. saccharalis* aumenta com a elevação das doses de nitrogênio (MARTINS *et alii*, 1978); em arroz de sequeiro, entretanto, esta relação não foi encontrada (MARTINS *et alii*, 1981).

A relação entre características morfológicas da planta de arroz e, resistência à *D. saccharalis* foi estudada (em condições de cultura de sequeiro) por MARTINS *et alii* (1981). A porcentagem de colmos atacados pela broca foi diretamente correlacionada com a altura das plantas, com o número e comprimento dos internódios e com o diâmetro interno e ex-

terno dos colmos; ao contrário, foi negativamente correlacionada com o grau de perfilhamento das plantas. Ocorreu uma tendência de variedades com folhas pilosas serem menos danificadas. As variedades IAC-25 e IAC-47 apresentaram a maioria das características morfológicas associadas com a suscetibilidade à broca e foram bastante danificadas.

2.6. CONSUMO E UTILIZAÇÃO DE ALIMENTO POR BROCAS-DO-COLMO DO ARROZ

Os principais trabalhos sobre nutrição quantitativa de brocas-do-colmo do arroz envolveram a espécie *C. suppressalis*; os nutrientes exigidos pela lagarta (minerais, aminoácidos, carboidratos, lipídeos e vitaminas), estão bem definidos, e são semelhantes àqueles para a maioria das espécies de insetos. Entre estes nutrientes, entretanto, os carboidratos e as proteínas demonstram ser mais importantes quantitativamente, devido estarem presentes em altos níveis na planta de arroz e serem exigidos em altas concentrações no alimento das lagartas (HIRANO e ISHII, 1962; HIRANO, 1964).

Esses autores quantificaram a exigência de carboidratos e proteínas pelas lagartas de *C. suppressalis* adotando, pela primeira vez, uma técnica para medir o consumo e utilização de alimento por uma espécie de broca-do-colmo do arroz, utilizando os seguintes parâmetros e índices nutricio

nais:

. alimento consumido = $A - B$;

. alimento utilizado = $\frac{A - B - C}{A - B} \times 100$;

. eficiência de conversão do alimento utilizado =

$$= \frac{D}{A - B - C} \times 100;$$

. utilização dos constituintes = $\frac{(A - B)x - Cy}{(A - B)x} \times 100$;

onde, A = peso seco do alimento fornecido; B = peso seco da sobra de alimentos; C = peso seco de fezes; D = ganho de peso seco da lagarta durante o período de alimentação; x e y = concentrações de cada constituinte (carboidrato ou proteína), no alimento e nas fezes, respectivamente.

WALDBAUER (1968) revisou a literatura de nutrição quantitativa de insetos fitófagos, visando especialmente a padronização de índices para este tipo de estudo e, considerou como mais importantes os seguintes índices:

. Índice de consumo (CI) = $\frac{PI}{PM \times T}$ que representa a quanti-

dade, em gramas, de alimento que o inseto consome por grama de peso vivo, num dia;

. Razão de crescimento (GR) = $\frac{GP}{PM \times T}$ que representa o aumento de peso do inseto por grama de peso vivo, num dia;

. Digestibilidade aproximada (AD) = $\frac{PI - PF}{PI} \times 100$ que representa a facilidade com que o alimento consumido foi digerido pelo inseto;

. Eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI) = $\frac{GP}{PI} \times 100$ que representa a porcentagem do alimento consumido que se transforma em substância do corpo do inseto;

. Eficiência de conversão do alimento digerido (ECD) = $\frac{GP}{PI - PF} \times 100$ que representa a porcentagem do alimento digerido que foi assimilado pelo inseto.

Nesses índices, T = duração do período de alimentação; PM = peso médio do inseto durante T; GP = ganho de peso do inseto durante T; PI = peso do alimento ingerido durante T; PF = peso de fezes produzidas durante T.

Entre os fatores bioquímicos que interferem na relação da planta de arroz com brocas-do-colmo, estão incluídas substâncias nutritivas e não nutritivas (ISHII, 1971). Algumas substâncias não nutritivas das plantas conhecidas, também, por aleloquímicos (MAXWELL e JENNINGS, 1980) são capazes de in-

fluenciar o crescimento e o desenvolvimento dos insetos e podem interagir com os nutrientes essenciais do alimento. Estas interações têm sido determinadas através de índices nutricionais (REESE, 1977), especialmente AD, ECI e ECD.

Esse tipo de estudo pode facilitar a identificação das causas da resistência através da associação entre consumo, aproveitamento do alimento e desenvolvimento do inseto (PARRA, 1980).

Recentemente SLANSKY e SCRIBER (1982) compilaram a bibliografia sobre a utilização quantitativa de alimento por insetos imaturos, sendo que nesta compilação, além do trabalho de HIRANO e ISHII (1962), nenhum outro sobre a nutrição de brocas-do-colmo em material de arroz, foi relacionado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP. O material genético de arroz estudado, abrange variedades resistentes e suscetíveis a brocas-do-colmo, em condições de planta intacta (Tabela 1). Três tipos gerais de experimentos foram realizados usando lagartas de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) em diferentes estádios de desenvolvimento: infestação de plantas intactas; infestação de pedaços de colmos; "inoculação" de dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas. As lagartas foram fornecidas pelo Laboratório de Entomologia da Usina Santa Bárbara, Santa Bárbara d'Oeste, SP; a dieta artificial usada para a criação das lagartas consta na Tabela 2.

Tabela 1 - Variedades de arroz resistentes e suscetíveis a brocas-do-colmo, em condições de planta intacta.

Variedades	Espécie de broca-do-colmo	
	<i>C. suppressalis</i> ¹	<i>D. saccharalis</i> ²
IAC-25	N ³	suscetível
IAC-47	N	suscetível
DD-48	resistente	I ³
Patnai-6	resistente	I
Ti Ho Hung	resistente	resistente
TKM-6	resistente	resistente
Suyai-20	resistente	resistente

¹ PATHAK e KHUSH (1975).

² MARTINS (1976).

³ Material não-testado (N) e reação indefinida (I).

Tabela 2 - Dieta artificial utilizada no Laboratório de Entomologia da U-
sina Santa Bárbara para criação de lagartas de *D. saccharalis*.

Ingredientes	Quantidade em 1 litro
Germe de trigo	31,06 g
Caseína	31,06 g
Sacarose	51,76 g
Sais de Wesson	10,35 g
Ácido ascórbico	4,14 g
Metil p-hidroxibenzoato (nipagin)	1,55 g
Cloridrato de colina	1,04 g
Penicilina	0,56 g
Formaldeído (37,2%)	1,15 ml
Ácido acético glacial (99,7%)	1,15 ml
Solução vitamínica ¹	11,50 ml
Ágar	20,71 g
Água	833,96 ml

¹ A solução vitamínica consta das seguintes vitaminas dissolvidas em 1000 ml de água destilada: niacinamida (1,0 g); pantotenato de cálcio (1,0g); riboflavina (0,5 g); tiamina (0,25 g); piridoxina (0,25 g); ácido fólico (0,1 g); biotina (0,02 mg); vitamina B₁₂ (1000 mg/cc) (2,0 ml).

3.1. INFESTAÇÃO DE PLANTAS INTACTAS COM LAGARTAS DE PRIMEIRO ÍNSTAR

Foi instalado um experimento em condições de telado, com plantas mantidas em vasos de alumínio, com capacidade de 2 litros, contendo solo do tipo Latossolo vermelho ortox, série "Luiz de Queiroz". A adubação foi feita com 100 ppm de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio, 150 ppm de fósforo, na forma de superfosfato simples e 100 ppm de potássio, na forma de cloreto de potássio. O nitrogênio foi usado parceladamente, sendo 70% misturado ao solo no dia da semeadura e 30% dissolvido em água, 25 dias após. Dez sementes foram colocadas em cada vaso; aos 20 dias após a semeadura foi feito um desbaste para que cada vaso ficasse com as quatro melhores plantas.

A parcela experimental consistiu de um vaso e o delineamento foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos que constaram das variedades IAC-25, IAC-47, DD-48, Patnai-6, Ti Ho Hung e TKM-6, num total de seis repetições. Aos 65 dias após a semeadura, foi contado o número de colmos por vaso, para o estabelecimento dos blocos; em seguida, as quatro plantas de cada vaso foram infestadas com um total de 25 lagartas recém-eclodidas de *D. saccharalis*, colocadas próximas às aurículas das folhas com auxílio de um fino pincel umedecido. As pontas das folhas mais compridas foram cortadas para evitar a fuga de lagartas e/ou a passagem das mesmas de um

vaso para outro. Passados 25 dias, as plantas foram dissecadas, para determinação do diâmetro interno dos colmos, contagem dos normais e danificados e, registro do peso e sobrevivência de lagartas.

As condições diárias de temperatura e umidade relativa, que ocorreram no transcorrer do experimento, estão apresentadas na Figura 1 e foram registradas no Posto meteorológico do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ, distante aproximadamente 300 m do telado onde foi conduzido o experimento.

3.2. INFESTAÇÃO DE PEDAÇOS DE COLMOS COM LAGARTAS

Três experimentos foram realizados em câmaras climatizadas (temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h), com a finalidade de estudar a nutrição quantitativa de *D. saccharalis* em colmos de arroz. Para tal, foram determinados os índices nutricionais digestibilidade aproximada (AD) e eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI) e do alimento digerido (ECD), propostos por WALDBAUER (1968), cujas fórmulas são:

$$AD = \frac{PI - PF}{PI} \times 100;$$

Figura 1 - Temperaturas máximas e mínimas e umidade relativa, registradas em posto meteorológico, durante o período de infestação de plantas intactas de variedades de arroz com lagartas de *D. saccharalis*.

$$ECI = \frac{GP}{PI} \times 100;$$

$$ECD = \frac{GP}{PI - PF} \times 100;$$

nestes índices, PI é o peso do alimento ingerido durante o período de alimentação; PF é o peso das fezes produzidas e GP é o ganho de peso do inseto.

3.2.1. 10 EXPERIMENTO

Pedaços de colmo, de 4 cm de comprimento foram obtidos em plantas (com 75 dias de idade¹) das variedades IAC-25, IAC-47, DD-48, Patnai-6, Ti Ho Hung e TKM-6, na parte do colmo, coberta pela bainha da primeira folha. As variedades foram estudadas em delineamento experimental de tratamentos inteiramente casualizados com oito repetições. Cada parcela experimental consistiu de um tubo de ensaio esterilizado, com 8,5 cm de altura e 2,3 cm de diâmetro, tendo no fundo, dois pedaços de rolo dental Johnson's, umedecidos com água destilada, para manutenção da umidade e conservação dos colmos; em cada tubo (tamponado com algodão hidrófobo) foram colocados dois pedaços de colmo (lavados em água destilada) e, duas lagartas de *D. saccharalis*. As lagartas usadas para infestação

¹ A idade das plantas, neste e nos demais experimentos, foi considerada a partir da data da sementeira.

de cada tratamento alimentaram-se por um período de dez dias (a partir da eclosão) em plantas intactas da variedade que deu origem ao tratamento.

Foram feitas duas reposições de alimento nos tubos, em intervalos de quatro dias, utilizando-se então colmos de plantas com 79 e 83 dias de idade, respectivamente. O resto do alimento anterior e as fezes permaneceram nos tubos durante cada reposição. Quatro dias após a segunda reposição de alimento, o experimento foi encerrado.

3.2.2. 2º EXPERIMENTO

Neste experimento foi empregado o mesmo delineamento experimental do anterior e os pedaços de colmo também foram obtidos em plantas com 75 dias de idade. Algumas modificações, entretanto, foram introduzidas na metodologia: o comprimento dos pedaços de colmo foi aumentado para 5 cm; o número de repetições foi aumentado para 12 e os tratamentos reduzidos para quatro e constaram das variedades IAC-25, IAC - 47, DD-48 e TKM-6; as parcelas experimentais consistiram de caixas plásticas circulares esterilizadas, com 2 cm de altura e 6 cm de diâmetro, cujo fundo foi coberto com papel de filtro umedecido com água destilada; um pedaço de colmo, foi colocado em cada caixa juntamente com uma lagarta de *D. saccharalis*; as lagartas usadas para infestação, antes alimentaram-se por

um período de 15 dias, a partir da eclosão, em plantas intactas da variedade Patnai-6 (não incluída como tratamento).

Foram feitas três reposições de alimento nas caixas plásticas, a intervalos de quatro dias, utilizando-se, por conseguinte, colmos de plantas com 79, 83 e 87 dias de idade, respectivamente; nem o alimento remanescente, e nem as fezes foram retiradas durante as reposições dos novos pedaços de colmo. As caixas plásticas, onde a lagarta morreu ainda durante o período de experimentação, foram guardadas em geladeira e reunidas às demais ao término do experimento, que ocorreu dois dias após a última reposição de alimento.

3.2.3. 3º EXPERIMENTO

A metodologia do terceiro experimento foi a mesma empregada no segundo experimento, com exceção para os seguintes aspectos: os pedaços de colmo foram obtidos em plantas com 65 dias de idade; nos tratamentos, a variedade IAC-47 foi substituída pela variedade Suyai-20; as parcelas experimentais consistiram de tubos de vidro conforme descritos no primeiro experimento (item 3.2.1.); cinco pedaços de colmo, foram colocados nos tubos e infestados com duas lagartas alimentadas anteriormente por um período de 15 dias, a partir da eclosão, na dieta artificial apresentada na Tabela 2.

Foi realizada somente uma reposição de alimen-

to três dias após o início do experimento, obtendo-se colmos em plantas com 68 dias de idade. Quatro dias após, esta reposição de alimento, o experimento foi encerrado.

Em todos os três experimentos, os pedaços de colmo e as lagartas tiveram o peso (inicial) da matéria fresca registrado, antes da colocação nos tubos de ensaio ou nas caixas plásticas.

3.3. ALIMENTAÇÃO DE LAGARTAS EM DIETAS ARTIFICIAIS CONTENDO EXTRATOS AQUOSOS DE PLANTAS

Cinco experimentos sobre a nutrição quantitativa de *D. saccharalis* em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz, foram realizados em condições de laboratório (temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h), determinando-se também os índices nutricionais AD, ECI, ECD, propostos por WALDBAUER (1968).

As plantas foram obtidas pela maneira já descrita no item 3.2. Baseando-se na dieta artificial proposta por HENSLEY e HAMMOND (1968), para *D. saccharalis* (Tabela 3), foi padronizada, para o estudo, um tipo de dieta contendo extrato aquoso de plantas (Tabela 4). Nessa dieta, os ingredientes, ágar (responsável pela consistência), sacarose (fagoestimulante), aureomicina, formaldeído e nipagin (anticontaminantes) e o ácido ascórbico (antioxidante), foram aumentados

20,0 $\pm$ 0,98% em relação à quantidade original na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968). Entretanto, a quantidade dos ingredientes, sais de Wesson, caseína, germe de trigo, cloreto de colina e solução vitamínica, os quais contêm compostos essenciais para o crescimento do inseto, foi reduzida em 70,1 $\pm$ 0,18%.

A água destilada foi regulada de acordo com a variação na quantidade total dos ingredientes na dieta e com a adição dos extratos aquosos. Seis dietas deste tipo foram preparadas com extratos aquosos de plantas das variedades IAC - 25, IAC-47, DD-48, Patnai-6, Ti Ho Hung e TKM-6. Assim, para a obtenção de 1 litro de dieta correspondente a cada variedade de arroz, foi adotado o seguinte procedimento geral:

- a) maceraram-se, em liquidificador, 300 g de colmos (incluindo a bainha das folhas) adicionando-se 675 ml de água destilada;
- b) separou-se a fibra através de uma peneira e fitrou-se o extrato em um tecido fino, tipo "voil";
- c) misturaram-se, em liquidificador, 560 ml do extrato aquoso aos demais componentes secos da dieta, pipetando-se a solução vitamínica e o formaldeído na mistura em preparação;
- d) aqueceu-se a água destilada até a fervura e misturou-se o ágar com o auxílio de um agitador elétrico;

e) juntou-se (usando-se o agitador elétrico), a primeira mistura ao ágar quando este atingia a temperatura de 60°C.

Além das duas dietas artificiais citadas anteriormente (Tabelas 3 e 4), uma terceira (Tabela 5) foi incluída no estudo, sendo baseada também na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968). Foi preparada pela mistura da mesma quantidade dos ingredientes indicados na Tabela 4. Entretanto, os 560 ml de extrato aquoso de planta de arroz foram substituídos, em igual quantidade, por água destilada.

Tabela 3 - Ingredientes da dieta artificial para *D. saccharalis*, proposta por HENSLEY e HAMMOND (1968).

Ingredientes	Quantidade em 1 litro
Água destilada.....	846,23 ml
Aureomicina.....	0,27 g
Sais de Wesson.....	9,78 g
Caseína.....	29,33 g
Sacarose.....	48,88 g
Germe de trigo.....	29,33 g
Cloreto de colina.....	0,98 g
Ácido ascórbico.....	3,91 g
Formaldeído (37,2%).....	0,49 ml
Metil p-hidroxibenzoato (nipagin).....	1,47 g
Solução vitamínica ¹	9,78 ml
Ágar.....	19,55 g

¹ A solução vitamínica consta das seguintes vitaminas dissolvidas em 1000 ml de água destilada: niacinamida (1,0 g); pantotenato de cálcio (1,0g); riboflavina (0,5 g); tiamina (0,25 g); piridoxina (0,25 g); ácido fólico (0,1 g); biotina (0,02 mg); vitamina B₁₂, 1000 mg/cc (2,0 ml).

