

RESISTÊNCIA DE MILHO A PRAGAS DA ESPIGA, HELICOVERPA ZEA
(BODDIE) SITOPHILUS ZEAMAIS MOTSCHULSKY E SITOTROGA CEREA-
LELLA (OLIVIER).

CARLOS JORGE ROSSETTO

Engenheiro Agrônomo
Seção de Entomologia Fitotécnica
Instituto Agronômico, Campinas
Bolsista do CNPq, T.C. 1518

ORIENTADOR: Prof. DOMINGOS GALLO

Tese de doutoramento apresenta
da à Escola Superior de Agri-
cultura "Luiz de Queiroz" da
Universidade de São Paulo.

C a m p i n a s
São Paulo Brasil

1972

A minha esposa,

pais e amigos,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A pesquisa foi integralmente financiada pelo acordo CIA-BNDE, contrato FUNDEPRO 42 e pelo CNPq, T.C. 1518.

O autor agradece a todas pessoas que direta ou indiretamente colaboraram na execução deste trabalho, especialmente às abaixo relacionadas:

Dr. Domingos Gallo, Professor Catedrático, Chefe do Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, pelos primeiros ensinamentos de entomologia, pelo apoio constante e orientação na atividade profissional.

Dr. Ricardo Pereira de Lima Carvalho, Diretor da Escola de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal e Dr. Sinval Silveira Neto, Livre Docente do Departamento de Entomologia da E.S.A. "Luiz de Queiroz", pelo apoio constante e pela colaboração.

Eng^o.Agr^o. Toshio Igue, M.S., Seção de Técnica Experimental e Eng^o.Agr^o. William José da Silva, Ph.D., Seção de Genética, do Instituto Agronômico, Campinas, pelo incentivo e pela colaboração na parte de estatística e melhoramento de milho respectivamente.

Eng^o.Agr^o. Dionísio Link, M.S., Cadeira de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul e Eng^o.Agr^o. Antonio Fernando de Souza Leão Veiga, M.S., chefe da Seção de Fitossanidade e Microbiologia do Instituto de Pesquisas Agronômicas, Recife, Pernambuco, pela colaboração constante e ajuda valiosa na reunião da bibliografia.

Sra. Maria Inês Fonseca Jorge, Srs. Archangelo Marion, Antonio de Souza e Osvaldo Betti, funcionários da Seção

de Entomologia Fitotécnica, Instituto Agronômico, Campinas, pela compreensão e espírito de colaboração.

Eng^o.Agr^o. David Rossetto, estagiário na Seção de Genética, Instituto Agronômico, Campinas, em 1970, pela colaboração.

Dr. Pedrito Silva, chefe da Divisão de Entomologia, CEPEC-CEPLAC, Itabuna, Bahia, pela colaboração espontânea na bibliografia.

Eng^o.Agr^o. Eduardo Zink, M.S., chefe substituto da Seção de Sementes, Instituto Agronômico, Campinas, pelas análises de teor de umidade de sementes.

Eng^o.Agr^o. Luis Torres de Miranda, chefe da Seção de Milho, Instituto Agronômico, Campinas, pela colaboração.

Dr. Reinaldo Forster, Diretor da Divisão de Atividades Técnicas, Básicas e Auxiliares, Instituto Agronômico, Campinas, pela colaboração eficiente.

Dr. Hermano Vaz de Arruda, chefe da Seção de Estatística, Instituto Biológico de São Paulo, pela colaboração na parte de estatística.

Dr. Reginald H. Painter (falecido) e Dr. Luiz O.T.Mendes, pelos ensinamentos e acima de tudo pelo exemplo.

Eng^o.Agr^o. Veslei da Rosa Caetano, da Estação Experimental de Passo Fundo, do Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul, pelas sugestões.

Eng^o.Agr^o. José Alfredo Usberti Filho, Seção de Genética, Instituto Agronômico, Campinas, pela colaboração.

Prof^a, Lúcia Pereira Lima Carvalho, pela revisão do texto.

Dr. Roger N. Williams pela revisão do "summary".

Sr. Raphael Pompeu de Camargo, pelos desenhos e gráficos.

Srta. Nícia Marcondes Zingra, pelo desenho da capa, e ao Sr. Alfredo Armando Carlstrom Filho, pela datilografia de parte do texto.

Srs. José Roberto Biajoli e William Charles Ducret pelas fotografias.

A todas as pessoas e Instituições relacionadas no texto, pela atenção e pelo auxílio prestado.

CONTEUDO

	Página
Lista de quadros	IX
Lista de figuras	XI
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DA LITERATURA	6
2.1. Escalas de dano para pragas da espiga	6
2.2. Criação de <u>Sitophilus zeamais</u>	6
2.3. Número de insetos utilizados na infestação ..	6
2.4. Influência do cereal utilizado na criação do inseto sobre a resistência	7
2.5. Modo de infestação das espigas	7
2.6. Infestação de <u>Sitophilus</u> em condições de cam- po	7
2.7. Posição dos ovos de <u>Sitophilus</u> no grão de mi- lho	8
2.8. Seleção dentro de populações contra pragas em milho	8
2.9. Relação entre características da palha e in- festação de pragas	8
2.10. Relação entre tamanho da espiga e infestação de pragas	13
2.11. Cereais hospedeiros e espécies de <u>Sitophilus</u> .	14
2.12. Frequência de ocorrência de espécies de <u>Sito-</u> <u>philus</u> no Brasil	14
2.13. Biologia de <u>Sitophilus zeamais</u>	15
3 - ESCALAS DE DANO PARA PRAGAS DA ESPIGA	16
3.1. Materiais e métodos	16
3.2. Resultados e discussão	16
4 - CRIAÇÃO DE <u>SITOPHILUS ZEAMAIS</u>	23
4.1. Materiais e métodos	23