Tabela 4 - Dieta artificial para *D. saccharalis*, contendo extrato aquoso de plantas de arroz.

Ingredientes	Quantidade em 1 litro
Extrato aquoso de planta.....	560,00 ml
Aureomicina.....	0,32 g
Sais de Wesson.....	2,93 g
Caseína.....	8,80 g
Sacarose.....	58,50 g
Germe de trigo.....	8,80 g
Cloreto de colina.....	0,29 g
Ácido ascórbico.....	4,70 g
Formaldeído (37,2%).....	0,59 ml
Metil p-hidroxibenzoato (nipagin).....	1,76 g
Solução vitamínica.....	2,93 ml
Água destilada.....	327,00 ml
Ágar.....	23,38 g

Tabela 5 - Dieta incompleta para *D. saccharalis*, preparada através da alteração da quantidade original dos ingredientes da dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968).

Ingredientes	Quantidade em 1 litro
Água destilada.....	887,00 ml
Aureomicina.....	0,32 g
Sais de Wesson.....	2,93 g
Caseína.....	8,80 g
Sacarose.....	58,50 g
Germe de trigo.....	8,80 g
Cloreto de colina.....	0,29 g
Ácido ascórbico.....	4,70 g
Formaldeído (37,2%).....	0,59 ml
Metil p-hidroxibenzoato (nipagin).....	1,76 g
Solução vitamínica.....	2,93 ml
Ágar.....	23,38 g

Após a preparação, as dietas foram colocadas, ainda quentes, em tubos de vidro (8,5 cm de comprimento x 2,3 cm de diâmetro), tamponados com algodão hidrófobo, previamente esterilizados (à 150°C durante 90 minutos). Cada tubo recebeu em torno de dez gramas de dieta e a "inoculação" das lagartas de *D. saccharalis* foi feita com um pincel fino, umedecido em água destilada, segundo a técnica descrita por PARRA (1979).

Em todos os cinco experimentos, foi adotado o delineamento de tratamentos inteiramente casualizados; as especificações de cada experimento, entretanto, são apresentadas a seguir.

3.3.1. 1º EXPERIMENTO

Os extratos aquosos foram obtidos de plantas com 63 dias de idade; neste experimento preliminar, a fibra não foi separada dos macerados de colmo, e participou, portanto, da composição das dietas. Os tratamentos constaram das dietas correspondentes às seis variedades de arroz. Foram "inoculados" 25 tubos de cada tratamento, com lagartas que alimentaram-se anteriormente (a partir da eclosão) durante seis dias na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968), sendo o período de alimentação das lagartas, nas dietas, de 24 dias.

3.3.2. 20 EXPERIMENTO

Foram utilizadas plantas com 73 dias de idade; a partir deste experimento a fibra passou a ser separada do macerado de colmos. Além das seis dietas, do experimento anterior, foi incluída como tratamento a dieta que consta na Tabela 5, preparada através da alteração da quantidade original dos ingredientes da dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968). Foram "inoculados" 20 tubos de cada tratamento, com o mesmo tipo de lagarta descrito anteriormente (item 3.3.1.), sendo o experimento concluído 21 dias após.

3.3.3. 30 EXPERIMENTO

Neste experimento foram comparadas somente dietas preparadas com plantas de 68 dias de idade das seis variedades de arroz. Foram "inoculados" 30 tubos por tratamento, com lagartas do mesmo tipo usado nos dois experimentos anteriores. Após 17 dias, 20 tubos de cada tratamento foram abertos para estudar o consumo e a utilização do alimento pelas lagartas; os outros dez tubos foram mantidos em observação mais 43 dias (total de 60 dias), para estudar aspectos biológicos referentes à formação de pupas e emergência de adultos.

3.3.4. 4º EXPERIMENTO

A metodologia empregada neste experimento foi praticamente idêntica à do experimento anterior; a única diferença consistiu no fato de que as lagartas usadas para "inoculação" antes de serem colocadas nos tubos com dieta, alimentaram-se por um período de seis dias (a partir da eclosão) em plantas intactas da variedade que deu origem ao tratamento.

3.3.5. 5º EXPERIMENTO

Para obtenção dos extratos aquosos foram usadas plantas com 65 dias de idade. Foram "inoculados" 60 tubos de cada uma das seis dietas de arroz, com lagartas de primeiro ínstar, recém-eclodidas. Passados 27 dias da inoculação, foram abertos 30 tubos, de cada tratamento, para avaliar a alimentação das lagartas; os 30 tubos restantes permaneceram em observação por mais 43 dias (total de 70 dias), também, para registrar aspectos biológicos relativos a pupas e adultos.

3.4. NUTRIÇÃO E CICLO BIOLÓGICO DE *D. saccharalis* EM DIETAS ARTIFICIAIS CONTENDO EXTRATOS AQUOSOS DE PLANTAS

O efeito da alimentação de lagartas de *D. sac-*

charalis, em dietas contendo extratos aquosos de plantas de arroz (Tabela 3), sobre o ciclo biológico do inseto, foi estudado, empregando os mesmos índices nutricionais indicados no item 3.2. Para tal, foi realizado um experimento em câmara climatizada (regulada na temperatura de 30°C, UR de 70 ± 10% e fotofase de 14 h), no delineamento de tratamentos inteiramente casualizados. Foram comparadas as dietas preparadas com plantas das variedades IAC-25, IAC-47 e DD-48, sendo a dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968), usada como tratamento padrão. Os extratos aquosos foram obtidos de colmos de plantas com 72 dias de idade, sendo preparados 205 tubos de dieta de cada variedade de arroz e 160 tubos com a dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968). A "inoculação" foi feita com lagartas de primeiro instar, recém-eclodidas. Devido ao desenvolvimento mais rápido das lagartas na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968), o estudo de consumo e utilização de alimento foi feito somente nas dietas de arroz, através da observação de 45 tubos de cada tratamento, aos 28 dias após a inoculação, ocasião em que se formaram as primeiras pupas. Os 160 tubos restantes de cada dieta de arroz mais os com a dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968), foram mantidos em observação por um período máximo de 80 dias (a partir da inoculação), para registro de parâmetros referentes ao ciclo biológico do inseto.

3.5. PARÂMETROS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO DA NUTRIÇÃO DE *D. saccharalis* EM PEDAÇOS DE COLMOS E EM DIETAS ARTIFICIAIS

3.5.1. CONSUMO E UTILIZAÇÃO DE ALIMENTO E CRESCIMENTO DE LAGARTAS

Ao término do período de alimentação de lagartas, estabelecido para cada experimento, foram determinados os seguintes parâmetros:

- (a) largura da cápsula cefálica de lagartas, medida através de uma ocular graduada Bauch & Lomb adaptada a um microscópio-estereoscópico Wild M4A, para determinação do ínstar em que se encontrava a lagarta;
- (b) peso de matéria seca do alimento ingerido (PI), peso de matéria seca de fezes (PF) e ganho de peso de matéria seca de lagartas (GP); para isso, o resto de alimento e as fezes (após separados), e as lagartas foram secos em estufa à 55°C (no máximo durante 15 dias para os experimentos com colmos e 30 dias para os com dietas artificiais, até atingirem o peso constante); o PI foi determinado pela diferença entre o peso seco do alimento fornecido (AF) e peso seco da sobra do alimento; o AF foi encontrado multiplicando o peso total do alimento fresco fornecido por um fator de correção referente à perda de água total do ali-

mento; o cálculo do fator de correção foi feito dividindo-se o peso seco do alimento contido em parcelas-testemunhas (sem lagartas) pelo peso fresco do alimento da mesma parcela; para isso, nos experimentos com pedaços de colmos e com dietas artificiais foram mantidas, sem infestação, quatro e dez parcelas experimentais de cada tratamento, respectivamente; o PF foi determinado diretamente pela secagem de fezes, obtidas ao final dos experimentos; o GP (ganho de peso seco de lagartas) foi determinado pela diferença entre as médias, do peso seco final e do peso seco inicial de lagartas; para calcular o peso seco inicial de lagartas, por ocasião da instalação do experimento, foi determinado o peso fresco de 25 lagartas representativas da população utilizada para infestação do alimento; essas lagartas foram imediatamente secas em estufa à 55°C; a divisão do peso seco destas lagartas pelo peso fresco resultou no fator que multiplicado pelo peso fresco inicial das lagartas colocadas a se alimentarem, indicou o peso seco inicial das mesmas; esse tipo de determinação foi realizado somente nos experimentos com pedaços de colmo, onde o peso inicial de lagartas foi levado em consideração para a análise de resultados; nos experimentos com dietas artificiais o tamanho das lagartas foi padronizado sendo o peso inicial considerado igual a zero.

Com os parâmetros de alimentação PI, PF e GP foram calculados os índices ECD, ECI e AD, conforme definidos por WALDBAUER (1968) e apresentados no item 3.2.

3.5.2. PARÂMETROS BIOLÓGICOS INERENTES A LAGARTAS, PUPAS E ADULTOS

Para determinar a influência dos diferentes tipos de dietas artificiais sobre alguns aspectos biológicos de *D. saccharalis*, foram registrados na fase de lagarta, pupa e adulto, os seguintes parâmetros:

(a) lagartas:

- . fagoestimulação (porcentagem de lagartas que iniciaram alimentação);
- . duração da fase larval;
- . viabilidade larval.

(b) pupas:

- . peso (registrado 24 horas após a transformação);
- . duração da fase pupal;
- . viabilidade pupal.

(c) adultos:

- . porcentagem de indivíduos com asas deformadas;
- . viabilidade total;
- . número de indivíduos machos e fêmeas;
- . período de pré-oviposição;
- . fecundidade;
- . viabilidade de ovos;
- . longevidade.

As pupas, foram retiradas dos tubos com dieta, 24 horas após a transformação, quando foi realizada a pesagem; posteriormente, foram mantidas nos mesmos tubos de vidro, porém sem dieta, até a emergência dos adultos.

O acasalamento dos adultos foi feito em câmara climatizada (temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h), dentro de tubos (secção de canos de PVC rígido), com 25 cm de altura e 10 cm de diâmetro e de coloração branca. Na base do tubo foi colocada uma placa de Petri revestida com papel de filtro levemente umedecido (diariamente) com água destilada e a parte superior foi coberta com um plástico transparente contendo pequenas perfurações para ventilação. Uma folha de papel sulfite branco (também umedecida com água destilada) foi colocada na parede interna dos tubos, como substrato de postura. Os adultos foram alimentados com solução de sa

carose à 10%, fornecida por capilaridade, através de rolo dental Johnson's mantido verticalmente em pequenos vidros; o alimento foi renovado a cada dois dias.

Devido a uma baixa sincronização na emergência diária de machos e fêmeas não foi possível acasalar somente indivíduos nascidos na mesma data e assim, usando uma proporção de 1 macho:1 fêmea, três tipos de casais foram estabelecidos em relação ao dia do acasalamento:

- a) macho e fêmea emergidos no mesmo dia;
- b) macho do dia e fêmea da véspera;
- c) macho da véspera e fêmea do dia.

Os ovos coletados diariamente, foram tratados com solução de formaldeído 5% (durante cinco minutos), lavados em água destilada e colocados em caixas plásticas circulares (2 cm de altura x 6 cm de diâmetro) com o fundo revestido com papel de filtro e colocadas em câmara climatizada, nas mesmas condições em que os adultos acasalaram. A contagem dos ovos colocados por fêmea foi realizada ao término do período de desenvolvimento embrionário e, no caso de ovos não viáveis, no máximo até dez dias após a postura.

3.6. ANÁLISES QUÍMICAS E OUTRAS DETERMINAÇÕES NO MATERIAL VEGETAL, NAS DIETAS ARTIFICIAIS E EM LAGARTAS

3.6.1. MATERIAL VEGETAL

Utilizando-se plantas de arroz, com 65 dias de idade, similares àquelas infestadas com lagartas (na forma de planta intacta ou de pedaços de colmos), foram retiradas amostras de colmos e de bainhas da folha para as seguintes análises e determinações:

- a) teor de água (peso fresco do material menos o peso seco obtido em estufa à 55°C, dividido pelo peso fresco e multiplicado por 100);
- b) teor de fibra, baseado no método de BEYTHIEN e DIEMAIR (1963);
- c) dureza do colmo, medida através de um durômetro Rex, modelo 1600, tipo B (MARTIN *et alii*, 1975); as leituras registradas no aparelho foram convertidas para unidade de carga (pressão em gramas) através de uma curva de calibração fornecida pelo fabricante; as medições de dureza foram tomadas 1 cm acima da base do colmo, sob a bainha da primeira folha;
- d) teor de SiO_2 , obtido, multiplicando-se por 2,143, a porcentagem de silício (Si) determinada pelo método colorimétrico do azul-de-molibdênio descrito por FURLANI e GALLO (1978);

- e) teor de fenóis totais, baseado no método de BIANCHINI Jr. e TOLEDO (1981), com as seguintes modificações: extração em material vegetal fresco, com 100 ml de etanol e determinação de concentrações em uma curva padrão de ácido tânico;
- f) teor de proteína total, determinado pelo método de micro-Kjeldahl, conforme descrito por BATAGLIA *et alii* (1978);
- b) teor de aminoácidos, segundo o método descrito no manual do analisador automático de aminoácidos marca Beckman, modelo 120C.

O teor de fibra, proteína e fenóis foi determinado separadamente no colmo e na bainha que o envolvia, enquanto, as demais determinações foram feitas abrangendo ambas as partes da amostra.

3.6.2. DIETAS ARTIFICIAIS E LAGARTAS

De acordo com os métodos anteriormente citados, em dietas artificiais, foram analisados, o teor de proteína total e aminoácidos enquanto nas lagartas foi analisado somente o teor de proteína total.

3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados experimentais obtidos nos três tipos de experimentos, foram submetidos à análise de variância (teste F), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Os dados referentes a contagens (número de dias e de ovos) foram transformados em $\sqrt{x}$ enquanto os relativos a porcentagem em $\text{arc sen } \sqrt{P/100}$. Por outro lado, os dados inerentes a peso e a medidas de comprimento, foram analisados sem transformação. Os parâmetros concentração de fenóis totais nas plantas, de proteína total nas lagartas e dietas artificiais e a razão sexual não foram analisados estatisticamente devido à ausência de repetições.

A comparação de tratamentos, nos experimentos de infestação de pedaços de colmos com lagartas foi feita através de análises de covariância, considerando o peso inicial de matéria fresca de lagartas (no início da alimentação) como covariável auxiliar independente (X) e os parâmetros e índices nutricionais como covariáveis dependentes (Y).

Nos experimentos de alimentação de lagartas em dietas artificiais foi adotado o teste de Tietjen e Moore (1972), citados por ALBUQUERQUE (1976) para a eliminação de dados aberrantes de peso seco de lagartas e dos parâmetros e índices nutricionais correspondentes. A análise conjunta deste tipo de experimento foi feita pelo método indicado por GOMES (1970); as médias dos tratamentos, referentes a um deter-

minado parâmetro ou índice nutricional, nos diferentes experimentos, foram analisadas conjuntamente segundo o delineamento de blocos casualizados, como se cada experimento fosse uma repetição.

Para a análise de variância (geral) dos parâmetros biológicos, obtidos nos 3º, 4º e 5º experimentos com dietas artificiais, os 30 tubos, referentes a cada tratamento, do 5º experimento (item 3.3.5.) foram divididos ordenadamente (1 a 10; 11 a 20; 21 a 30) em três grupos de dez tubos, sendo considerado cada grupo como uma repetição. Os dez tubos do 3º experimento e os dez tubos do 4º experimento foram considerados como outras duas repetições. Assim, o número de repetições foi aumentado para cinco, discriminando melhor o efeito dos tratamentos. O mesmo artifício foi adotado para possibilitar a análise da variância de parâmetros biológicos no experimento sobre nutrição e ciclo biológico de *D. saccharalis* em dietas artificiais (item 3.4.); para tal, os 160 tubos, de cada tratamento foram divididos em 10 grupos de 16 tubos, obtendo-se assim, dez repetições para o mesmo parâmetro.

A comparação de variedades de arroz ou de dietas artificiais quanto ao teor (%) de aminoácidos (Aa) foi feita pelo método de "Análise de Componentes Principais", sendo necessário para isso, a transformação das porcentagens em ve-

tores (1, 2 e 3). Considerando $\bar{X} \pm SD$ (onde SD é o desvio padrão) como o teor médio de um determinado aminoácido entre os tratamentos e, $Aa(\%)$ como o teor em cada tratamento, $1 = Aa(\%) < \bar{X} - SD$, $2 = \bar{X} - SD \leq Aa(\%) \leq \bar{X} + SD$ e $3 = Aa(\%) > \bar{X} + SD$.

A relação entre parâmetros experimentais foi estudada através de regressão simples estabelecida entre as médias dos tratamentos, sendo utilizado um programa de computador que compara 25 modelos distintos resultantes das combinações entre as variáveis X e Y, submetidas às seguintes transformações:

$$(1) X = X \quad ; \quad Y = Y$$

$$(2) X = 1/X \quad ; \quad Y = 1/Y$$

$$(3) X = X^2 \quad ; \quad Y = Y^2$$

$$(4) X = \sqrt{X} \quad ; \quad Y = \sqrt{Y}$$

$$(5) X = \text{LN}X \quad ; \quad Y = \text{LN}Y$$

Foi selecionado o modelo que apresentou o maior coeficiente de correlação, sendo a significância deste considerada pelo teste t aos níveis de 10%(+), 5%(*) e 1%(**) de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. INFESTAÇÃO DE PLANTAS INTACTAS COM LAGARTAS DE PRIMEIRO ÍNSTAR

As variedades não diferiram quanto a sobrevivência de lagartas (Tabela 6), a qual também não foi relacionada com nenhuma das características biofísicas e bioquímicas das plantas (Tabela 7). Entretanto, as diferenças significativas relativas ao peso de lagartas (Tabela 6) que no geral, apresentaram um menor crescimento em plantas das variedades consideradas resistentes (DD-48, Patnai-6, Ti Ho Hung e TKM-6), do que naquelas consideradas suscetíveis (IAC-25 e IAC-47), coincidem com os resultados de MARTINS *et alii* (1977b), e indicam a possibilidade de existir no arroz uma resistência à *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) do tipo antibiose, a qual pode ser devida a fatores biofísicos ou bioquímicos das

plantas. Não fica eliminada, entretanto, a possibilidade do menor crescimento de lagartas nas variedades consideradas resistentes, ter sido em parte consequência de uma resistência do tipo não preferência para alimentação, o que, no entanto torna-se difícil de ser comprovado pela metodologia adotada na presente pesquisa.

Em relação a fatores biofísicos, observa-se na Tabela 7 que o peso médio de lagartas e a % de colmos danificados foram diretamente correlacionados com o diâmetro interno dos colmos e, isto seria uma das causas da tendência de menor crescimento de lagartas e de dano nas variedades DD-48 e Ti Ho Hung, que possuem o diâmetro interno do colmo reduzido (Tabela 6), pois em colmos de galeria estreita, pode ocorrer restrição ao movimento e alimentação de lagartas (PATANAKAMJORN e PATHAK, 1967). A correlação inversa entre a dureza do colmo e a % de colmos danificados (Tabela 7) sugere que o maior grau de dureza dos colmos de DD-48 e Ti Ho Hung desempenha um papel importante na resistência destas variedades à *D. saccharalis*, já que o endurecimento dos tecidos mais externos dos colmos afeta a penetração de brocas nas plantas (PATHAK *et alii*, 1971).

Em Patnai-6 os valores de dureza e de diâmetro interno do colmo não diferiram dos observados nas variedades suscetíveis IAC-25 e IAC-47 e, o dano às plantas relativamente alto nesta variedade pode ter sido consequência de uma maior facilidade de penetração, locomoção e alimentação das lagar-

tas. Entretanto, nas plantas de Patnai-6 é que foi registrado o menor peso médio de lagartas (Tabela 6), indicando que, pelo menos para esta variedade, uma menor dureza e um maior diâtro interno do colmo não favoreceram o crescimento do inseto, que deve ter sido afetado por outros fatores da planta.

Na variedade TKM-6, o dano causado às plantas foi elevado, apesar do reduzido diâmetro interno do colmo; assim, nesta variedade, a dureza do colmo, relativamente baixa em relação a observada nas variedades mais resistentes (Tabela 6), pode ter facilitado a penetração das lagartas. Entretanto, mesmo que a penetração nas plantas tenha sido facilitada, as lagartas apresentaram um crescimento relativamente reduzido em TKM-6, que pode ter sido consequência da dificuldade de movimentação e alimentação no interior dos colmos, desta variedade, os quais possuem diâmetro interno reduzido.

Apesar das variedades diferirem significativamente quanto ao teor de fibra, tanto no colmo, como na bainha da folha, foi o teor nesta última parte do vegetal que aparentemente exerceu maior efeito sobre as lagartas, já que foi inversamente correlacionado com a % de colmos danificados (Tabela 7). As fibras, como células mecânicas ou de sustentação, são responsáveis, em parte, pela dureza e rigidez dos tecidos (ESAU, 1974) e, neste caso, podem ter atuado como um fator biofísico da planta que afetou a alimentação inicial das lagartas (de primeiro ínstar), quando estas estavam ainda na face interna da bainha da folha, dificultando o consumo de alimento.

Embora as variedades tenham diferido com relação ao teor de proteína (Tabela 6), não houve correlação entre a porcentagem de colmos danificados e o teor protéico na bainha da folha (Tabela 7). Assim, o teor de fibra na bainha da folha, comparado ao teor protéico, aparentemente, desempenhou um papel mais importante na resistência de arroz à *D. saccharalis*. Isto pode ser evidenciado pelo comportamento das variedades Ti Ho Hung e IAC-47; a primeira delas foi a que apresentou a menor porcentagem de colmos danificados, embora com o maior teor protéico na bainha; por outro lado, a IAC-47, embora com o menor teor de proteína foi a mais prejudicada pela lagarta; quando se compara o teor de fibras destas duas variedades, no entanto, observa-se que Ti Ho Hung é a mais fibrosa e a IAC-47 é aquela com menos fibra na bainha (Tabela 6). Por outro lado, a % de colmos danificados foi diretamente correlacionada com o teor de proteína no colmo das plantas e, este tipo de relação, já havia sido constatada, para *C. suppressalis*, por HIRANO (1964), que observou também um maior crescimento das lagartas alimentadas em colmos com alto valor protéico. Assim, mesmo que a correlação entre peso de lagartas de *D. saccharalis* e o teor de proteína nos colmos não tenha sido significativa (Tabela 7), é possível que o maior dano em algumas das variedades tenha sido devido a um crescimento mais rápido das lagartas, em consequência do maior valor protéico dos colmos. Assim, a alta concentração de proteína nos colmos de IAC-47 seria uma das causas do maior crescimento de lagartas

e do dano nas plantas da variedade; em DD-48 e Ti Ho Hung, ao contrário, a mais baixa % de colmos danificados teria resultado, entre outros fatores, de um menor ritmo de crescimento das lagartas em consequência da baixa concentração protéica dos colmos. Em relação a Patnai-6 e TKM-6, tal argumentação não seria válida, pois apesar da concentração de proteína nos colmos e da % de dano nas variedades serem elevadas, o crescimento de lagartas foi reduzido. Em IAC-25, o crescimento de lagartas e a % de colmos danificados foram relativamente altos e, aparentemente, não estiveram associados ao teor de proteína nos colmos que foi dos mais baixos (Tabela 6).

As variedades diferiram significativamente quanto ao teor de água nos colmos (Tabela 6) e a correlação significativa direta entre esta característica das plantas e a % de colmos danificados (Tabela 7) está de acordo com os resultados de GHOSH (1962) que observou uma reação de suscetibilidade do arroz à espécie *T. incertulas* quando as plantas tornavam-se mais aquosas ("suculentas").

As variedades diferiram significativamente também em relação ao teor de SiO_2 no colmo (Tabela 6). Entretanto, o teor desta substância e a % de colmos danificados por *D. saccharalis*, não foram significativamente correlacionados (Tabela 7), contrariando os resultados de DJAMIN e PATHAK (1967) que obtiveram uma correlação negativa altamente significativa entre o teor de SiO_2 nos colmos das plantas e suscetibilidade à *C. suppressalis*. A provável causa do SiO_2 não ter apresenta

do efeito de redução dos danos causados por *D. saccharalis* ao arroz, seria o baixo teor da substância incorporada nos tecidos dos colmos, que oscilou de 2,1% em DD-48 à 3,7% em Patnai-6 (Tabela 6); este teor máximo, estaria muito abaixo da concentração mínima necessária capaz de causar desgaste das mandíbulas de lagartas e dificultar a penetração e alimentação das mesmas nos colmos, já que em *C. suppressalis*, estes efeitos foram observados a partir de uma concentração mínima de 9,7% de SiO_2 no colmo (DJAMIN e PATHAK, 1967).

Como foi observado, em condições de planta intacta, uma resistência do tipo antibiose em arroz à *D. saccharalis*, pode estar associada simultaneamente a fatores biofísicos e bioquímicos das plantas. Assim, para estudar o papel da composição química das plantas, na resistência, é necessário o estabelecimento de metodologias que permitam isolar a influência dos dois tipos de fatores.

Tabela 6 - Características¹ bioquímicas e biofísicas do colmo e da bainha da folha de plantas de variedades de arroz e dados¹ de sobrevivência e peso de lagartas de *D. saccharalis* e colmos danificados, 25 dias após a infestação de plantas intactas com lagartas de primeiro ínstar.

Variedades	Água no colmo ² (%)	Proteína (%)		Fibra (%)		Dureza do colmo (carga em g)	Diâmetro interno do colmo (mm)	SiO ₂ no colmo ² (%)	Lagartas		Colmos danificados (%)
		Colmo	Bainha	Colmo	Bainha				Sobrevivência (%)	Peso médio (mg)	
INC-25	87,8 a	3,8 b	4,3, ab	24,2 b	35,7 abc	304,3 abc	3,0 a	3,2 ab	57,5 a	66,7 ab	67,8 ab
INC-47	87,5 a	5,6 a	3,1 c	29,2 a	33,0 c	270,7 bc	3,3 a	3,3 ab	52,1 a	71,7 a	77,2 a
DD-48	83,7 c	3,1 c	3,7 bc	24,4 b	37,6 ab	340,0 a	1,9 b	2,1 c	48,8 a	53,1 bc	58,3 b
Patnaí-6	86,4 ab	5,7 a	4,8 a	26,0 b	34,7 bc	257,3 c	2,7 ab	3,7 a	45,3 a	50,7 c	69,2 ab
T1 Ho Hurg	85,1 bc	3,2 bc	5,3 a	29,8 a	38,4 a	343,7 a	1,8 b	3,1 abc	45,1 a	52,2 bc	57,3 b
TK01-6	86,7 ab	5,5 a	4,4 ab	26,0 b	37,3 ab	307,3 ab	2,0 b	2,2 bc	46,2 a	56,8 bc	68,4 ab

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

² Determinações feitas no colmo sem separação da bainha da folha.

Tabela 7 - Coeficientes de correlação (r)¹ e equações de regressão simples para combinações entre características bioquímicas e biofísicas de plantas de arroz e sobrevivência e peso de lagartas de *D. saccharalis* e colmos danificados.

Características determinadas	Sobrevivência de lagartas (%)		Peso de lagartas (mg)		Colmos danificados (%)	
	r	Equação	r	Equação	r	Equação
Água (%)	0,552 ^{ns}	$Y^2 = -5241,10 + 1,033X^2$	0,726 ^{ns}	$LN Y = 1,163 + 3,9 \cdot 10^{-6} X^2$	-0,852*	$1/Y = 0,057 - 5,560 \cdot 10^{-6} X^2$
Proteína no colmo (%)	-0,185 ^{ns}	$Y^2 = 2614,61 - 8,295X^2$	-0,315 ^{ns}	$Y^2 = 4640,35 - 4819,26/X$	0,891*	$1/Y = 9,893 \cdot 10^{-3} + 0,022/X$
Proteína na bainha da folha (%)	0,577 ^{ns}	$1/Y = 0,017 + 1,667 \cdot 10^{-6} X^2$	0,710 ^{ns}	$Y^2 = -282,88 + 15608,98/X$	0,578 ^{ns}	$Y^2 = 1570,04 + 11923,77/X$
Fibra no colmo (%)	0,386 ^{ns}	$Y^2 = 228,45 + 58370,09/X$	0,143 ^{ns}	$Y^2 = 2654,43 + 1,171X^2$	-0,176 ^{ns}	$Y^2 = 6459,91 - 53091,03/X$
Fibra na bainha da folha	0,435 ^{ns}	$1/Y = 0,013 + 5,671 \cdot 10^{-6} X^2$	0,685 ^{ns}	$Y^2 = -9057,10 + 451876,87/X$	-0,910*	$Y^2 = 20495,12 - 444,23X$
Dureza do colmo (carga em g)	0,141 ^{ns}	$1/Y = 0,019 + 1,258 \cdot 10^{-6} X^2$	-0,384 ^{ns}	$Y^2 = 5274,83 - 0,019X^2$	0,894*	$1/Y = 8,41 \cdot 10^{-3} + 7,30 \cdot 10^{-8} X^2$
Diâmetro interno do colmo (mm)	-0,678 ^{ns}	$1/Y = 0,023 - 4,014 \cdot 10^{-6} X^2$	0,827*	$Y^2 = 1755,01 + 273,492X^2$	-0,854*	$LN Y = 4,574 - 0,891/X$
SiO ₂ (%)	-0,187 ^{ns}	$Y^2 = 2865,65 - 1225,76/X$	-0,278 ^{ns}	$Y^2 = 4842,20 - 3871,96/X$	0,429 ^{ns}	$Y = 57,658 + 0,958X^2$

¹ Significativos ao nível de 5% (*) de probabilidade pelo teste t.

4.2. INFESTAÇÃO DE PEDAÇOS DE COLMOS COM LAGARTAS

4.2.1. 1º EXPERIMENTO

Os resultados do primeiro experimento sobre nutrição e crescimento de lagartas de *D. saccharalis* em pedaços de colmos de arroz, constam na Tabela 8. Não ocorreu diferença significativa entre variedades resistentes e suscetíveis em relação a quantidade de alimento consumido, o que indica não ter sido este fator o responsável pelas diferenças no ganho de peso do inseto. Assim, o crescimento de lagartas significativamente menor nos colmos de Patnai-6, pode ter sido provocado por uma baixa qualidade alimentar deste substrato, conforme evidenciam os menores valores de eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI) e digerido (ECD) obtidos para esta variedade. O ECD varia com a tomada de alimento e com o seu nível nutricional (WALDBAUER, 1968) e baixos valores deste índice podem ser devidos, entre outros fatores, à presença de substâncias que bloqueiam a utilização de nutrientes ou a taxas desfavoráveis de aminoácidos (REESE, 1979). Como a tomada (consumo) de alimento foi significativamente semelhante para todas as variedades, o menor crescimento de lagartas em Patnai-6 pode ter sido então consequência de uma baixa adequação nutricional da variedade. O alto valor de AD para Patnai-6, pode ser explicado pelo fato de que as lagartas ao consumirem um alimento inadequado, tiveram um atraso de crescimento, e, devido a isto conti-

nuaram selecionando tecidos mais tenros para a alimentação, pois segundo KOGAN e COPE (1974), lagartas menores (primeiros ínstares) alimentam-se de preferência de tecidos com baixo teor de fibras, de fácil digestão. O ECI varia devido aos mesmos fatores apontados para ECD e com a digestibilidade do alimento (WALDBAUER, 1968) e, o seu baixo valor em Patnai-6, apesar da alta digestibilidade aproximada (AD), estaria associada a uma baixa adequação nutricional do substrato. Observando-se a Tabe6, entretanto, verifica-se que nos colmos de Patnai-6 é que foi encontrado o menor teor de fibras, maior teor de proteína, menor dureza do colmo e teor de água similar ao das variedades suscetíveis IAC-25 e IAC-47; como estas características são, de um modo geral, de um substrato nutricionalmente adequado, torna-se impossível assim avaliar a influência das mesmas no menor crescimento das lagartas nos colmos da variedade, havendo necessidade de pesquisas mais detalhadas que avaliem, por exemplo, a disponibilidade de aminoácidos ao inseto, dentro do total de proteína.

O maior ganho de peso de lagartas em colmos de Ti Ho Hung, associado aos maiores valores de ECI e ECD, evidencia que as plantas desta variedade resistente à *D. saccharalis*, ao contrário de Patnai-6, apresentaram uma qualidade alimentar superior. O teor de proteína nos colmos de Ti Ho Hung foi baixo, sendo o teor de fibras e a dureza dos colmos, que são fatores contrários a uma melhor adequação nutricional, superiores neste substrato. Assim, o maior crescimento do inseto no mesmo

pode ter sido consequência do fato de que quando o alimento é fornecido na forma de pedaços de colmo, as lagartas alimentam-se diretamente no orifício central (medula) do colmo, ao invés de perfurá-lo transversalmente através de suas paredes externas (como ocorre na planta intacta) e, segundo PATHAK *et alii* (1971) este comportamento alimentar elimina diferenças na resistência, por evitar o efeito diferencial da espessura e da dureza de colmos que ocorre entre variedades. Além disto, a maior concentração de fibra em Ti Ho Hung (Tabela 6) ocorre na bainha da folha (que recobre os colmos), parte que não foi consumida devido ao referido hábito alimentar das lagartas.

Neste primeiro experimento, a alimentação em colmos das variedades resistentes DD-48 e TKM-6, propiciou um ganho de peso de lagartas que não diferiu significativamente do obtido nas variedades suscetíveis IAC-25 e IAC-47; entretanto, em TKM-6, o peso do inseto tendeu a se aproximar mais do menor valor obtido em Patnai-6 (Tabela 8).

Tabela 8 - Nutrição e crescimento de lagartas¹ de *D. saccharalis* em pedaços de colmos de variedades de arroz. Temperatura = 25 ± 2°C; UR = 60 ± 10%; fotofase = 14 horas (1º Experimento).

Variedades	Parâmetros nutricionais ² (peso seco-ng)			Índices nutricionais ² (%)		
	Alimento consumido	Fezes	Canho de peso de lagartas	AD	ECI	ECD
IAC-25	64,6 a	25,2 a	4,2 ab	60,9 c	6,5 ab	10,8 ab
IAC-47	64,3 a	24,8 a	3,8 ab	61,3 c	5,9 bc	9,7 ab
DD-48	58,0 a	20,7 b	3,7 ab	63,6 bc	6,5 ab	10,4 ab
Patnai-6	67,0 a	20,5 b	2,3 c	69,2 a	3,5 c	5,1 c
Ti Ho Hung	54,0 a	18,1 b	4,7 a	64,9 abc	8,5 a	13,5 a
TKM-6	58,1 a	18,8 b	3,4 bc	67,1 ab	6,1 b	8,9 b

¹ Lagartas alimentadas anteriormente (a partir da eclosão), durante dez dias, em plantas das variedades correspondentes a cada tratamento.

² Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.2. 2º EXPERIMENTO

Neste segundo experimento, ao contrário do anterior, ocorreu diferença significativa quanto a tomada de alimento, sendo os colmos das variedades resistentes, DD-48 e TKM-6, os mais e menos consumidos, respectivamente, enquanto o consumo nos colmos das variedades suscetíveis IAC-25 e IAC-47 foi intermediário (Tabela 9). A tendência de menor ganho de peso de lagartas nos colmos das variedades resistentes, pode ter sido associada a uma pior qualidade nutricional destes substratos, já que os mais altos valores de ECI e ECD foram obtidos pela alimentação em colmos de IAC-25 e IAC-47. Assim, em DD-48 apesar da maior digestibilidade aproximada, uma maior tomada de alimento teria sido necessária para compensar uma baixa taxa de assimilação da porção ingerida e digerida do alimento e isto, pode ter sido associado ao menor teor de proteína na variedade (Tabela 6). Em TKM-6, o menor crescimento de lagartas, provavelmente, foi provocado por algum fator que determinou o mais baixo consumo de alimento e também por uma maior dificuldade de transformação em substância do corpo da porção ingerida e digerida do mesmo.

A tendência de um menor valor de AD e maior de ECD nas variedades IAC-25 e IAC-47, deve-se ao fato de que as lagartas ao consumirem um alimento mais adequado, cresceram mais rapidamente e passaram a consumir, provavelmente, tecidos mais fibrosos e de mais difícil digestão pois, segundo KOGAN e COPE

Tabela 9 - Nutrição e crescimento de lagartas¹ de *D. saccharalis* em pedaços de colmos de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 20^\circ\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (2º Experimento).

Variedades	Parâmetros nutricionais ² (peso seco-mg)			Índices nutricionais ² (%)		
	Alimento consumido	Fezes	Ganho de peso de lagartas	AD	ECI	ECD
IAC-25	126,2 ab	55,7 a	8,5 a	53,7 b	6,5 a	13,3 a
IAC-47	128,9 ab	45,1 ab	6,8 ab	56,8 ab	5,5 ab	13,7 a
DD-48	144,8 a	41,4 b	5,1 bc	69,7 a	3,5 b	5,0 b
TKM-6	93,4 b	36,8 b	3,5 c	59,4 ab	3,3 b	6,7 ab

¹ Lagartas alimentadas anteriormente (a partir da eclosão), durante 15 dias, em plantas da variedade Patnai-6.

² Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

(1974), isto faz com que menor quantidade de alimento seja usada para energia e grande parte incorporada como matéria do corpo.

4.3.3. 3º EXPERIMENTO

No terceiro experimento, o consumo de alimento foi novamente maior na variedade DD-48, sendo menor em Suyai-20, variedade altamente resistente à *D. saccharalis* (MARTINS *et alii*, 1977b); em relação ao ganho de peso de lagartas a variedade DD-48 não diferiu significativamente de IAC-25 mas diferiu de Suyai-20 e TKM-6 (Tabela 10). O efeito da alimentação das lagartas nos colmos das variedades TKM-6 e Suyai-20 foi distinto, pois mesmo diferindo significativamente em relação ao consumo de alimento, as duas não diferiram quanto ao peso de fezes e crescimento de lagartas. O maior ganho de peso de lagartas foi novamente obtido pela alimentação em colmos da variedade IAC-25, apesar do consumo de alimento ter sido outra vez intermediário; considerando-se que a quantidade de fezes foi semelhante àquela produzida pela alimentação nos demais materiais, isto indica um melhor aproveitamento do alimento consumido, para crescimento, o que pode ser comprovado pelo maior valor de ECD, para lagartas mantidas em colmos de IAC-25.

Tabela 10 - Nutrição e crescimento de lagartas¹ de *D. saccharalis* em pedaços de colmos de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (3^o Experimento).

Variedades	Parâmetros nutricionais ²			Índices nutricionais ²		
	Alimento consumido	Fezes (peso seco-mg)	Ganho de peso de lagartas	AD	ECI	ECD
IAC-25	110,4 b	44,9 a	7,7 a	58,8 ab	9,0 a	12,9 a
DD-48	140,3 a	46,1 a	6,9 a	66,0 a	4,9 b	7,5 b
Suyai-20	75,6 c	40,2 a	3,0 b	47,2 c	3,6 b	8,0 b
TKM-6	119,0 ab	51,9 a	4,3 b	55,7 bc	3,6 b	6,9 b

¹ Lagartas alimentadas anteriormente (a partir da eclosão), durante 15 dias na dieta apresentada na Tabela 2.

² Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.2.4. ANÁLISE GERAL SOBRE A ALIMENTAÇÃO DE LAGARTAS EM PEDAÇOS DE COLMOS

A análise geral dos resultados sobre a alimentação de *D. saccharalis* em pedaços de colmos das variedades IAC-25, DD-48 e TKM-6, comuns aos três experimentos (Tabela 11), evidencia melhor os efeitos deste tipo de método no estudo de nutrição e crescimento das lagartas. Mesmo não havendo diferença significativa nem entre o consumo de alimento e nem na produção de fezes, nas variedades DD-48 (resistente) e IAC-25 (suscetível), o ganho de peso de lagartas foi significativamente maior em IAC-25; o maior valor de AD e menores valores de ECI e ECD em DD-48, indicam que apesar de uma maior facilidade de digestão do alimento, a eficiência de conversão do ingerido e digerido foi menor nesta variedade, comparativamente à IAC-25.

Não ocorreu diferença significativa entre as variedades IAC-25 e TKM-6 quanto ao alimento consumido pelas lagartas, produção de fezes e digestibilidade aproximada. Entretanto, o ganho de peso de lagartas em IAC-25 foi destacadamente maior, isto porque nesta variedade os valores de ECI e ECD foram superiores aos de TKM-6.

A quantidade de alimento consumido e o ganho de peso de lagartas em DD-48, foram significativamente maiores do que em TKM-6 e esta diferença é conseqüência da maior digestibilidade aproximada (AD) em DD-48, já que os valores de ECI e ECD foram semelhantes para as duas variedades.

Os motivos que determinaram a melhor adequação dos colmos da variedade suscetível como alimento podem ser vários e discutidos através de índices nutricionais. A digestibilidade aproximada é reduzida por deficiência ou balanceamento inadequado de nutrientes, baixo conteúdo de água e alto teor de fibras não digeríveis no alimento (WALDBAUER, 1964). Entretanto, a maior AD foi encontrada para lagartas alimentadas em colmos de DD-48 (Tabela 11), que apresentaram baixos teores de proteína e de água (Tabela 6); a explicação para isto poderia estar baseada no fato de que as lagartas consumindo um alimento inadequado como DD-48, tiveram o crescimento inicial retardado e, devido ao menor tamanho continuaram selecionando tecidos mais tenros para alimentação, pois como discutido anteriormente, lagartas menores alimentam-se de preferência de tecidos com baixo teor de fibras de fácil digestão. A explicação para o menor valor de AD na variedade IAC-25 (em relação à DD-48), apesar do maior teor de proteína e de água pode ser devido ao fato de que ao se alimentarem nos colmos desta variedade com maior valor nutritivo, as lagartas cresceram mais rapidamente e, devido ao maior tamanho passaram a consumir maior quantidade de tecidos fibrosos de menor digestibilidade; assim embora não tenha sido determinado o ínstar em que se encontravam as lagartas, é provável que nos colmos de IAC-25 as mesmas tenham atingido em um menor período de tempo, ínstares mais avançados, justificando a menor digestibilidade, a qual, diminui com o passar dos ínstares (KOGAN e COPE, 1974).

O teor de fibra nos colmos de IAC-25, DD-48 e TKM-6 foi semelhante (Tabela 6) e por isso não deve ter interferido na digestibilidade dos materiais e, mesmo que as diferenças no teor de fibra das variedades fosse significativa, este fator pouco deve ter interferido na digestibilidade já que o alimento foi fornecido na forma de pedaços de colmos às lagartas, que neste caso, alimentam-se diretamente no orifício central (medula) do colmo, ao invés de perfurá-lo transversalmente através de suas paredes externas. Por outro lado, a maior concentração de fibra (Tabela 6) fica na bainha da folha (que recobre os colmos), parte que não foi consumida devido ao hábito alimentar modificado das lagartas, referido anteriormente.

Apesar do maior teor de proteína encontrado em colmos de TKM-6 (Tabela 6), um maior ganho de peso de lagartas foi obtido em colmos de IAC-25 e isto não foi consequência de diferenças na digestibilidade dos substratos, uma vez que não houve diferenças entre as variedades quanto ao alimento consumido e produção de fezes pelas lagartas (Tabela 11).

Fatores que interferem na eficiência de conversão do ingerido (ECI) e do digerido (ECD) como tomada de alimento e valor nutricional, entre outros (WALDBAUER, 1968), podem ser o motivo dos baixos valores destes índices e do menor ganho de peso de lagartas em DD-48 e TKM-6. Em DD-48 ocorreu a maior tomada de alimento, provavelmente devido a seu menor valor protéico (Tabela 6), o que justificaria o baixo ECI, não ficando eliminada, entretanto, a possibilidade deste substra-

to conter algum antimetabólito que impede uma utilização mais eficiente da maior quantidade de alimento consumido, pois um baixo ECD pode ser consequência, entre outras causas, da presença de substâncias que bloqueiam a utilização de nutrientes ou de taxas desfavoráveis de aminoácidos (REESE, 1979). Em TKM-6, a menor tomada de alimento (Tabela 11), poderia ser justificada pelo maior valor protéico dos colmos, sendo necessário, portanto, uma menor ingestão do alimento. Entretanto, devido ao crescimento de lagartas significativamente inferior ao observado em DD-48, não fica eliminada a possibilidade desta variedade conter algum antimetabólito que impedisse um melhor aproveitamento de nutrientes ou, um aleloquímico que afetasse a fagoestimulação de lagartas; a variedade TKM-6 é reconhecida como uma importante fonte de resistência a brocas-do-colmo do arroz (PATHAK e KHUSH, 1975; VIDYACHANDRA *et alii*, 1981) e em variedades resistentes já foram isoladas substâncias inibidoras do crescimento de lagartas, como é o caso dos ácidos benzóico e salicílico (ISHII *et alii*, 1962). Por outro lado, é possível que o menor crescimento de *D. saccharalis* em TKM-6 não esteja associado somente à composição química dos colmos, pois segundo DAS (1976b) a resistência do tipo antibiose que a variedade apresenta à *C. suppressalis*, é devida a fatores biofísicos existentes na planta intacta. Assim, mesmo que durante a alimentação das lagartas nos pedaços de colmos de TKM-6, o papel de algum fator físico da resistência existente na parede dos mesmos tenha sido evitado, devido ao hábito do inseto se a

limentar diretamente no orifício central (PATHAK *et alii*, 1971), pode ter permanecido, a influência do diâmetro interno do colmo (PATANAKAMJORN e PATHAK, 1967), que foi bastante reduzido nesta variedade (Tabela 6). Além disto, foi estabelecida uma correlação inversa entre este fator biofísico e o crescimento de lagartas de *D. saccharalis* (Tabela 7).

Os maiores valores de ECI e ECD associados ao maior ganho de peso de lagartas em IAC-25, evidenciam que os colmos desta variedade suscetível à *D. saccharalis* se constituíram em um alimento mais adequado para as lagartas do que os colmos das variedades resistentes DD-48 e TKM-6, e, este resultado está de acordo com PATHAK *et alii* (1971) que observaram um menor crescimento de lagartas de brocas-do-colmo do arroz em pedaços de colmos de variedades resistentes do que em variedades suscetíveis. Esta variação na qualidade nutricional das variedades, pode estar associada, entre outros fatores, ao teor de aminoácidos nos colmos (Tabela 12).

O método de análise de componentes principais, separou as variedades IAC-25, DD-48 e TKM-6, em três grupos distintos, em função da concentração de aminoácidos nos colmos (Figura 2). Assim, a maior concentração de aminoácidos, inclusive dos essenciais para os insetos em colmos de IAC-25 (Tabela 12) pode ser uma das causas do maior crescimento das lagartas de *D. saccharalis* naquele substrato do que em colmos de DD-48 e TKM-6 (Tabela 11). O fato das lagartas crescerem mais nos colmos de DD-48 do que nos de TKM-6, apesar destes dois substratos apresentarem uma

concentração semelhante de aminoácidos essenciais (Tabela 12), reforça a hipótese do crescimento das lagartas ter sido associado, também, a um ou mais dos aminoácidos considerados não essenciais, em maior concentração em TKM-6 do que em DD-48, ou mesmo em função da disponibilidade destes aminoácidos essenciais ou não essenciais às lagartas.

Tabela 11 - Médias ajustadas dos parâmetros e índices nutricionais obtidos nos três experimentos de nutrição e crescimento de lagartas de *D. saccharalis* em pedaços de colmos de variedades¹ de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h.

Variedades	Parâmetros nutricionais ² (peso seco-mg)			Índices nutricionais ² (%)		
	Alimento consumido	Fezes	Ganho de peso de lagartas	AD	ECI	ECD
IAC-25	105,0 ab	44,6 a	7,2 a	57,5 b	6,7 a	12,7 a
DD-48	122,0 a	37,9 a	5,4 b	66,8 a	4,5 b	7,1 b
TKM-6	93,2 b	37,8 a	3,7 c	59,9 b	4,2 b	7,3 b

¹ Variedades comuns aos três experimentos.

² Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 12 - Teor de aminoácidos¹ (Aa), em colmos de variedades de arroz, e transformação em vetores² (Vt) para comparação pelo método de análise de componentes principais.

Aminoácidos	Variedades de arroz					
	IAC-25		DD-48		TKM-6	
	Aa (%)	Vt	Aa (%)	Vt	Aa (%)	Vt
Lisina ³	5,01	3	4,45	1	4,60	2
Histidina ³	1,37	3	1,12	1	1,29	2
Amônia	5,42	2	6,00	2	7,92	3
Arginina ³	1,00	2	1,16	3	0,84	1
Ác. aspártico	9,26	1	11,24	2	13,62	3
Treonina ³	2,75	3	2,30	2	2,31	2
Serina	1,39	3	1,07	2	0,92	1
Ác. glutâmico	12,51	2	15,69	3	12,79	2
Prolina	4,11	3	3,75	2	2,91	1
Glicina	5,53	3	4,98	1	5,22	2
Alanina	6,66	2	6,74	2	6,12	1
1/2 - cistina	3,10	3	2,56	2	2,32	1
Valina ³	6,08	3	5,55	2	4,87	1
Metionina ³	2,07	3	1,94	2	1,65	1
Isoleucina ³	4,32	3	3,50	2	3,61	2
Leucina ³	7,19	3	5,62	1	6,24	2
Tirosina	0,78	3	0,22	2	0,17	2
Fenilalanina ³	4,34	3	2,98	2	3,15	2
GERAL (ΣVt)		48		34		31
ESSENCIAIS (ΣVt)		26		16		15

¹ Em gramas de aminoácido por 100 g de proteína.

² Considerando, a média do teor de um aminoácido nas três variedades como $\bar{X} \pm SD$ (desvio padrão), 1 = Aa(%) < $\bar{X} - SD$, 2 = $\bar{X} - SD \leq Aa(\%) \leq \bar{X} + SD$ e 3 = Aa(%) > $\bar{X} + SD$.

³ Considerados essenciais para a maioria dos insetos (PARRA, 1979).

VARIEDADES	Eixos ortogonais		
	X	Y	Z ¹
IAC-25 (1)	4,009	-0,512	0
DD-48 (2)	-1,336	2,559	0
TKM-6 (3)	-2,673	-2,047	0
Coeficiente de explicação (%)			
	69,4	30,6	--

¹Valor acrescido de 2,5 na Figura.

Figura 2 - Diagrama tridimensional comparativo de variedades de arroz, em função do conteúdo de aminoácidos nos colmos, pelo método de análise de componentes principais.

4.3. ALIMENTAÇÃO DE LAGARTAS EM DIETAS ARTIFICIAIS CONTENDO EXTRATOS AQUOSOS DE PLANTAS

4.3.1. 1º EXPERIMENTO

Os resultados constam na Tabela 13 e demonstraram a possibilidade da obtenção de diferenças significativas no crescimento de lagartas de *D. saccharalis*, quando alimentadas em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas de variedades resistentes e suscetíveis à praga.

O maior ganho de peso de lagartas na dieta de IAC-47 constituiu-se em um resultado coerente, uma vez que esta variedade é bastante favorável ao crescimento *D. saccharalis*, em condições de planta intacta (MARTINS *et alii*, 1977 b), e o maior valor de ECD para as lagartas alimentadas na dieta de IAC-47, demonstrou uma maior adequação nutricional da variedade. Ao contrário, na dieta de IAC-25 (variedade que também é favorável ao crescimento de lagartas em condições de planta intacta), o ganho de peso foi intermediário e o maior valor de AD estaria associado ao baixo teor de fibra nos colmos desta variedade (Tabela 6), pois neste experimento as fibras foram incluídas na dieta; o menor valor de ECD, pode ser explicado pelo fato de existir uma correlação inversa entre os dois índices nutricionais (KOGAN e COPE, 1974).