	Página
4.2. Resultados e discussão	24
5 - INFESTAÇÃO DE VARIEDADES DE MILHO NA FORMA DE GRÃOS DEBULHADOS COM DIFERENTES NÚMEROS DE <u>SITOPHILUS ZEAMAI</u> S SEXADOS E NÃO SEXADOS	28
5.1. Materiais e métodos	28
5.2. Resultados e discussão	30
6 - INFLUÊNCIA DO CEREAL UTILIZADO PARA CRIAÇÃO DE <u>SITOPHILUS ZEAMAI</u> S SOBRE A RESISTÊNCIA POSTERIOR DE VARIEDADES DE MILHO	34
6.1. Materiais e métodos	34
6.2. Resultados e discussão	35
7 - MODO DE INFESTAÇÃO DAS ESPIGAS	37
7.1. Materiais e métodos	37
7.2. Resultados e discussão	38
8 - NÚMERO DE <u>SITOPHILUS ZEAMAI</u> S UTILIZADO NA INFESTAÇÃO X TEMPO PARA VERIFICAÇÃO DOS DANOS NA ESPIGA X VARIEDADE DE MILHO	41
8.1. Materiais e métodos	41
8.2. Resultados e discussão	42
9 - INFESTAÇÃO DE VARIEDADES DE MILHO EM CONDIÇÕES DE CAMPO POR PRAGAS DE GRÃOS	46
9.1. Materiais e métodos	46
9.2. Resultados e discussão	47
10 - POSIÇÃO DOS OVOS DE <u>SITOPHILUS ZEAMAI</u> S EM ESPIGAS E GRÃOS DEBULHADOS DE MILHO	51
10.1. Materiais e métodos	51
10.2. Resultados e discussão	52
11 - SELEÇÃO ESPIGA POR FILEIRA MODIFICADA CONTRA PRAGAS DA ESPIGA	59
11.1. Materiais e métodos	59

	Página
11.2. Resultados e discussão	62
12 - RELAÇÃO ENTRE A POSIÇÃO DAS ESPIGAS NA PLANTA E INFESTAÇÃO DE PRAGAS'	71
12.1. Materiais e métodos	71
12.2. Resultados e discussão	72
13 - APLICAÇÃO DA FÓRMULA DE BAYES PARA CÁLCULO DO NÚ- MERO DE CICLOS DE SELEÇÃO NECESSÁRIOS PARA OBTEN- ÇÃO DE UMA POPULAÇÃO RESISTENTE	76
13.1. Fórmula de Bayes'	76
13.2. Considerações sobre a eficiência de testes de resistência e algumas de suas implica- ções biológicas	78
13.3. Número de ciclos de seleção necessários pa- ra obtenção de uma população resistente a partir de uma suscetível	85
14 - OCORRÊNCIA DE <u>SITOPHILUS ZEAMAI</u> S E <u>SITOPHILUS</u> <u>ORYZAE</u> EM ARROZ, TRIGO E MILHO EM CONDIÇÕES NATU- RAIS	91
14.1. Materiais e métodos	91
14.2. Resultados e discussão	91
15 - FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE <u>SITOPHILUS ZEAMAI</u> S E <u>SITOPHILUS ORYZAE</u> NO BRASIL	96
15.1. Materiais e métodos	96
15.2. Resultados e discussão	97
16 - BIOLOGIA DE <u>SITOPHILUS ZEAMAI</u> S	101
16.1. Materiais e métodos	101
16.2. Resultados e discussão	103
17 - CONCLUSÕES	111
18 - RESUMO	119
19 - SUMMARY	129
20 - LITERATURA CITADA	136

LISTA DE QUADROS

	Página
1. Influência de <u>Sitophilus</u> na qualidade do milho ...	3
2. Notas médias de dano e porcentagens de grãos infestados	20
3. Número de <u>Sitophilus</u> e peso de milho, para criação	27
4. Número de <u>Sitophilus</u> nascidos de 600gs de milho ..	27
5. Número de <u>Sitophilus</u> x sexagem x variedade de milho em grão	30
6. Número de <u>Sitophilus</u> x variedade de milho em grão.	31
7. Efeito da criação de <u>Sitophilus</u> em milho e sorgo .	35
8. Influência da forma de infestação da espiga com <u>Sitophilus</u>	38
9. Número de <u>Sitophilus</u> na infestação de espigas	45
10. Infestação de milho no campo	48
11. Infestação de milho no laboratório	50
12. Posição dos ovos nos grãos	55
13. Análise do quadro 12	56
14. Danos de pragas em populações selecionadas e testemunhas	68
15. Correlações entre infestação e características da palha	69
16. Coeficientes de correlação com transformação em $\sqrt{x + 0,5}$ e arco seno \sqrt{x}	70
17. Dano e características em duas espigas da mesma planta	72
18. Comparações de médias entre espigas da mesma planta	75
19. Frequência de resistentes e número de plantas em vários ciclos de seleção	88