A alimentação na dieta da variedade Patnai - 6

propiciou um bom crescimento de lagartas, em relação as dietas das demais variedades resistentes (DD-48, Ti Ho Hung e TKM-6), o que contraria os resultados de menor ganho de peso de lagartas obtidos em experimentos com plantas intactas (Tabela 6) e com pedaços de colmo (Tabela 8). Assim, é possível que na planta intacta e em pedaços de colmos de Patnai-6 existam outros fatores biofísicos, além dos estudados (Tabela 6), que afetem o crescimento de lagartas. Estes fatores, entretanto, não devem estar relacionados ao teor de fibra, desde que a digestibilidade aparente em pedaços de colmos de Patnai-6 foi a mais elevada (Tabela 8). Por outro lado, algum antimetabólito que afetasse a nutrição das lagartas em plantas intactas de Patnai-6, pode ter sido degradado ou diluído durante a preparação da dieta e propiciado assim o crescimento adequado das lagartas.

Tabela 13 - Nutrição e crescimento de lagartas¹ de *D. saccharalis* em dietas contendo extratos aquosos² de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (1^o Experimento).

Dietas das variedades	Parâmetros nutricionais ³ (peso seco-mg)			Índices nutricionais ³ (%)		
	Alimento consumido	Fezes	Ganho de peso de lagartas	AD	ECI	ECD
IAC-25	72,7 a	10,8 ab	3,5 abc	83,7 a	5,1 a	6,0 b
IAC-47	70,9 a	16,2 ab	5,0 a	73,7 b	7,8 a	10,8 a
DD-48	46,8 a	11,9 ab	3,1 bc	75,5 b	6,8 a	8,9 ab
Patnai-6	67,2 a	18,5 a	4,6 ab	71,7 b	6,9 a	9,8 ab
Ti Ho Hung	48,5 a	13,3 ab	3,2 bc	73,0 b	6,6 a	9,4 ab
TKM-6	54,2 a	9,8 b	2,9 c	80,0 ab	5,7 a	7,3 ab

¹ Lagartas alimentadas anteriormente (a partir da eclosão), durante seis dias, na dieta original de HENSLEY e HAMMOND (1968).

² Extratos obtidos em colmos de plantas com 63 dias de idade, com inclusão da fibra dos colmos na dieta.

³ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.2. 2º EXPERIMENTO

Os resultados da Tabela 14 demonstram que o crescimento de lagartas de *D. saccharalis* aumentou quando à dieta básica (Tabela 5) foram adicionados extratos aquosos de plantas de arroz, tanto de variedades resistentes como de suscetíveis à praga. Isto significa que a adição de extratos aumenta o valor nutritivo da dieta básica, transferindo assim de uma forma relativa a composição química das variedades para um substrato alimentar, desprovido de fatores biofísicos das plantas que afetam a alimentação. As diferenças significativas entre o ganho de peso de lagartas nas dietas das variedades indica uma possível variação da composição química das plantas das mesmas.

O crescimento de lagartas nas dietas de IAC-25 e IAC-47 foi relativamente maior do que o obtido nas dietas das variedades resistentes, DD-48, Patnai-6 e TKM-6, apesar de diferenças significativas não terem sido estabelecidas. O mais importante, entretanto, a ser observado na Tabela 14 foi o fato do maior ganho de peso ter sido obtido na dieta de Ti Ho Hung (resistente), inclusive diferenciado significativamente do peso constatado nas dietas das demais variedades resistentes.

Na dieta de Ti Ho Hung, ocorreu o maior consumo de alimento e a maior produção de fezes; entretanto, a proporção entre as quantidades destes dois parâmetros da alimentação

foi semelhante à das demais dietas, uma vez que não foram constatadas diferenças significativas entre a digestibilidade aproximada (AD) das mesmas. Assim, é possível que o maior ganho de peso de lagartas na dieta de Ti Ho Hung seja devido a maior quantidade de alimento consumido e, mesmo que os valores intermediários de ECI e ECD, em relação aos das outras dietas, não indiquem um menor valor nutricional da mesma, é possível que o maior consumo de alimento seja necessário para compensar uma menor adequação nutricional.

O maior ganho de peso de lagartas na dieta de Ti Ho Hung (Tabela 14), contrastando com o baixo crescimento obtido em plantas intactas (Tabela 6), evidencia que a ausência de algum fator biofísico da planta na dieta é a causa do maior crescimento; as fibras, podem ser tal fator, pois estas são incluídas entre os fatores responsáveis pela dureza dos tecidos das plantas (ESAU, 1974) e, sua maior concentração em Ti Ho Hung pode assim explicar a maior dureza e resistência dos colmos desta variedade (Tabela 6), uma vez que variedades de arroz possuidoras de colmos com tecidos mais endurecidos são em geral, mais resistentes a brocas-do-colmo (PATANAKAMJORN e PATHAK, 1967). Dois fatos podem reforçar tal hipótese: o primeiro é o de que as lagartas alcançaram o maior crescimento também em pedaços de colmos de Ti Ho Hung (Tabela 8), e neste tipo de substrato, o inseto alimenta-se diretamente no orifício central (medula do colmo), evitando as paredes, onde há maior concentração de fibras; o outro fato é o de que quando as la-

Tabela 14 - Nutrição e crescimento de lagartas¹ de *D. saccharalis* na dieta incompleta de HENSLEY e HAMMOND (1968) e em dietas contendo extratos aguosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (2º Experimento).

Dietas de	Parâmetros nutricionais ² (peso seco-mg)			Índices nutricionais ² (%)		
	Alimento consumido	Fezes	Ganho de peso de lagartas	AD	ECI	ECD
HENSLEY e HAMMOND Incompleta	387,6 b	73,3 c	8,5 c	87,4 a	2,1 c	2,5 c
Variedades de arroz						
IAC-25	456,4 b	145,9 b	21,4 ab	67,8 b	5,1 ab	7,5 ab
IAC-47	433,2 b	153,2 ab	21,3 ab	64,2 b	5,4 a	8,6 a
DD-48	471,1 ab	146,5 b	17,1 b	69,0 b	3,7 b	5,4 b
Patnai-6	351,3 b	108,7 bc	18,1 b	68,1 b	5,4 a	8,0 a
Ti Ho Hung	623,2 a	205,5 a	23,5 a	67,6 b	4,3 ab	6,5 ab
TKM-6	373,7 b	136,0 b	17,2 b	62,7 b	4,7 ab	7,9 ab

¹ Lagartas alimentadas anteriormente (a partir da eclosão), durante seis dias, na dieta original de HENSLEY e HAMMOND (1968).

² Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

gatas alimentam-se nas dietas em cuja composição foram incluídas também as fibras dos colmos, um dos menores crescimentos foi obtido na dieta da variedade Ti Ho Hung (Tabela 13).

4.3.3. 3º EXPERIMENTO

Os resultados do terceiro experimento constam na Tabela 15. Apesar de não ocorrer diferença significativa em relação ao crescimento de lagartas nas dietas das diferentes variedades, a maior e a menor tendência de ganho de peso de lagartas em relação ao experimento anterior foi obtido novamente nas dietas de Ti Ho Hung e DD-48, respectivamente; o maior consumo da dieta de Ti Ho Hung pode ter ocorrido devido a facilidade com que o alimento era digerido (maior AD entre as dietas estudadas) o que provavelmente indica que a maior tendência de crescimento nesta dieta esteve ligada mais uma vez a uma maior facilidade de tomada de alimento e não a uma melhor adequação nutricional, conforme evidenciam os baixos valores de ECI e ECD.

Na Tabela 16, é apresentada a influência da alimentação das lagartas de *D. saccharalis*, nas dietas das variedades, sobre alguns parâmetros biológicos do inseto. Teoricamente, uma variação na adequação nutricional das dietas, parece não ter afetado a fagoestimulação de lagartas e não afetou significativamente a duração do período larval e pupal e

o tamanho das pupas. O confronto, entretanto, dos resultados apresentados nas Tabelas 15 e 16, demonstra que as mais baixas viabilidades larval, pupal e total e a mais alta porcentagem de deformação de adultos, ocorreram coincidentemente em função da alimentação das lagartas na dieta de DD-48, onde o crescimento do inseto foi menor. Por outro lado, apesar da não existência de diferença significativa, o mais baixo peso de pupas foi obtido pela alimentação de lagartas na dieta de DD-48. Assim, é possível que tal dieta contenha uma qualidade nutricional inadequada, transferida da planta intacta, que explique a resistência da variedade à *D. saccharalis*. Na Tabela 16, também pode ser observado, que a viabilidade total foi relativamente baixa na dieta da variedade Patnai-6 e esteve associada exclusivamente a uma viabilidade larval reduzida. Por outro lado, a viabilidade total foi mais elevada nas dietas das variedades suscetíveis IAC-25 e IAC-47.

Tabela 15 - Nutrição e crescimento de lagartas¹ de *D. saccharalis* em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = 25 ± 2°C; UR = 60 ± 10%; fotofase = 14 horas (3º Experimento).

Dietas das variedades	Parâmetros nutricionais ² (peso seco-mg)			Índices nutricionais ² (%)		
	Alimento consumido	Fezes	Ganho de peso de lagartas	AD	ECI	ECD
IAC-25	268,9 ab	147,8 a	23,1 a	46,1 ab	8,4 abc	18,7 ab
IAC-47	258,9 ab	133,7 a	22,7 a	49,6 ab	8,0 abc	16,3 bc
DD-48	242,6 b	126,1 a	17,8 a	49,4 ab	7,3 c	15,8 bc
Patnai-6	247,5 b	143,8 a	22,4 a	43,9 b	9,0 ab	21,1 a
Ti Ho Hung	303,8 a	146,7 a	23,7 a	53,9 a	7,5 bc	14,7 c
TKM-6	227,3 b	115,9 a	21,1 a	50,0 ab	9,2 a	18,7 ab

¹ Lagartas alimentadas anteriormente (a partir da eclosão), durante seis dias, na dieta original de HENSLEY e HAMMOND (1968).

² Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 16 - Parâmetros biológicos¹ de *D. saccharalis* obtidos através da alimentação de lagartas² em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^\circ\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (3º Experimento).

Dietas das variedades	Fagoestimulação de lagartas (%)	Período larval (dias)	Viabilidade larval (%)	Peso fresco de pupa (mg)	Período pupal (dias)	Viabilidade pupal (%)	Deformação de adultos (%)	Viabilidade total (%)
IAC-25	100,0	30,4 a	100,0	73,7 a	6,7 a	100,0	0	100,0
IAC-47	90,0	29,9 a	90,0	82,9 a	7,0 a	100,0	11,1	90,0
DD-48	100,0	30,0 a	30,0	66,3 a	7,0 a	66,7	50,0	20,0
Patnai-6	100,0	35,5 a	55,6	77,8 a	6,6 a	100,0	0	55,6
Ti Ho Hung	100,0	29,3 a	80,0	83,0 a	6,6 a	100,0	12,5	80,0
TKM-6	90,0	34,9 a	80,0	88,1 a	6,4 a	100,0	0	80,0

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

² Lagartas alimentadas anteriormente (a partir da eclosão), durante seis dias, na dieta original de HENSLEY e HAMMOND (1968).

4.3.4. 4º EXPERIMENTO

Na Tabela 17, são apresentados os resultados, do quarto experimento que, em relação ao crescimento de lagartas, são de uma maneira geral semelhantes aos dos experimentos anteriores; o maior ganho de peso foi obtido nas dietas de IAC-25 (suscetível) e Ti Ho Hung (resistente), enquanto o menor crescimento ocorreu nas dietas das variedades resistentes DD-48 e TKM-6. O maior consumo de alimento ocorreu na dieta de Ti Ho Hung, confirmando resultados anteriores.

A ação fagoestimulante sobre lagartas foi 100% somente nas dietas das variedades suscetíveis IAC-25 e IAC-47 (Tabela 18) e isto pode estar associado ao fato de que as lagartas antes de serem colocadas nas dietas, foram alimentadas durante seis dias (a partir da eclosão) em plantas das variedades correspondentes a cada tratamento (dieta). Assim, é possível que nas variedades suscetíveis existam estimulantes de alimentação, responsáveis pelo melhor "pegamento" das lagartas nas dietas. A viabilidade larval foi destacadamente maior (100%) na dieta de IAC-25 e intermediária (80%) na de Ti Ho Hung; na dieta de IAC-47, a transformação de lagartas em pupas foi bastante baixa, ao nível da observada nas variedades resistentes. Com exceção para a dieta de Ti Ho Hung, a viabilidade pupal, foi de 100% nas demais dietas. No final, a viabilidade total foi de 100% para a dieta de IAC-25, o que pode estar associado a um maior valor nutritivo da mesma, ainda mais considerando-se que

neste substrato ocorreu um dos mais elevados crescimentos de lagartas (Tabela 17); na dieta de Ti Ho Hung, onde ocorreu também um elevado ganho de peso de lagartas, a viabilidade total, entretanto, foi baixa, principalmente devido a uma menor viabilidade pupal.

A Tabela 18 indica novamente a ausência de diferenças significativas entre as dietas, quanto à duração do período larval e pupal, mas indica diferenças em relação ao peso de pupas, sendo que o menor peso ocorreu devido à alimentação na dieta de DD-48, exatamente onde o crescimento de lagartas foi dos mais baixos (Tabela 17). Isto mais o fato da maior porcentagem de adultos deformados ter sido novamente causado pela alimentação na dieta de DD-48 (Tabela 18), estão plenamente de acordo com os resultados do experimento anterior, reforçando a hipótese da má adequação nutricional da variedade DD-48. Por outro lado, o maior peso de pupa foi obtido pela alimentação na dieta da variedade resistente TKM-6, onde no entanto, o ganho de peso de lagartas foi significativamente mais baixo. Isto pode ter sido consequência da menor viabilidade larval observada na dieta desta variedade. Assim, somente as lagartas mais vigorosas e conseqüentemente as mais crescidas teriam conseguido se transformar em pupas, o que justificaria o maior peso médio das mesmas.

Tabela 17 - Nutrição e crescimento de lagartas¹ de *D. saccharalis* em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 horas (4^o Experimento).

Dietas das variedades	Parâmetros nutricionais ² (peso seco-mg)			Índices nutricionais ² (%)		
	Alimento consumido	Fezes	Ganho de peso de lagartas	AD	ECI	ECD
IAC-25	201,1 ab	99,7 a	18,3 a	52,0 ab	9,1 a	18,1 b
IAC-47	209,6 ab	85,3 ab	17,2 ab	59,5 a	8,1 a	14,8 b
DD-48	159,9 bc	84,3 ab	12,8 b	48,1 bc	8,5 a	17,0 b
Patnai-6	175,2 bc	102,2 a	17,3 ab	42,4 c	10,1 a	24,1 a
Ti Ho Hung	233,1 a	111,0 a	18,5 a	54,4 ab	8,1 a	15,1 b
TKM-6	143,7 c	59,9 b	12,8 b	57,8 ab	9,2 a	16,2 b

¹ Lagartas alimentadas anteriormente (a partir da eclosão), durante seis dias, em plantas intactas da variedade que deu origem ao tratamento.

² Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 18 - Parâmetros biológicos¹ de *D. saccharalis* obtidos através da alimentação de lagartas² em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^\circ\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 horas (4º Experimento).

Dietas das variedades	Fagestimulação de lagartas (%)	Período larval (dias)	Viabilidade larval (%)	Peso fresco de pupa (mg)	Período pupal (dias)	Viabilidade pupal (%)	Deformação de adultos (%)	Viabilidade total (%)
IAC-25	100,0	33,8 a	100,0	69,1 ab	7,1 a	100,0	10,0	100,0
IAC-47	100,0	33,6 a	55,6	77,5 ab	7,0 a	100,0	20,0	55,6
DD-48	88,9	32,2 a	66,7	48,0 b	6,7 a	100,0	50,0	66,7
Patnai-6	66,7	36,0 a	66,7	54,8 b	7,0 a	100,0	16,7	66,7
Ti Ho Hung	80,0	31,9 a	80,0	71,5 ab	6,6 a	87,5	14,3	70,0
TKM-6	70,0	31,8 a	50,0	84,9 a	6,8 a	100,0	0	50,0

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

² Lagartas alimentadas anteriormente (a partir da eclosão), durante seis dias, em plantas das variedades correspondentes a cada tratamento.

4.3.5. 5º EXPERIMENTO

Os resultados do experimento constam na Tabela 19. Ocorreu diferença significativa entre as dietas quanto ao crescimento de lagartas; o maior ganho de peso foi obtido nas dietas das variedades suscetíveis IAC-25 e IAC-47 e o menor, novamente, na dieta da variedade resistente DD-48. Neste experimento, apesar do maior consumo de alimento ter ocorrido outra vez na dieta de Ti Ho Hung, o crescimento de lagartas na mesma foi intermediário.

Na Tabela 20, sobre parâmetros biológicos de *D. saccharalis* é visível que a fagoestimulação de lagartas foi de 100% na dieta de Ti Ho Hung; nas demais dietas, a fagoestimulação foi um pouco inferior mas sempre elevada. Não ocorreu diferença significativa entre as dietas quanto à duração do período larval e pupal e peso de pupas. Apesar da diferença não significativa, o peso de pupas foi relativamente maior quando as lagartas alimentaram-se na dieta de DD-48, contrariando a tendência observada nos experimentos anteriores. Entretanto, neste experimento, o peso e o número de pupas foram inversamente correlacionados (Figura 3), sugerindo mais uma vez que em situações de baixa viabilidade larval deve ocorrer uma seleção de lagartas e somente as mais crescidas transformem-se em pupas.

Os mais baixos valores de viabilidade larval, pupal e total e a mais alta porcentagem de adultos deformados,

Tabela 19 - Nutrição e crescimento de lagartas¹ de *D. saccharalis* em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^\circ\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h (5º Experimento).

Dietas das variedades	Parâmetros nutricionais ² (peso seco-mg)			Índices nutricionais ² (%)		
	Alimento consumido	Fezes	Ganho de peso de lagartas	AD	ECI	ECD
IAC-25	250,7 a	149,6 ab	20,3 a	42,2 a	8,2 ab	19,4 a
IAC-47	290,8 a	168,7 a	22,9 a	43,6 a	7,8 ab	19,9 a
DD-48	168,3 b	103,0 b	13,8 b	42,2 a	9,2 a	20,4 a
Patnai-6	225,7 ab	144,3 ab	17,6 ab	37,1 a	8,0 ab	22,3 a
Ti Ho Hung	276,9 a	173,4 a	18,5 ab	39,1 a	6,9 b	17,8 a
TKM-6	222,7 ab	129,2 ab	17,3 ab	43,7 a	7,2 b	17,8 a

¹ Lagartas de primeiro instar, recém-eclodidas.

² Média seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 20 - Parâmetros biológicos¹ de *D. saccharalis* obtidos através da alimentação de lagartas² em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = 25 ± 20C; UR = 60 ± 10%; fotofase = 14 h (5º Experimento).

Dietas das variedades	Resposta de lagartas (%)	Período larval (dias)	Viabilidade larval (%)	Peso fresco de pupa (mg)	Período pupal (dias)	Viabilidade pupal (%)	Deformação de adultos (%)	Viabilidade total (%)
IAC-25	90,0	47,3 a	53,3	58,0 a	8,3 a	80,5	0	43,3
IAC-47	86,7	44,4 a	60,0	59,7 a	8,4 a	90,5	0	53,3
DD-48	96,7	44,5 a	33,3	71,0 a	8,2 a	61,1	16,7	20,0
Patnai-6	90,0	44,9 a	40,0	65,5 a	8,5 a	77,4	0	30,0
Ti Ho Hung	100,0	43,5 a	70,0	58,9 a	8,1 a	71,4	6,7	50,0
TKM-6	96,7	43,8 a	60,0	60,7 a	8,6 a	95,8	5,9	56,7

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

² Lagartas de primeiro instar, recém-eclodidas.

Figura 3 - Relação entre número e peso de pupas de *D. saccharalis*, no 5º Experimento sobre alimentação de lagartas em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz.

obtidos, pela alimentação de lagartas de *D. saccharalis* na dieta de DD-48 (Tabela 20), estão de acordo com os resultados anteriores.

4.3.6. ANÁLISE GERAL SOBRE A ALIMENTAÇÃO DE LAGARTAS EM DIETAS ARTIFICIAIS CONTENDO EXTRATOS AQUOSOS DE PLANTAS DE ARROZ

O resultado conjunto dos 2º, 3º, 4º e 5º experimentos sobre a alimentação de lagartas de *D. saccharalis* em dietas artificiais contendo extratos aquosos (sem fibra) de plantas das variedades de arroz IAC-25, IAC-47, DD-48, Patnai-6, Ti Ho Hung e TKM-6 (Tabelas 21 e 22), elimina a variação de respostas entre os experimentos e possibilita uma análise global do efeito deste método no estudo de nutrição e crescimento e desenvolvimento do inseto.

O crescimento de lagartas foi diretamente correlacionado à quantidade de dieta consumida (Figura 4). Os valores de AD não diferiram significativamente, indicando que a proporção entre o alimento consumido e a produção de fezes pelas lagartas foi semelhante em todas as dietas. A diferença não significativa quanto a ECI, indica que a proporção entre a quantidade do alimento ingerido e aquela que foi transformada em substância do corpo das lagartas, também foi semelhante. Assim, na análise geral dos quatro experimentos, somente foram constatadas diferenças significativas quanto a ECD, que representa a porcentagem de alimento digerido que é convertida em

substância do corpo.

O maior e o menor valor de ECD, para as dietas de Patnai-6 e Ti Ho Hung, respectivamente, refletem, a tendência observada na maioria dos experimentos individualmente. Como os fatores responsáveis pela variação de ECD são o nível de tomada do alimento e o seu valor nutritivo (WALDBAUER, 1968) é possível especular que na dieta de Patnai-6, apesar da maior eficiência de conversão do alimento digerido, o crescimento intermediário de lagartas foi devido a fatores que induziram a uma menor ingestão de alimento. No caso da dieta de Ti Ho Hung a situação é praticamente inversa; mesmo com a menor eficiência de conversão do alimento digerido, o ganho de peso de lagartas foi o mais elevado e, isto esteve associado a fatores que condicionaram uma maior tomada de alimento, talvez para compensar um valor nutricional não muito adequado da dieta.

O elevado ganho de peso de lagartas associado ao valor intermediário de ECD nas dietas de IAC-25 e IAC-47, pode indicar que nestes substratos a concentração de nutrientes foi mais baixa, sendo isto compensado pela presença nas dietas de fatores que estimularam uma maior tomada de alimento. Isto caracterizaria uma situação intermediária em relação ao discutido anteriormente sobre as dietas de Ti Ho Hung e Patnai-6. Na dieta de TKM-6, o ganho de peso de lagartas foi significativamente inferior ao obtido nas dietas de IAC-25 e IAC-47, apesar de não existirem diferenças significativas quanto ao valor de ECD e, isto, pode ter sido consequência da presença de fatores

que impediram uma maior tomada de alimento neste substrato, cujo valor nutritivo seria similar ao das dietas de IAC-25 e IAC-47 e, assim, o crescimento do inseto seria proporcional à quantidade de alimento metabolizado.

O menor ganho de peso de lagartas obtido na dieta de DD-48, associado a um consumo de alimento e ECD dos mais baixos, indica que este substrato deve possuir realmente um valor nutritivo inferior além de fatores que impedem uma maior tomada de alimento (Tabela 21).

A utilização do alimento digerido pode ser reduzida em função de uma deficiência nutricional (WALDBAUER, 1964), da presença de substâncias (antimetabólitos) que bloqueiam a utilização de nutrientes, de taxas desfavoráveis de aminoácidos (REESE, 1979) ou da presença de aleloquímicos que são outro grupo de substâncias (não nutritivas) das plantas que podem influenciar diretamente o crescimento dos insetos ou interagir com nutrientes essenciais do alimento (REESE, 1977). Assim, qualquer uma destas substâncias podem ter sido a causa da variação de ECD, observada na Tabela 21.

A análise conjunta dos parâmetros biológicos de *D. saccharalis* (Tabela 22) mostrou que no geral, a fagoestimulação de lagartas, a duração do período larval e pupal, e o peso de pupas não foram afetados significativamente pela alimentação do inseto nas dietas das diferentes variedades de arroz. Entretanto, foram estabelecidas diferenças significativas, para as viabilidades larval, pupal e total e porcentagem de de-

formação de adultos, sendo que os piores valores foram obtidos pela alimentação de lagartas na dieta de DD-48. Assim, aliado estes resultados com o de menor crescimento de lagartas (Tabela 21), fica evidente a baixa adequação nutricional da dieta.

A ausência de diferenças significativas para peso de pupas que reflete uma tendência geral observada nos experimentos (Tabela 22), contraria os resultados relativos a diferenças significativas no ganho de peso de lagartas (Tabela 21), já que o peso médio de pupas não foi significativamente maior nas dietas das variedades que condicionaram um maior crescimento de lagartas. Isto pode estar ligado ao fato de que nos tubos em que as lagartas se alimentavam menos (pouco crescidas), a dieta secava mais rapidamente, tornando-se inadequada ao inseto, cuja transformação em pupa era bastante reduzida; entretanto, nos tubos em que o crescimento de lagartas foi maior, a umidade da dieta se manteve adequada às lagartas e a pupação foi mais freqüente. O ressecamento foi mais rápido nas dietas desfavoráveis ao inseto, como por exemplo na dieta de DD-48, onde ocorreu baixa viabilidade larval (Tabelas 16 e 20). Assim, em dietas deste tipo, somente as lagartas vigorosas (mais crescidas) transformariam-se em pupas, o que resultaria em um peso médio mais elevado; por outro lado, o peso médio das pupas referentes às dietas onde a viabilidade larval foi maior, tenderia a ser menor, porque representaria uma média do peso de indivíduos pequenos e grandes.

Tabela 21 - Análise conjunta de experimentos¹ de nutrição e crescimento de lagartas de *D. saccharalis* em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = 25 ± 2°C; UR = 60 ± 10%; fotofase = 14 horas.

Dietas das variedades	Parâmetros nutricionais ²			Índices nutricionais ²		
	Alimento consumido	Fezes	Ganho de peso de lagartas	AD	ECI	ECD
(peso seco-mg)						
(%)						
IAC-25	294,3 ab	135,8 ab	20,8 a	52,0 a	7,8 a	15,9 ab
IAC-47	298,1 ab	135,2 ab	21,0 a	54,2 a	7,3 a	14,9 ab
DD-48	260,5 b	115,0 b	15,4 c	52,2 a	7,2 a	14,7 b
Patnai-6	249,9 b	124,8 ab	18,9 ab	47,9 a	8,2 a	18,9 a
Ti Ho Hung	359,3 a	159,2 a	21,1 a	53,8 a	6,7 a	13,5 b
TKM-6	241,9 b	110,3 b	17,1 bc	53,6 a	7,6 a	15,2 ab

¹ Experimentos em que a fibra foi separada do macerado de colmos por ocasião do preparo das dietas.

² Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 22 - Análise geral dos parâmetros biológicos¹ de *D. saccharalis*, obtidos no 3º, 4º e 5º experimentos de alimentação de lagartas em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h.

Dietas das variedades	Fagostimulação de lagartas (%)	Período larval (%)	Viabilidade larval (%)	Peso fresco de pupa (mg)	Período pupal (dias)	Viabilidade pupal (%)	Deformação de adultos (%)	Viabilidade total (%)
IAC-25	96,7 a	37,2 a	84,4 a	66,9 a	7,4 a	93,5 abc	3,3 a	81,1 a
IAC-47	92,2 a	36,0 a	68,5 ab	73,4 a	7,5 a	96,8 ab	10,4 ab	66,3 ab
DD-48	95,2 a	35,6 a	43,3 b	61,8 a	7,3 a	75,9 c	38,9 b	35,6 c
Patnai-6	85,6 a	38,8 a	54,1 b	66,0 a	7,4 a	92,5 abc	5,6 a	50,8 bc
Ti Ho Hung	93,3 a	34,9 a	76,7 a	71,1 a	7,1 a	86,3 bc	11,2 ab	66,7 ab
TKM-6	85,6 a	36,8 a	63,3 ab	77,9 a	7,3 a	98,6 a	2,0 a	62,2 ab

¹ Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível 5% de probabilidade.

Figura 4 - Relação entre a média geral de ganho de peso de lagartas de *D. saccharalis* e a média geral da quantidade de alimento consumido, nos experimentos de nutrição e crescimento do inseto em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz.

Através da análise geral dos efeitos da alimentação de lagartas de *D. saccharalis* nas dietas artificiais contendo extratos aquosos dos colmos de plantas de variedades de arroz resistentes e suscetíveis à praga, estas dietas podem ser classificadas como altamente favoráveis ao crescimento (IAC-25, IAC-47 e Ti Ho Hung), favorável (Patnai-6), desfavorável (TKM-6) e altamente desfavorável (DD-48) e, esta classificação demonstra que uma resposta de resistência obtida em plantas intactas de variedades de arroz pode ser alterada, quando fatores biofísicos das plantas são eliminados. Assim, confrontando-se o resultado de crescimento de lagartas em plantas intactas (Tabela 6) com o obtido nas dietas artificiais (Tabela 21), pelo menos três tipos bem distintos de situações podem ser estabelecidos: (1) variedades favoráveis ao crescimento de lagartas, tanto na forma de planta intacta como em dietas artificiais (IAC-25 e IAC-47); para este caso, as evidências são de que tanto as características biofísicas como bioquímicas das plantas são adequadas ao inseto; (2) variedade desfavorável ao crescimento de lagartas na forma de planta intacta, mas favorável em dietas artificiais (Ti Ho Hung); nesta situação a evidência é de que as características biofísicas da planta incluem os fatores da resistência, enquanto a composição química da planta é favorável ao desenvolvimento larval; (3) variedade desfavorável ao crescimento de lagartas, tanto na forma de planta intacta como em dietas artificiais (DD-48); neste caso, fica demonstrado através das dietas o efeito negativo de

fatores bioquímicos das plantas, não ficando eliminada, entretanto, a possibilidade de um efeito negativo, também, de fatores biofísicos da planta intacta. Esta classificação das variedades Ti Ho Hung e DD-48 está de acordo com as conclusões de DAS (1976b) sobre a separação das causas biofísicas e bioquímicas da resistência do tipo antibiose em arroz à espécie *C. suppressalis*.

A colocação das variedades Patnai-6 e TKM-6 nestes grupos não fica bem definida, devido aos valores intermediários de crescimento de lagartas nas dietas. Entretanto Patnai-6 tende mais para o grupo (2) de Ti Ho Hung e TKM-6 para o grupo (3) de DD-48.

Na Tabela 23 é apresentado o efeito da origem alimentar de lagartas de *D. saccharalis*, "inoculadas" nas dietas artificiais de arroz, sobre alguns parâmetros biológicos. A fagoestimulação de lagartas, a viabilidade larval e, a porcentagem de deformação de adultos não diferiram significativamente em função do tipo de alimentação preliminar do inseto. As diferenças significativas na duração do período larval e pupal, no peso de pupas e, nas viabilidades pupal e total, indicaram que a "inoculação" de lagartas alimentadas anteriormente, durante seis dias (a partir da eclosão) na dieta original de HENSLEY e HAMMOND (1968), tendeu a proporcionar um maior crescimento e desenvolvimento do inseto do que a "inoculação" de lagartas de primeiro ínstar, recém-eclodidas. A alimentação preliminar de lagartas de primeiro ínstar, durante seis dias,

em plantas das variedades correspondentes a cada dieta (apesar de não diferir significativamente quanto ao peso de pupas do tratamento de "inoculação" das dietas diretamente com lagartas de primeiro ínstar) apresentou um efeito geral sobre o inseto, semelhante ao apresentado pela alimentação preliminar das lagartas na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968).

Na escolha do tipo de lagartas, além dos efeitos sobre parâmetros biológicos, outros aspectos devem ser levados em consideração. O método de usar lagartas alimentadas preliminarmente na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968), apresenta a desvantagem econômica de um maior custo, devido ao consumo de ingredientes para o preparo da dieta, a maior utilização de mão-de-obra, de equipamentos e de espaço em laboratórios; além disso, apresenta a desvantagem técnica da necessidade de transferência das lagartas para os tubos de ensaio com as dietas contendo extratos de plantas de arroz, o que aumentam os riscos de dano físico às lagartas e de contaminação das dietas. No caso de utilização de lagartas alimentadas anteriormente em plantas, o aspecto econômico não é tão importante, pois como substrato alimentar, precisam ser usadas apenas poucas plantas de cada variedade, entre aquelas que já estão sendo cultivadas para o preparo das dietas. A desvantagem técnica deste método, além de um alto risco de contaminação, está ligada também a necessidade de transferência de lagartas para as dietas, o que exige a dissecação das plantas aumentando ainda mais a possibilidade de prejudicar as lagartas. Ademais, durante a

pré-alimentação nas plantas as lagartas podem ser afetadas por fatores biofísicos das mesmas, contrariando o objetivo de preparo das dietas que é o de evitar, na alimentação do inseto, a influência deste tipo de fator.

Apesar do menor crescimento e desenvolvimento de *D. saccharalis*, como consequência da "inoculação" das dietas com lagartas de primeiro ínstar, recém-eclodidas, também foi possível diferenciar as variedades de arroz (Tabela 20) usando este tipo de lagarta. Este método de "inoculação" não apresenta as desvantagens do uso de lagartas pré-alimentadas e, para compensar a tendência de uma menor viabilidade larval e pupal que acabam induzindo a uma viabilidade total relativamente reduzida (Tabela 23), um maior número de tubos com dieta (repetições) deve ser utilizado, embora isto represente um custo adicional.

Tabela 23 - Efeito da origem da lagarta de *D. saccharalis*, "inoculada" nas dietas contendo extratos aquosos de plantas de arroz, sobre parâmetros biológicos¹. Temperatura = $25 \pm 20^{\circ}\text{C}$; UR = $60 \pm 10\%$; fotofase = 14 h.

Origem das lagartas ²	Fagocitulação de lagartas (%)	Período larval (dias)	Viabilidade larval (%)	Peso fresco de pupa (mg)	Período pupal (dias)	Viabilidade pupal (%)	Deformação de adultos (%)	Viabilidade total (%)
HENSLEY e HAMMOND	96,7 a	31,6 a	72,6 a	78,6 a	6,7 a	94,5 a	12,3 a	70,9 a
Planta	84,3 a	33,2 a	69,8 a	67,6 ab	6,9 a	97,9 a	18,5 a	68,2 a
1º ínstar	93,4 a	44,8 b	52,8 a	62,3 b	8,4 b	79,5 b	4,9 a	42,2 b

¹ Média geral dos tratamentos (dietas), no 3º, 4º e 5º experimentos; valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

² Lagartas alimentadas anteriormente (a partir da eclosão), durante seis dias, na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968) ou em plantas da variedade correspondente a cada dieta e, lagartas de primeiro ínstar recém-eclodidas.