	Página
20. Número corrigido de plantas em vários ciclos de se <u>leção</u>	89
21. Amostras de cereais de diversos municípios	92

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Flutuação de preço do milho	5
2. Escala de danos para <u>Sitophilus</u> e <u>Sitotroga</u>	21
3. Orifício de emergência de <u>Sitotroga</u>	22
4. Orifício de emergência de <u>Sitophilus</u>	22
5. Tabuleiro de madeira com caixas plásticas	33
6. Vidro para insetos utilizado durante sexagem	33
7. Tabuleiro para espigas com fundo de tela	40
8. Espiga de milho infestada com <u>Sitophilus</u>	40
9. Experimento com espigas infestadas com <u>Sitophilus</u> .	40
10. Posição dos ovos de <u>Sitophilus</u> no grão	58
11. Medição da pressão da palha	58
12. Espécies de <u>Sitophilus</u> em diferentes cereais	95
13. Frequência de espécies de <u>Sitophilus</u> no Brasil	100
14. Casais de <u>Sitophilus</u> em observação	107
15. Grãos de milho aguardando emergência dos adultos ..	107
16. Ritmo de oviposição de <u>Sitophilus zeamais</u>	108
17. Ritmo de nascimento de <u>Sitophilus zeamais</u>	109
18. Período de incubação dos ovos de <u>Sitophilus zeamais</u>	110
19. Período de desenvolvimento de ovo a adulto	110

INTRODUÇÃO

A cultura do milho no Brasil tem diversas características que favorecem um programa de pesquisa objetivando o melhoramento dessa cultura contra as pragas que a infestam. Pode-se mencionar entre essas características as seguintes:

1. É a cultura que ocupa a maior área de cultivo no país, 10.205.699 ha em 1970. Isto quer dizer que qualquer melhoramento introduzido nessa cultura, terá amplo reflexo econômico no Brasil.

2. É uma cultura de ciclo curto, sendo possível com auxílio de irrigação fazer duas culturas por ano. Num programa de melhoramento genético em que cruzamentos entre plantas com seleção dos descendentes são necessários, o ciclo curto da planta é importante.

3. O milho é uma das plantas que possui uma variabilidade genética muito grande. Além disso essa variabilidade genética está à disposição dos pesquisadores, pois um trabalho básico de coleta de germoplasma, em diferentes regiões do Continente Americano, já foi levado a efeito, encontrando-se esse material conservado nos bancos de germoplasma, dos quais o maior é o de Chapingo, no México.

4. O milho é uma das culturas mais estudadas do ponto de vista genético, o que facilita qualquer estudo relacionado com este setor.

5. É uma espécie vegetal fácil de ser polinizada artificialmente, podendo uma mesma planta ser cruzada e autofecundada, produzindo grande número de sementes descendentes de cada polinização feita.

6. A cultura apresenta vários problemas de pragas no campo, podendo-se citar a Elasmopalpus lignosellus (Zeller,

1848), Spodoptera frugiperda (J.E.Smith, 1797), Diatraea saccharalis (Fabricius, 1794) e Helicoverpa zea (Boddie, 1850), que incidem sistematicamente todos os anos, algumas de forma generalizada, podendo atingir a totalidade das plantas como é o caso de Helicoverpa zea. Depois de colhido, o milho continua a ser danificado por diversas pragas no depósito podendo-se mencionar como de maior importância o Sitophilus zeamais Motschulsky, 1855 e a Sitotroga cerealella (Olivier, 1819). As pragas do campo, todos os anos reduzem a produção, enquanto que as pragas dos depósitos dificultam o armazenamento provocando uma quebra sensível de peso, que é visível e uma perda mais significativa na qualidade do produto, que é invisível. - (IRABAGON 1959).

O quadro 1 mostra o ganho e perda de peso de ratos alimentados em rações com 80% de milho, tendo sido utilizado milho sem dano de Sitophilus e milhos que tinham sofrido 2,50% 6,82% e 25,89% de perda de peso, devido a essa praga.

Os resultados no quadro 1 demonstram claramente a magnitude dos prejuízos causados à qualidade nutricional do milho pelo Sitophilus, correspondendo 25,89% de quebra de peso do milho a perda total da qualidade do produto. Isto sugere que o prejuízo causado ao milho, no Brasil, pelo Sitophilus e outras pragas do milho armazenado na realidade são maiores do que se supõe, já que o prejuízo em qualidade, geralmente não é tomado em consideração.

7. O milho tem preço baixo na época da colheita (figura 1) quando geralmente é comercializado. Se o milho não sofresse nas fazendas, perdas severas devidas a insetos, como acontece atualmente, poderia ser armazenado alguns meses, com boa faixa de lucro para o agricultor.

8. As pragas do milho geralmente não têm outras alter

nativas de controle no momento, sendo os inseticidas pouco usados nessa cultura no Brasil. No caso das pragas do milho armazenado o problema é facilmente contornado através do emprego de fumigantes ou Malathion em pó, no caso do milho ser armazenado, depois de debulhado. Entretanto no caso do milho ser armazenado na forma de espigas, como faz a maioria dos agricultores, somente a fumigação dá bons resultados e o tratamento com o Malathion em pó não mostrou eficiência em relação a milhos não tratados (TRIPLEHORN et alii 1966). Como a maioria dos agricultores não possui depósitos bem fechados, que permitam a operação de fumigação, conclui-se que o milho fica desprotegido nas propriedades rurais, sofrendo livremente a infestação das pragas. O fato de não haver até o momento outras alternativas econômicas de controle, torna mais desejável um programa de melhoramento genético, contra as pragas do milho.

Quadro 1 - Ganho ou perda de peso de ratos após 25 dias de alimentação em uma ração que continha 80% de milho sadio ou com diferentes graus de perda de peso, ocasionados por Sitophilus (IRABAGON 1959).

Porcentagem de perda de peso, causado por <u>Sitophilus</u> no milho utilizado na ração.	Ganho de peso dos ratos, em gramas após 25 dias.
0,00 (milho sadio)	+ 4,580
2,50	+ 3,233
6,82	+ 1,887
25,89	- 1,442

9. Todas as pragas do milho supra mencionadas são de larga distribuição geográfica no Continente Americano, distri

buindo-se desde a Argentina até os Estados Unidos, sendo que as pragas do depósito são cosmopolitas. São pragas muito estudadas, havendo um volumoso acervo de informações publicadas a respeito das mesmas, sob os mais diferentes aspectos, inclusive resistência da planta. Isto facilita qualquer trabalho que se deseja realizar com essas pragas.

10. Há muitas referências na literatura mundial, que demonstram perfeitamente a viabilidade de se resolver os problemas de pragas do milho, através do melhoramento genético.

Considerando todas essas condições foi iniciado um programa de melhoramento de milho contra as pragas, objetivando inicialmente obter populações mais resistentes às pragas da espiga Helicoverpa zea, Sitophilus zeamais e Sitotroga cerealella.

São aqui relatados resultados de experimentações conduzidas com essas pragas, em múltiplos aspectos que interessam direta ou indiretamente ao programa de melhoramento como critérios para comparar os danos causados, métodos de criação e infestação artificial, informações básicas sobre a biologia, preferência por hospedeiros e distribuição geográfica de Sitophilus, fatores que influenciam na resistência de milho a Sitophilus e uma técnica de seleção espiga por fileira modificada, para pragas da espiga.