4.4. NUTRIÇÃO E CICLO BIOLÓGICO DE *D. saccharalis* EM DIETAS ARTIFICIAIS CONTENDO EXTRATOS AQUOSOS DE PLANTAS DE ARROZ

Na Tabela 24, estão comparados exclusivamente os resultados de nutrição quantitativa e crescimento de lagartas de *D. saccharalis* nas dietas de IAC-25 e IAC-47, altamente favoráveis ao inseto, com os da de DD-48, altamente desfavorável, assim, consideradas através de experimentos anteriores. O ganho de peso de lagartas nas dietas de IAC-25 e IAC-47 (registrado aos 28 dias após a "inoculação") foi significativamente superior ao obtido na dieta de DD-48. A ausência de diferença significativa para AD indica mais uma vez que a digestibilidade do alimento não foi uma das causas do menor crescimento de lagartas na dieta de DD-48 e isto ocorreu em consequência da menor quantidade de alimento consumido, que demonstrou ser de pior qualidade nutricional, conforme indicam os baixos valores de ECI e ECD. Estes resultados concordam com o observado na análise geral dos experimentos (Tabela 21). Na Figura 5, observa-se, que a maioria das lagartas alimentadas nas dietas de IAC-25 e IAC-47, encontravam-se no 5º ínstar, enquanto que as lagartas alimentadas na dieta de DD-48, devido ao menor ritmo de crescimento, permaneciam distribuídas entre os 3º, 4º e 5º instares.

Os efeitos da alimentação de lagartas de *D. saccharalis* na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968) e nas dietas de

IAC-25, IAC-47 e DD-48, são comparadas na Tabela 25. Independentemente da variação do valor nutricional entre as dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz estas, quando comparadas a de HENSLEY e HAMMOND (1968), foram desfavoráveis ao crescimento e desenvolvimento do inseto, uma vez que condicionaram uma maior duração dos períodos larval e pupal, menor viabilidade larval e total e menor peso de pupas, apesar da ausência de diferenças significativas quanto a viabilidade pupal. A fagoestimulação de lagartas, também tendeu a ser inferior nas dietas contendo extratos aquosos de plantas de arroz, apesar da alta porcentagem ocorrida na dieta de IAC-47. De acordo com o valor da razão sexual, observado na Tabela 25, a alimentação de lagartas na dieta de IAC-47, induziu ao aparecimento de um maior número de indivíduos machos do que fêmeas. Na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968) ocorreu a menor porcentagem de adultos deformados, enquanto o maior valor esteve associado novamente à alimentação na dieta de DD-48. Esta constância na ocorrência de maior porcentagem de adultos deformados, quando as lagartas de *D. saccharalis* alimentaram-se na dieta de DD-48, deve estar associada a falta de algum nutriente no substrato. Esta hipótese está baseada no fato de que certas substâncias, como é o caso dos ácidos graxos linolêico e linolênico, serem essenciais para o desenvolvimento normal das asas de alguns insetos (PARRA, 1979). Ademais, a omissão destes ácidos na dieta de lagartas de *Diatraea grandiosella* Dyar, inseto do mesmo gênero ao estudado na presente pesquisa, promo

ve uma série de deformações nas asas dos adultos (CHIPPENDALE e REDDY, 1972).

A menor viabilidade total de *D. saccharalis* na dieta de DD-48, diferente significativamente da observada nas dietas de IAC-25 e IAC-47, confirma resultados anteriores e, neste experimento esteve associada principalmente, a uma menor viabilidade larval, apesar da tendência de menor viabilidade pupal (Tabela 25).

O efeito na oviposição e longevidade de adultos de *D. saccharalis* devido à alimentação de lagartas nas dietas de IAC-25, IAC-47 e DD-48 está apresentado na Tabela 26. Diferenças significativas foram estabelecidas somente em relação à viabilidade de ovos e longevidade de fêmeas.

Na Tabela 26, é possível observar (mesmo na ausência de diferenças significativas) uma tendência geral da dieta de DD-48 causar um efeito negativo na biologia de *D. saccharalis*, pois foi em consequência da alimentação de lagartas nesta dieta que os adultos tenderam a apresentar um maior período de pré-oviposição, menor fecundidade e viabilidade de ovos, embora apresentassem maior longevidade (machos e fêmeas). Aliando esta tendência à menor viabilidade total e mais alta porcentagem de deformação de adultos, também ligadas à alimentação das lagartas na dieta (Tabelas 22 e 25), fica mais uma vez evidenciado que as plantas da variedade de arroz DD-48, possuem uma composição química altamente desfavorável ao inseto.

O melhor desenvolvimento de *D. saccharalis* na

dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968), pelo menos, está associado ao seu maior teor protéico e de aminoácidos (Tabelas 27 e 28) já, que a concentração de proteínas nas lagartas alimentadas nesta dieta foi bastante superior à observada nas lagartas alimentadas nas dietas de IAC-25, IAC-47 e DD-48 (Tabela 27). Apesar da pequena diferença no teor protéico das dietas de arroz, o menor teor de proteína foi determinado em lagartas alimentadas na dieta de DD-48 o que pode indicar, pelo menos, em parte, que nas dietas de IAC-25 e IAC-47, ocorreu uma maior conversão do nutriente.

Uma hipótese para justificar um menor aproveitamento da proteína da dieta de DD-48, seria a presença de aleloquímicos na mesma, já que esse tipo de substância pode interagir com nutrientes dificultando a sua assimilação (REESE, 1977); assim os aleloquímicos teriam sido transferidos das plantas de DD-48 para a dieta e provocado um efeito de antibiose. Segundo DAS (1976b) o menor crescimento de lagartas de brocas-do-colmo do arroz em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas de variedades resistentes pode ser atribuído a um maior teor de substâncias fenólicas nas plantas. O menor desenvolvimento de *D. saccharalis* na dieta de DD-48, entretanto, deve estar associado a um ou mais tipos de aleloquímicos, que não sejam de natureza fenólica, pois a análise do teor total de fenóis no colmo e na bainha da folha das plantas das variedades (Tabela 27), indicou um maior teor da substância em IAC-47, em cuja dieta o desenvolvimento do inseto foi superior

ao obtido na dieta de DD-48.

A dieta de DD-48, por outro lado, foi situada em grupo distinto do das dietas de IAC-25 e IAC-47, em função da comparação do conteúdo de aminoácidos, pelo método de análise de componentes principais (Figura 6). Assim, a menor concentração de aminoácidos na dieta de DD-48 (Tabela 28) pode ser uma outra causa do desenvolvimento inferior de *D. saccharalis* neste substrato.

Em vista dos resultados, ficou evidenciada a pior qualidade nutricional das dietas contendo extratos aquosos de plantas de diferentes variedades de arroz em relação à dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968), entretanto, como objetivo do uso destas dietas não é o de promover a criação massal do inseto, mas sim o de desenvolver uma metodologia para avaliar o efeito da composição química de variedades de arroz, em estudos de resistência à *D. saccharalis*, pode-se considerar o seu uso como viável, já que diferenças significativas no crescimento e desenvolvimento do inseto foram estabelecidos pelo consumo das mesmas.

Tabela 24 - Nutrição e crescimento de lagartas¹ de *D. saccharalis* em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = 30°C; UR = 70 ± 10%; fotofase = 14 h.

Dietas das variedades	Parâmetros nutricionais ² (peso seco-mg)			Índices nutricionais ² (%)		
	Alimento consumido	Fezes	Ganho de peso de lagartas	AD	ECI	ECD
IAC-25	235,3 a	120,9 a	22,3 a	47,9 a	9,3 a	21,2 a
IAC-47	226,5 a	125,8 a	19,9 a	48,3 a	8,5 a	18,4 a
DD-48	132,9 b	61,5 b	9,3 b	54,6 a	6,6 b	12,8 b

¹ Lagartas de primeiro ínstar, recém-eclodidas.

² Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 5 - Frequência de lagartas de *D. saccharalis* nos diferentes ínstares após 28 dias de alimentação em dietas contendo extratos aquosos de variedades de arroz. Temperatura = 30°C; UR = 70 ± 10%; fotofase = 14 h.

Tabela 25 - Parâmetros biológicos¹ de *D. saccharalis*, obtidos através da alimentação de lagartas², na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968) e em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz. Temperatura = 30°C; UR = 70 ± 10%; fotofase = 14 horas.

Dietas de	Fagoestimulação de lagartas (%)	Período larval (%)	Viabilidade larval (%)	Peso fresco de pupa (mg)	Período pupal (dias)	Viabilidade pupal (%)	Razão sexual ($\frac{\sigma}{\sigma + \sigma'}$)	Deformação de adultos (%)	Viabilidade total (%)
HENSLEY e HAMMOND	98,9 a	18,9 a	98,9 a	122,2 a	6,5 a	80,2 a	0,49	1,1 a	79,0 a
VARIEDADES									
IAC-25	83,0 b	45,0 b	51,9 b	61,2 b	7,1 b	95,0 a	0,43	6,7 ab	44,9 b
IAC-47	96,3 a	44,4 b	56,5 b	57,3 b	7,0 b	86,6 a	0,37	5,6 ab	53,2 b
DD-48	83,9 b	46,1 b	35,3 c	62,5 b	7,2 b	77,9 a	0,47	16,7 b	26,6 c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Lagartas de primeiro ínstar, recém-eclodidas.

Tabela 26 - Influência da alimentação de lagartas¹ de *D. saccharalis*, em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz, sobre a oviposição e longevidade dos adultos². Temperatura = 25 ± 2°C; UR = 60 ± 10%; fotofase = 14 horas.

Dietas das variedades	Período de pré-oviposição (dias)	Fecundidade (ovos/fêmea)	Viabilidade de ovos (%)	Longevidade (dias)	
				♂	♀
IAC-25	1,83 a	210 a	42,1 ab	7,6 a	7,4 ab
IAC-47	2,12 a	200 a	64,8 a	6,6 a	6,0 b
DD-48	2,75 a	145 a	13,4 b	8,0 a	8,8 a

¹ Lagartas de primeiro instar, recém-eclodidas.

² Resultados obtidos através de 12 casais; médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 27 - Teor de proteína total em lagartas de *D. saccharalis*, na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968) e em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz e teor total de fenóis no colmo e na bainha da folha das plantas.

Dietas de	Proteína (%)		Fenol (%)	
	Dietas	Lagartas	Colmo	Bainha
HENSLEY e HAMMOND (1968)	24,0	41,8	-	-
Variedades de arroz				
IAC-25	10,7	25,2	3,2	4,6
IAC-47	10,1	25,6	4,9	15,7
DD-48	9,8	22,6	3,0	13,6

Tabela 28 - Teor de aminoácidos¹ (Aa), na dieta de HENSLEY e HAMMOND (1968) e em dietas contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz, e transformação em vetores² (Vt), para comparação pelo método de análise de componentes principais.

Aminoácidos	HENSLEY e HAMMOND		IAC-25		IAC-47		DD-48	
	Aa (%)	Vt	Aa (%)	Vt	Aa (%)	Vt	Aa (%)	Vt
Lisina ³	3,72	3	2,17	2	2,09	2	2,23	2
Histidina ³	2,62	3	1,86	2	1,61	1	1,91	2
Amônia	2,54	3	2,24	1	2,41	2	2,50	2
Arginina ³	2,73	3	1,95	2	1,29	2	1,15	1
Ác. aspártico	7,54	3	6,27	2	6,08	1	6,74	2
Treonina ³	2,55	3	2,41	2	2,47	2	2,15	1
Serina	1,35	2	1,47	3	1,29	2	1,19	1
Ác. glutâmico	17,63	3	14,70	2	14,87	2	15,41	2
Prolina	8,99	3	8,03	2	7,31	2	6,84	1
Glicina	4,29	3	2,77	2	2,74	2	2,97	2
Alanina	2,83	3	2,12	2	2,23	2	2,22	2
1/2 cistina	1,16	3	0,87	2	0,87	2	0,87	2
Valina ³	6,73	3	5,70	2	5,86	2	5,42	1
Metionina ³	1,76	3	1,58	2	1,53	1	1,63	2
Isoleucina ³	4,69	3	4,15	2	3,80	1	4,06	2
Leucina ³	8,62	3	5,63	1	7,08	2	6,76	2
Tirosina	0,57	2	1,04	3	0,68	2	0,28	1
Fenilalanina ³	5,38	3	4,36	2	4,08	2	3,92	2
GERAL (Σ Vt)	-	52	-	36	-	32	-	30
ESSENCIAIS (Σ Vt)	-	27	-	17	-	15	-	15

¹ Em gramas de aminoácidos por 100 g de proteína.

² Considerando a média do teor de um aminoácido nas três variedades como $\bar{X} \pm SD$ (desvio padrão), 1 = $Aa(\%) < \bar{X} - SD$, 2 = $\bar{X} - SD \leq Aa(\%) \leq \bar{X} + SD$ e 3 = $Aa(\%) > \bar{X} + SD$.

³ Considerados essenciais para a maioria dos insetos (PARRA, 1979).

DIETAS DE	Eixos ortogonais		
	X	Y	Z ¹
HENS. e HAMM. (1)	5,333	-0,216	-0,112
IAC-25 (2)	-1,296	2,057	1,260
IAC-47 (3)	-1,983	0,580	-1,797
DD-48 (4)	-2,053	-2,421	0,650
Coefficiente de explicação (%)	70,9	19,4	9,7

¹ Valor acrescido de 2,5 na Figura

Figura 6 - Diagrama tridimensional comparativo de dietas artificiais, em função do conteúdo de aminoácidos, pelo método de análise de componentes principais.

4.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por último, confrontando os resultados gerais dos experimentos de alimentação de lagartas de *D. saccharalis* em pedaços de colmo e em dietas artificiais contendo extratos aquosos, de plantas de arroz, torna-se possível o estabelecimento de algumas diferenças na eficiência destes dois métodos, no sentido de separar os efeitos de fatores biofísicos e bioquímicos de uma resistência do tipo antibiose.

A utilização de pedaços de colmos é um método barato devido à facilidade de cultivo das plantas de arroz e, tem como principal vantagem, o fato de possibilitar a medida de parâmetros e índices nutricionais do inseto em um alimento que possui de imediato, as mesmas propriedades químicas da planta intacta. Por outro lado, mesmo que as lagartas apresentem o hábito de se alimentarem diretamente no orifício central do colmo, eliminando assim um provável efeito da espessura e da dureza dos tecidos da sua parede (PATHAK *et alii*, 1971), não fica eliminada a possibilidade da alimentação ser afetada por algum outro fator biofísico do colmo, como o diâmetro interno, por exemplo, pois, em colmos com galeria estreita, pode haver restrição ao movimento e alimentação de lagartas (PATANAKAMJORN e PATHAK, 1967). Em pedaços de colmos, a alimentação pode ser afetada também, pela presença de SiO_2 nos tecidos, que em concentrações altas causa o desgaste das mandíbulas das lagartas (DJAMIN e PATHAK, 1967). Uma outra desvantagem do uso de peda-

ços de colmo, é a necessidade de trocas periódicas do material alimentar, visando preservar a quantidade e qualidade do mesmo. Isto aumenta o risco de mortalidade de lagartas por lesões físicas e contaminações.

O método de utilizar dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas de variedades de arroz resistentes e suscetíveis à *D. saccharalis*, demonstrou ser viável para indicar se as causas da antibiose são de natureza biofísica e/ou bioquímica já que o inseto se alimenta em um substrato sem a mínima influência de qualquer fator biofísico da planta. Este método, entretanto, tem como desvantagem o fato da composição química do extrato aquoso não representar exatamente a composição química da planta intacta, podendo os princípios da resistência química serem destruídos durante o preparo do extrato, devido a uma oxidação ou extração deficiente de componentes pela água ou mesmo, devido a "degradação dos mesmos pela ação mecânica do liquidificador", havendo inclusive o risco da substância química responsável pela resposta do inseto ter sido indevidamente diluída na preparação da dieta. O uso de dietas artificiais contendo extratos de arroz é também um processo mais dispendioso que o uso de pedaços de colmo pois exige, uma maior disponibilidade de recursos para aquisição dos ingredientes necessários para a preparação das dietas. Desse modo, o método deve ser usado exclusivamente nas fases mais adiantadas de programas de obtenção de variedades resistentes à praga, quando torna-se mais necessária a identificação das causas

da resistência e, mesmo assim, em pequenos grupos de materiais já bastante diferenciados.

Um dos pontos mais importantes da identificação das causas da resistência do tipo antibiose e em arroz à *D. saccharalis*, está ligado ao fato de que se a mesma for de natureza química, associada a algum aleloquímico, de fácil determinação, uma simples análise da concentração desta substância nas variedades, contribuiria muito para a aceleração do processo de obtenção de fontes de resistência. Como foi visto, as causas biofísicas da antibiose são várias (PATHAK *et alii*, 1971) e geralmente ocorrem simultaneamente nas plantas de uma mesma variedade, sendo portanto difícil isolar os seus efeitos. Além disso, os fatores biofísicos desempenham principalmente o papel de dificultar que o inseto penetre na planta e consuma maior quantidade de alimento. Em condições de altos níveis populacionais da praga, este tipo de efeito tende a ser anulado, já que algumas lagartas podem aproveitar-se da lesão feita por uma outra para penetrarem nas plantas. Já os fatores bioquímicos da antibiose atuam diretamente no metabolismo do inseto, independentemente do nível populacional, afetando o seu desenvolvimento nas plantas e, reduzindo o seu potencial de dano em cultivos subseqüentes. Assim, é vantajoso identificar variedades cuja resistência à *D. saccharalis*, do tipo antibiose, seja de natureza bioquímica. Mais vantajoso ainda é combinar em uma mesma variedade, fatores biofísicos e bioquímicos da resistência.