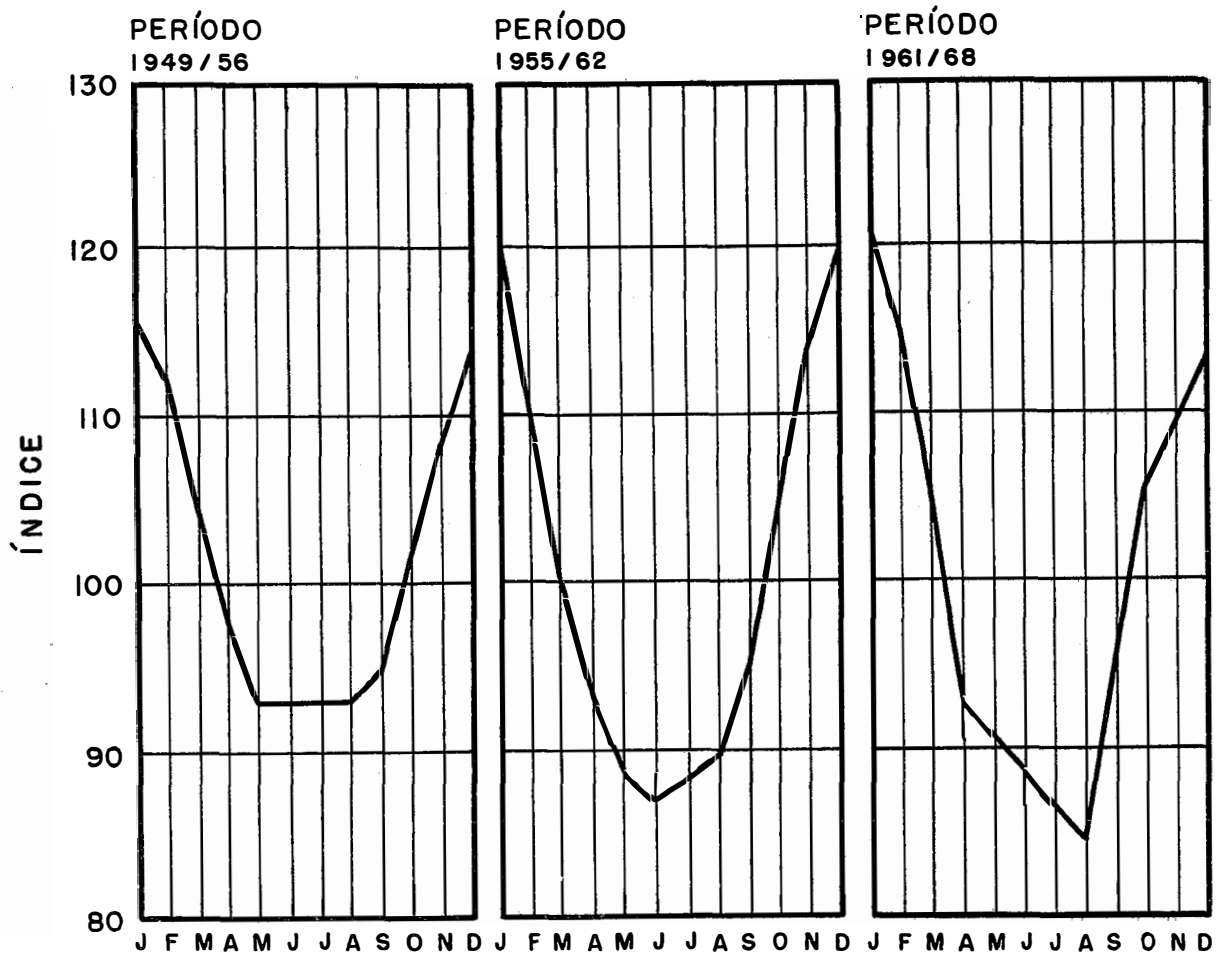


Fig.1 - Variação estacional do preço do milho recebido pelo produtor em São Paulo no período de 1949-1968 (de Hoffmann citado por PINHEIRO & AMARO 1970).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Escalas de dano para pragas da espiga.

WIDSTROM (1967) fez uma avaliação de métodos anteriormente usados para comparar variedades de milho, em relação ao ataque de Helicoverpa zea e baseado em resultados experimentais propôs uma escala revisada, que se mostrou mais vantajosa. Essa escala é a seguinte: nenhum dano (nota 0); dano apenas ao cabelo (nota 1); dano até 1cm abaixo da ponta da espiga (nota 2); dano entre 1 e 2cm abaixo da ponta da espiga (nota 3); e assim sucessivamente, dano entre n e n+1cm abaixo da ponta da espiga (nota n+2).

Uma escala para avaliar híbridos ou variedades de milho para resistência ou suscetibilidade a Sitophilus oryzae (L.) foi elaborada por entomologistas, do Sul dos Estados Unidos. (KIRK & MANWILLER 1964, DOUGLAS 1969). Essa escala é a seguinte: 0,1 a 5% de grãos danificados (nota 1); 5,1 a 15% de grãos danificados (nota 2); 15,1 a 40% de grãos danificados (nota 3); 40,1 a 70% de grãos danificados (nota 4); e 70,1 a 100% de grãos danificados (nota 5).

2.2. Criação de Sitophilus zeamais.

STRONG et alii (1967) descreveram um método para a criação de Sitophilus em trigo, bastante satisfatório para obtenção de grandes populações dessa espécie. Esse método foi seguido com pequenas modificações no presente trabalho.

2.3. Número de insetos utilizados na infestação.

DIAZ (1967) trabalhou com três variedades de milho em parcelas de 40 grãos infestadas com 2, 4, 6, 8 e 10 casais de Sitophilus zeamais por parcela e concluiu que se infestando as amostras com 6 casais conduzia a resultados satisfatórios, permitindo discriminar bem as diferenças de suscetibilidade

entre as variedades.

KIRK & MANWILLER (1964) recomendaram a utilização de 30 a 70 mil insetos adultos por acre, repetindo-se a infestação 3 vezes em intervalos de 7 a 10 dias, em condições de campo.

2.4. Influência do cereal utilizado na criação do inseto sobre a resistência.

O princípio de Hopkins diz que os insetos polífagos dão preferência para ovipositar no hospedeiro, no qual se criaram. Há uma série de casos na literatura que seguem esta regra e há muitos outros que não seguem (PAINTER 1951, ROSSETTO 1969b). É importante distinguir entre o princípio de Hopkins que se refere apenas ao hospedeiro onde a larva se criou, de um outro efeito também importante o do substrato, onde o inseto adulto a ser testado se alimentou antes do teste. A maior parte dos casos atribuídos ao princípio de Hopkins, provavelmente são devidos a este último, sendo portanto casos de condicionamento imaginal (JERMY et alii 1968). No caso do Sitophilus ambos os fatores poderiam atuar, pois além do inseto ser criado no cereal, após o nascimento o adulto fica se alimentando desse cereal, até ser utilizado no teste.

2.5. Modo de infestação das espigas.

Técnicas para infestação de espigas de milho no próprio campo por S.zeamais já foram investigadas e estabelecidas por KIRK & MANWILLER (1964) e McMILLIAN et alii (1968).

2.6. Infestação de Sitophilus em condições de campo.

FLOYD & POWELL (1958) e GILES & ASHMAN (1971), estudaram problemas de infestação do milho no campo por Sitophilus respectivamente nos E.U.A. e Africa, e concluíram que quando o grão de milho está com umidade de 76% os adultos já podem

ovipositar nos mesmos, mas dão origem apenas a larvas e pupas, não havendo aparecimento dos adultos e quando o milho atinge 60% de umidade as larvas podem se desenvolver e dar adultos, de tal forma que quando o milho está na época da colheita uma geração de Sitophilus, já pode ter ocorrido.

2.7. Posição dos ovos de Sitophilus no grão de milho.

BISHARA (1967) estudou a posição do grão de milho mais preferida para oviposição de três espécies de Sitophilus, inserindo o grão de milho parcialmente em parafina e expondo parte do grão para oviposição. Concluiu que 360 fêmeas de Sitophilus zeamais ovipositaram em 640 sementes em 48 horas, 434 ovos na ponta do grão, 223 no lado do embrião, 199 no lado oposto ao embrião e 50 na parte costal do grão.

2.8. Seleção dentro de populações contra pragas em milho.

PENNY et alii (1967) trabalhando com 5 variedades de milho verificaram que dois ciclos de seleção recorrente eram suficientes para aumentar para um nível alto a frequência de gens para resistência a Ostrinia nubilalis (Huebner) e três ciclos de seleção resultou praticamente na obtenção de variedades resistentes a essa lepidobroca. WIDSTROM et alii (1970) concluíram que uma população de milho resistente a lagarta da espiga, Helicoverpa zea, pode ser obtida através de seleção recorrente, sem prejuízo da produtividade e demais características agronômicas. GUTHRIE & DICKE (1972) mencionaram diversas variedades sintéticas de milho resistentes a O.nubilalis, obtidas através de seleção recorrente.

2.9. Relação entre características da palha e infestação de pragas.

Um dos tópicos mais citados na literatura referente à

resistência de milho a pragas da espiga é justamente a relação entre características da palha e infestação de insetos. Os resultados e opiniões dos autores são muitas vezes discordantes.

HINDS & TURNER (1911) informaram que o comprimento e aperto da palha eram fatores importantes na infestação de Sitophilus.

COTTON (1920) informou que espigas com palha longa e apertada eram praticamente imunes ao ataque de Sitophilus.

CARTWRIGHT (1930) separou as espigas de milho quanto ao comprimento da palha além da ponta da espiga, nas seguintes classes: 0 a 1; 1,5 a 2,5; 3 a 6 polegadas. As porcentagens médias de espigas danificadas durante 3 anos de observação, por Helicoverpa zea nas três classes foram: 49,95; 63,24 e 60,78; danificadas por Sitophilus foram: 46,89; 33,33 e 23,25; danificadas por Sitotroga cerealella foram: 26,41; - 25,60 e 20,19. Na maioria das observações houve uma relação inversa entre o comprimento da palha e a incidência das pragas, exceto em um dos anos de estudo no caso de Helicoverpa, durante o qual apenas 35,33% das espigas do campo foram infestadas. Nesse ano houve uma relação diretamente proporcional entre comprimento da palha e infestação, o que resultou na média acima relatada para os 3 anos. Esse autor concluiu que uma longa palha além da ponta da espiga tende a proteger contra o dano de Helicoverpa, especialmente quando esse comprimento é maior que 4 a 5 polegadas. No caso de Sitophilus o autor concluiu que há uma correlação inversa entre a infestação de Sitophilus e o comprimento da palha, independente desta ser apertada ou solta, com ponta aberta ou fechada.

DOUGLAS (1947) verificou que o grau de infestação de Helicoverpa variava muito entre variedades que possuíam o mes

mo comprimento de palha, além da ponta da espiga e algumas li-
nhagens com comprimentos variáveis de 1 a 6 polegadas, tinham
grau de dano semelhante para Helicoverpa. Esse autor verifi-
cou que aparentemente a completa ausência da proteção da pa-
lha deixando a ponta do milho exposta, favorecia o dano de
Helicoverpa, mas comprimentos de palha além da ponta da espi-
ga de 2 a 3 polegadas, ofereciam tanta proteção quanto 5 a 6
polegadas.

PAINTER (1951) concluiu que o comprimento da palha
certamente contribui para explicar parte das diferenças em in-
festação por Sitophilus, principalmente em variedades, mas po-
dia haver outros fatores, não preferência ou antibiose ou am-
bos, independentes do fator palha. Quanto a Helicoverpa esse
autor relacionou o aperto e comprimento de palha entre os 12
fatores apontados como relacionados com a resistência a esta
praga e lembrou que o comprimento da palha está positivamente
relacionado com a umidade disponível.

EDEN (1952a, 1952b) obteve um coeficiente de regres-
são significativa entre infestação de Sitophilus e a cobertura
da palha, ressaltando que os dois fatores importantes na pa-
lha eram comprimento além da ponta da espiga e número de pa-
lha.

YARNELL (1952) encontrou uma correlação de $r = 0,071$
entre grau de resistência e porcentagem de espigas com mais
de 2,5 polegadas de extensão de palha, e concluiu que não ha-
via associação entre essa característica da palha e resistên-
cia de Helicoverpa, no material por ele estudado.

FLOYD & POWELL (1958) concluíram que o dano às espi-
gas feitos por pássaros era responsável por 63% do dano feito
por Sitophilus, enquanto que a infestação de Helicoverpa era
responsável por 15%.

FLOYD et alii (1959) observaram na Louisiana, que a infestação de Sitophilus era muito mais importante que a de Sitotroga por ocasião da colheita, e que 26% das espigas com boa proteção de palha estavam infestadas por Sitophilus, enquanto que 43% com má proteção de palha, estavam infestadas, e a infestação era maior nestas últimas espigas. Observaram que a porcentagem de espigas infestadas por Sitotroga também variou de 6 para 9%, entre espigas com boa e má proteção de palha respectivamente, mas consideraram a influência da palha maior sobre Sitophilus, que sobre Sitotroga.