5. CONCLUSÕES

Os resultados dos experimentos permitem concluir que:

1. Em condições de planta intacta, as variedades IAC-25 e IAC-47 são mais adequadas ao crescimento de lagartas de *D. saccharalis* que as variedades DD-48, Patnai-6, Ti Ho Hung e TKM-6;
2. Há uma relação inversa entre o dano causado às plantas de arroz por lagartas de *D. saccharalis* e a dureza dos colmos e, o teor de fibra na bainha da folha;
3. O dano causado às plantas está diretamente associado ao diâmetro interno e ao teor de água e de proteína do colmo; existe também uma relação direta entre o crescimento de lagartas e o diâmetro interno do colmo;

4. A resistência do tipo antibiose que as variedades de arroz estudadas apresentam à *D. saccharalis* está associada a características biofísicas e/ou bioquímicas das plantas;
5. A técnica de infestar pedaços de colmos com lagartas serve para diferenciar variedades de arroz quanto à resistência à *D. saccharalis*, embora não separe totalmente o efeito dos fatores biofísicos e bioquímicos da antibiose;
6. É possível separar o efeito dos fatores biofísicos e bioquímicos da antibiose através da técnica de criação de lagartas em dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas de arroz;
7. A utilização de lagartas recém-eclodidas, para estudos de resistência através de dietas artificiais, torna o processo mais prático e econômico, em relação àquele que utiliza lagartas pré-alimentadas em outras dietas artificiais ou plantas de arroz, mas exige um maior número de repetições de cada tratamento;
8. Em dietas artificiais, existe uma relação direta entre o crescimento da lagarta e a quantidade do alimento consumido;
9. Entre os índices nutricionais, o índice de eficiência de conversão do alimento digerido (ECD) explica melhor a variação na adequação nutricional das dietas artificiais contendo extratos aquosos de plantas de arroz;

10. O confronto simultâneo da quantidade de dieta consumida e do valor de ECD com o ganho de peso de lagartas, é a forma mais eficiente de avaliar o papel da composição química da planta sobre a nutrição e crescimento do inseto;
11. As variedades favoráveis ao crescimento de lagartas, tanto na forma de planta intacta como em dieta artificial, possuem características biofísicas e bioquímicas adequadas ao inseto; variedades desfavoráveis na forma de planta intacta, mas favoráveis em dieta artificial, apresentam uma resistência do tipo antibiose ligada a características biofísicas das plantas;
12. Quando o crescimento do inseto é reduzido, tanto na planta intacta como em dieta artificial, não é possível determinar se a antibiose está associada a características biofísicas das plantas, mas é possível afirmar que a composição química das plantas está sendo uma das causas da antibiose;
13. Dentre as variedades testadas, a DD-48 é a mais resistente à *D. saccharalis* e o seu efeito de antibiose está associado a características bioquímicas das plantas;
14. A resistência do tipo antibiose em arroz à *D. saccharalis*, devida a fatores bioquímicos das plantas, reduz o crescimento de lagartas, as viabilidades larval, pupal e total, aumenta a porcentagem de adultos deformados e reduz o potencial de reprodução do inseto.

6. LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, J.J.L., 1976. Critérios para rejeição de dados aberrantes. Centro de Ciências, Departamento de Estatística e Matemática Aplicada, Universidade Federal do Ceará, Publicações nº 3 (Série C), Fortaleza, p.11-12. [mimeografado].
- AWADALLAH, W.H. e M.A. MAXIMOS, 1978. Effect of zink, phosphorus and nitrogen fertilizers on the rice stem borer infestation in Egypt. **Agricultural Research Review**. Cairo, 56(1): 95-100.
- BATAGLIA, O.C.; J.P.F. TEIXEIRA, A.M.C. FURLANI e J.R. GALLO, 1978. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agronômico, Circular nº 87, 31p.

- BEYTHIEN, A. e W. DIEMAIR, 1963. Laboratoriumsbuch für den lebensmittelchemiker, 8ª ed. Leipzig, Theodor Steinkopf, 804p.
- BIANCHINI Jr., I. e A.P.P. TOLEDO, 1981. Determinação de compostos fenólicos com reagentes de Folin-Denis. **Ciência e Cultura**, São Paulo, 33(4): 576-578.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1971. Sistemas de producción de arroz. Informe Anual de 1971. Cali, p.53-84.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1972. Rice production systems. Annual Report for 1972. Cali, p.127-162.
- CHIPPENDALE, G.M. e G.P.V. REDDY, 1972. Polyunsaturated fatty acid and sterol requirements of the southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella*. **Journal of Insect Physiology**. London, 18(2): 305-316.
- DAS, Y.T., 1976a. Cross resistance to stem borers in rice varieties. **Journal of Economic Entomology**. College Park, 69(1): 41-46.

- DAS, Y.T., 1976b. Some factors of resistance to *Chilo suppressalis* in rice varieties. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. Amsterdam, 20(2): 131-134.
- DJAMIN, A. e M.D. PATHAK, 1967. Role of silica in resistance to asiatic rice borer, *Chilo suppressalis* (Walker), in rice varieties. **Journal of Economic Entomology**. College Park, 60(2): 347-351.
- DOUGLAS, W.A. e J.W. INGRAM, 1942. Rice field insects. Washington, United State Department of Agriculture, Circular nº 632, 32p.
- DRAVÉ, H. e G. LAUGÉ, 1978. Etude de l'action de la silice sur l'usure des mandibules de la pyrale du riz: *Chilo suppressalis* (F.) (Walker) (Lep. Pyralidae Crambinae). **Bulletin de la Société entomologique de France**. Paris, 83(7/8): 159-162.
- ESAU, K., 1974. Anatomia das plantas com sementes. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 293p.
- FURLANI, P.R. e J.R. GALLO, 1978. Determinação de silício em material vegetal pelo método colorimétrico do "azul-de-molibdênio". **Bragantia**. Campinas, 37(único): V-XI.

- GHOSH, B.N., 1960. A note on the resistance of boro paddy to stem borer infestation. **Science and Culture**. Calcutta, 25(9): 547-549.
- GHOSH, B.N., 1962. A note on the incidence of stem borer (*Schoenobius incertulas* Walker) on boro paddy under nitrogen fertilizers. **Current Science**. Bangalore, 31(11): 472-473.
- GOMES, F.P., 1970. **Curso de Estatística Experimental**, 4ª edição. São Paulo, Livraria Nobel, 181-183p.
- HENSLEY, S.D. e A.M. HAMMOND, 1968. Laboratory techniques for rearing the sugar cane borer on an artificial diet. **Journal of Economic Entomology**. College Park, 61(6): 1742-1743.
- HIRANO, C., 1964. Studies on the nutritional relationships between larvae of *Chilo suppressalis* (Walker) and the rice plant, with special reference to role of nitrogen in nutrition of larvae. **Bulletin of the National Institute of Agriculture Sciences**. Tokyo, nº 17, 180p. [Series C].

HIRANO, C. e S. ISHII, 1959. Effect of fertilizers on the growth of larvae of the rice stem borer *Chilo suppressalis* Walker. III. Relation between application of phosphorus fertilizer and the growth of larvae. **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**. Tokyo, 3(2): 86-90.

HIRANO, C. e S. ISHII, 1961. Effect of fertilizers on the growth of larvae of the rice stem borer *Chilo suppressalis* (Walker). IV. Growth response of larvae to the rice plant supplied with potassium fertilizer at different levels. **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**. Tokyo, 5(3): 180-184.

HIRANO, C. e S. ISHII, 1962. Utilization of dietary carbohydrates and nitrogen by rice stem borer larvae, under axenic conditions. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, 5(1): 53-59.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1964. Entomology. Annual Report for 1964. Los Baños, p.157-184.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1966. Entomology. Annual Report for 1966. Los Baños, p.179-216.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1976. Insect Resistance. Annual Report for 1976. Los Baños, p. 53-61.

INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, 1977. Insect Resistance. Annual Report for 1977. Los Baños, p.61-72.

ISHII, S., 1967. Nutritional studies of the rice stem borer *Chilo suppressalis* (Walker). In: The Major Insects Pests of the Rice Plant. Baltimore, John Hopkins Press, p.229-239.

ISHII, S., 1971. Nutritional studies of the rice stem borer *Chilo suppressalis* (Walker), and its mass rearing. **Entomophaga**. Paris, 16(2): 165-173.

ISHII, S.; C. HIRANO; Y. IWATA; M. NAKASAWA e H. MIYAGAWA, 1962. Isolation of benzoic and salicylic acids from the rice plants as grown-inhibiting factor for the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) and some rice plant fungus pathogens. **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**. Tokyo, 6(4): 281-288.

ISRAEL, P., 1967. Varietal resistance to rice stem borer in India. In: The Major Insects Pests of the Rice Plant. Baltimore, John Hopkins Press, p.391-403.

JODON, N.E. e J.W. INGRAM, 1948. Survey of rice varieties for resistance to stalk borers. **Rice Journal**. New Orleans, 51: 28.

- KOGAN, M. e D. COPE, 1974. Feeding and nutrition of insects associated with soybeans. 3. Food intake, utilization, and growth in the soybean looper, *Pseudoplusia includens*. **Annals of the Entomological Society of America**. College Park, **67**(1): 66-72.
- KOGAN, M. e E. ORTMAN, 1978. Antixenosis - A new term proposed to define Painter's "nonpreference" modality of resistance. **Bulletin of the Entomological Society of America**. College Park, **24**(2): 175-176.
- LAWANI, S.M., 1982. A Review of Effects of Various Agronomic Practices on Cereal Stem Borer Populations. **Tropical Pest Management**. London, **28**(3): 266-276.
- MARTIN, F.A.; C.A. RICHARD e S.D. HENSLEY, 1975. Host resistance to *Diatraea saccharalis* (F.): Relationship of sugarcane internode hardness to larval damage. **Environmental Entomology**. College Park, **4**(5): 687-688.
- MARTINS, J.F. da S., 1976. Resistência de variedades e linhagens de arroz à *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera - Crambidae). Piracicaba, ESALQ-USP, 84p. [Dissertação de Mestrado].

- MARTINS, J.F. da S.; B. da S. PINHEIRO e J.A. LOWE, 1978. Nitrogênio e infestação da broca do colmo em arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, 13(3): 23-25.
- MARTINS, J.F. da S.; B. da S. PINHEIRO e N.V. TAN, 1981. Resistência de arroz de sequeiro à broca do colmo e sua associação com características morfológicas das plantas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, 16(2): 187-192.
- MARTINS, J.F. da S.; C.J. ROSSETTO e A.O. ROCCIA, 1977a. Preferência para oviposição de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) em variedades de arroz. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. Jaboticabal, 6(1): 64-72.
- MARTINS, J.F. da S.; C.J. ROSSETTO e A.O. ROCCIA, 1977b. Resistência de variedades e linhagens de arroz à lagarta de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794). **Ciência e Cultura**. São Paulo, 29(10): 1141-1145.
- MAXWELL, F.G. e P.R. JENNINGS, 1980, eds. Breeding plant resistant to insects. New York, John Wiley & Sons, 683p.
- MUNAKATA, K. e D. OKAMOTO, 1967. Varietal resistance to rice stem borers in Japan. **In**: The Major Insects Pests of the Rice Plant. Baltimore, John Hopkins Press, p.419-453.

MUNAKATA, K.; T. SAITO; S. OGAWA e S. ISHII, 1959. Oryzanone, an attractant of the rice stem borer. **Bulletin the Agricultural Chemical Society of Japan**. Tokyo, 23(1): 64-65.

NAKANO, K.; G. ABE; N. TAKETA e C. HIRANO, 1961. Silicon as an insect resistance component of host plant, found in the relation between the rice stem borer and rice plant. **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**. Tokyo, 5(1): 17-27.

NARAYANASAMY, P.; P. BASKARAN; M. BALASUBRAMANIAM e V. ADAICK-ALAM, 1976. Different levels of N, P and K on the incidence of rice insect pests. **Rice Entomology Newsletter**. Los Baños, 4(1): 37.

OLIVER, B.F. e J.R. GIFFORD, 1975. Weight differences among stalk borer larvae collected from rice lines showing resistance in field studies. **Journal of Economic Entomology**. College Park, 68(1): 134.

OLIVER, B.F.; J.R. GIFFORD e G.B. TRAHAN, 1972. Differential infestation of rice lines by the rice stalk borer. **Journal of Economic Entomology**. College Park, 65(3): 711-713.

OLIVER, B.F.; J.R. GIFFORD e G.B. TRAHAN, 1973. Reaction of selected rice lines to stalk borers. **Journal of Economic Entomology**. College Park, 66(3): 794-796.

- PARRA, J.R.P., 1979. **Biologia dos insetos**. Piracicaba, ESALQ. Apostila de Curso de Pós-Graduação, 383p. [mimeografado].
- PARRA, J.R.P., 1980. Métodos para Medir Consumo e Utilização de Alimentos por Insetos. In: RAMIRO, Z.A.; J. GRAZIA e F.M. LARA, eds. Anais do VI Congresso Brasileiro de Entomologia. Campinas, Fundação Cargill, p.77-102.
- PATANAKANJORM, S. e M.D. PATHAK, 1967. Varietal resistance of rice to the asiatic rice borer, *Chilo suppressalis* (Walker), and its association with various plant caracteres. **Annals of the Entomological Society of America**. College Park, 60(2): 287-292.
- PATHAK, M.D., 1964. Varietal resistance as a method of rice stem borer control. **International Rice Commission Newsletter**. Bangkok, 13: 15-21.
- PATHAK, M.D., 1967. Varietal resistance to rice stem borers at IRRI. In: The Major Insects Pests of the Rice Plant. Baltimore, John Hopkins Press, p.405-418.
- PATHAK, M.D.; F. ANDRES; N. GALACGAC e R. RAROS, 1971. Resistance of rice varieties to striped rice borers. Los Baños, International Rice Research Institute, Technical Bulletin, nº 11, 69p.

- PATHAK, M.D. e G.S. KHUSH, 1975. Control of upland rice insects through varietal resistance. **In:** INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Major Research in upland rice. Los Baños, p.117-125.
- PATHAK, M.D. e R.C. SAXENA, 1980. Breeding approaches in rice. **In:** MAXWELL, F.G. e P.R. JENNINGS, eds. Breeding Plants Resistant to Insects. New York, John Wiley & Sons, p.421-455.
- PUGLIESE, A., 1954. Insetos e fungos que atacam o arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**. Porto Alegre, 8(11): 33.
- QUEIROZ, E.A.; L.D. SILVA Jr. e L.F.V. MANZANO, 1981. Aspectos técnicos da cultura do arroz no Estado de Mato Grosso. **Correio Agrícola**. São Paulo, (nº 3/81): 352-354.
- REESE, J.C., 1977. The effects of plant biochemicals on insect growth and nutritional physiology. **In:** HEDIN, P.A., ed. Host-plant resistance to pests. Washington, American Chemical Society Symposium Series, Nº 62, p.129-152.
- REESE, J.C., 1979. Interactions of allelochemicals with nutrients in herbivore food. **In:** ROSENTHAL, G.A. e D.H. JANSEN. Herbivores: Their Interaction with Secondary Plant Metabolites. New York, Academic Press, p.309-330.

ROSSETTO, C.J.; S. SILVEIRA NETO; D. LINK; J.G. VIEIRA; E. AMANTE; D.M. de SOUZA; N.V. BANZATTO e A.M. de OLIVEIRA, 1973. Pragas do arroz no Brasil. **In:** Contribuições Técnicas da Delegação Brasileira à 2ª Reunião do Comitê de Arroz para as Américas, FAO, Pelotas, p.149-238.

SASAMOTO, K., 1961. Resistance of the rice plant applied with silicate and nitrogenous fertilizers to the rice borer *Chilo suppressalis* (Walker). Proceedings of the Faculty of Liberal Arts Education, Yamanashi University, Kōfu, Japan, Nº 3, p.1-73.

SILVA, A.G. d'A.; C.R. GONÇALVES; D.M. GALVÃO; A.J.L. GONÇALVES; J. GOMES; M.N. SILVA e L. SIMONI, 1968. Quarto Catálogo dos Insetos que Vivem nas Plantas do Brasil, seus Parasitos e Predadores. Rio de Janeiro, Serviço de Defesa Sanitária Vegetal, Ministério da Agricultura, 1º Tomo, Parte II, 622 p.

SLANSKY Jr., F. e M. SCRIBER, 1982. Selected bibliography and summary of quantitative food utilization by immature insects. *Bulletin of the Entomological Society of America*. College Park, 28(1): 43-55.

- SUBBARAO, D.V. e A. PERRAJU, 1976. Resistance in some rice strains to first-instar larvae of *Tryporyza incertulas* (Walker) in relation to plant nutrients and anatomical structure of the plants. *International Rice Research Newsletter*. Manila, 1(1): 14-15.
- VIDYACHANDRA, B.; J.K. ROY e B. DAS, 1981. Chemical differences in rice varieties susceptible or resistant to gall midge and stem borer. *International Rice Research Newsletter*. Manila, 6(2): 7-8.
- VIEIRA, V.V., 1980. Suscetibilidade de variedades, intensidade de infestação e avaliação de danos de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera - Pyralidae) em arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Piracicaba, ESALQ/USP, 79p. [Dissertação de Mestrado].
- WALDBAUER, G.P., 1964. 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*. Amsterdam, 7(3): 253-269.
- WALDBAUER, G.P., 1968. The consumption and utilization of food by insects. *Advances in Insect Physiology*. London, 5: 229-288.