VARGAS (1962) observou uma correlação inversa entre a infestação de espigas no campo por Sitophilus e o número de palhas e o comprimento além da ponta da espiga.

LUCKMANN et alii (1964) observaram que muitas vezes alguns estilos ("cabelos") não conseguem crescer normalmente e sair para fora da ponta da espiga, ficando retorcidos e constituindo uma barreira à penetração de Helicoverpa, sendo em muitos casos a única causa aparente da resistência. SNYDER - (1967) comprovou a observação anterior e verificou que o comprimento da palha na ponta e aperto da palha no meio da espiga estavam relacionados com a resistência. Espigas com "cabelo" não retorcidos foram 42% e 34% menos infestadas em 1965 e 1966 respectivamente. Esse autor encontrou um coeficiente de correlação negativo significativo entre comprimento de palha e dano de Helicoverpa (-0,417) em 1965 e em 1966 o coeficiente foi de -0,439 mas não foi significativo. A correlação simples entre aperto de palha no meio da espiga e dano não foi significativa. Em geral as variedades resistentes a Helicoverpa tinham a palha mais apertada e a ponta mais longa que variedades comerciais de milho doce, mas a correlação parcial entre comprimento de palha e o dano de Helicoverpa não foi significan-

te, quando o torcimento do "cabelo" foi mantido constante. Isto pode explicar em parte muitas contradições existentes na literatura científica, já que a maioria das conclusões tiradas foram baseadas em correlações simples.

GALLO (1966) sugeriu a seleção de variedades com palha comprida e apertada, como controle cultural de Helicoverpa.

CAMERON & ANDERSON (1966) concluíram que aparentemente havia pouca relação entre comprimento de palha e grau de resistência a Helicoverpa. Quando a palha foi cortada na ponta longitudinalmente ou a extremidade foi seccionada transversalmente deixando-a uma polegada mais curta, o dano aumentou em ambos os casos, mas algumas variedades parecem ter sido mais afetadas.

STARKE & McMILLIAN (1967) concluíram que o aperto da palha principalmente na ponta influenciou o dano feito aos grãos por Helicoverpa mais do que o comprimento da palha. Seccionando a ponta da palha longitudinalmente aumentou o dano, mas de forma diferente nas variedades. A falta de polinização foi desfavorável ao inseto.

WIDSTROM & DAVIS (1967) obtiveram correlações negativas significantes, $r = -0,688$, entre comprimento de palha e dano de Helicoverpa, e $r = -0,771$, entre aperto de palha e dano. Sugeriram que o aperto de palha parecia ser mais importante que o comprimento de palha para resistência.

McMILLIAN et alii (1968) testaram 5 híbridos para resistência a Sitophilus com a palha intacta e a palha cortada longitudinalmente na ponta e verificaram que 2 híbridos foram resistentes e 3 suscetíveis, independente da palha estar cortada ou intacta. Concluíram que outros fatores além da palha contribuem para a resistência.

WISEMAN et alii (1970) estudaram o comportamento de alguns híbridos com palha intacta e palha cortada longitudinalmente até o meio da espiga e observaram que o comportamento de alguns híbridos foi alterado, tanto em relação a Helicoverpa como para Sitophilus. A palha contribuiu para proteger as espigas contra pragas.

LINK & ESTEFANEL sugeriram que a cobertura da palha influiu no comportamento de variedades e híbridos em relação à Sitotroga e Sitophilus.

GILES & ASHMAN (1971) verificaram que a porcentagem de espigas de milho infestadas por ocasião da colheita por Sitophilus zeamais, variou de 1% em espigas com palha bem fechada, 13% de espigas com palhas soltas e 20% das espigas com pontas expostas.

2.10. Relação entre tamanho das espigas e infestação de pragas.

DOUGLAS (1947) observou que o comprimento e peso das espigas era constante em linhagens de milho independente do comprimento da palha, mas dentro de híbridos e variedades o comprimento da espiga era menor quando o comprimento da palha era maior. GILES & ASHMAN (1971) observaram que espigas consideradas de palha apertada pesavam menos, tinham menos grãos e eram menores que as espigas que possuíam palha aberta ou frouxa. Espigas longas geralmente possuíam palha aberta tornando-se mais suscetível ao ataque de insetos. Estes autores sugeriram que o acréscimo de produção deveria ser feito aumentando-se o número de espigas por planta o que resultaria em espigas menores mais bem protegidas, e não aumentando o comprimento das espigas o que usualmente resulta em deficiente cobertura de palha.

2.11. Cereais hospedeiros e espécies de Sitophilus.

Vários autores já mencionaram que em milho a espécie Sitophilus zeamais prevalece sobre Sitophilus oryzae, enquanto que em trigo ocorre o inverso com S.oryzae prevalecendo sobre S.zeamais (BIRCH 1953, FLOYD & NEWSON 1959, MORRISON - 1964a, KIRITANI 1965, BISHARA 1967). Quanto ao arroz, FLOYD & NEWSON (1959) observaram que o arroz polido favoreceu o crescimento da população de S.zeamais, enquanto que o arroz em casca não teve influência tão marcante a favor desta espécie. No Japão KIRITANI (1965) observou que o arroz ocupava uma posição intermediária entre o milho e o trigo em relação a essas duas espécies, pois permitia um desenvolvimento larval mais rápido de S.zeamais, mas ocorria o nascimento de número maior de S.oryzae. No Egito, BISHARA (1967) observou que em relação à preferência para oviposição de Sitophilus, o arroz ocupava uma posição intermediária entre milho e trigo, sendo que S.zeamais teve preferência marcante para ovipositar em milho, e depois em trigo, arroz e sorgo enquanto S.oryzae teve preferência marcante por trigo e depois em arroz, sorgo e milho. WILLIAMS (1964) verificou que o arroz foi mais favorável as duas espécies S.zeamais e S.oryzae, sendo o desenvolvimento mais rápido e o número de insetos nascidos maior, quando comparado ao trigo, sorgo e milho. À temperatura de 32,2°C (90°F), no trigo não houve nenhum desenvolvimento de S.zeamais, enquanto S.oryzae se desenvolveu bem.

2.12. Frequência de ocorrência de espécies de Sitophilus no Brasil.

ROSSETTO (1969a) estudou a frequência de ocorrência das espécies de Sitophilus em amostras de milho coletadas em municípios do Estado de São Paulo e verificou que a quase to-

talidade dos indivíduos pertenciam à espécie Sitophilus zeamais, algumas amostras estavam infestadas com Sitophilus oryzae e nenhum indivíduo da espécie Sitophilus granarius foi encontrado. Após a publicação desse trabalho algumas informações taxonômicas adicionais foram publicadas sobre o complexo S. oryzae e S. zeamais, que podem ser úteis na distinção dessas espécies. BOUDREAU (1969) descreveu características na pontuação do pronoto que lhe permitiram separar com segurança as duas espécies sem necessidade de examinar a genitália. PROCTOR (1971) verificou que o aedeagus de S. zeamais é mais convexo na extremidade quando visto de perfil que S. oryzae. Este caráter não é tão seguro quanto as caneluras dorsais existentes no aedeagus de S. zeamais, mas facilita a separação, pois o aedeagus pode ser facilmente examinado colocando-o de perfil.

2.13. Biologia de Sitophilus zeamais.

Um dos insetos mais bem estudados em relação a sua biologia é justamente o Sitophilus zeamais. Como há entretanto duas espécies "siblings" de Sitophilus, oryzae e zeamais, em muitos trabalhos escritos antes de 1959, é difícil saber a que espécie a informação da biologia se aplica, pois não havia então caracteres morfológicos bons para separação das duas espécies.

Uma extensa revisão bibliográfica anotada, sobre a taxonomia e ecologia de Sitophilus spp foi publicada por MORRISON (1964b). Entre os diversos estudos de biologia de Sitophilus zeamais já conduzidos podem ser citados os de HINDS & TURNER (1911), COTTON (1920), RICHARDS (1944 e 1947), SEGROVE (1951), HOWE (1952) e WILLIAMS (1964). Os resultados obtidos por esses autores serão mencionados juntamente com os obtidos no presente trabalho no item 16.2., discussão dos resultados.

3. ESCALAS DE DANO PARA PRAGAS DA ESPIGA

Num programa de melhoramento de milho contra pragas da espiga é necessário utilizar-se critérios para comparar o grau de dano causado por cada praga em diferentes plantas. No presente trabalho, isto foi feito através de escalas de dano.

3.1. Materiais e métodos

3.1.1. Materiais

Utilizou-se espigas de milho da variedade Maya de um paiol naturalmente infestado, com vários graus de dano de Sitophilus zeamais e Sitotroga cerealella.

3.1.2. Métodos

Para comparação dos danos causados por H.zea utilizou-se a escala revisada de WIDSTROM (1967), da forma como foi descrita.

Para comparação dos danos causados por S.zeamais e S. cerealella empregou-se a escala de DOUGLAS (1969). Para poder empregar rapidamente esta escala sem a necessidade de efetuar uma contagem de grãos danificados e sadios em cada espiga examinada, selecionou-se um grupo de 4 espigas dentro de cada classe de dano, de tal forma que pelo menos uma espiga de cada grupo, se situasse próxima ao limite com outra classe. Posteriormente os orifícios de cada grão danificado foi pintado com tinta preta, de forma a torná-lo mais visível.

3.2. Resultados e discussão

A figura 2 ilustra o conjunto de espigas escolhido, que constituiu a escala de dano utilizada para comparações visuais com as espigas dos experimentos. Ela foi utilizada para atribuir notas aos danos de Sitotroga e Sitophilus, embora a distinção entre esses danos seja sutil.

Verificou-se que o orifício de emergência do adulto

de Sitotroga é arredondado, (figura 3) enquanto o de emergência de Sitophilus apresenta os bordos irregulares ou quebrados (figura 4).

É importante notar que as notas atribuídas a uma série de espigas pertencentes a um mesmo tratamento, não podem ser simplesmente somadas, e calculada sua média aritmética para servir como comparação com outros tratamentos. Conforme foi explicado por DOUGLAS (1969), como padrão de comparação entre tratamentos deve ser usada a porcentagem total de grãos infestados. Para exemplificar consideremos as notas finais atribuídas a 10 espigas, em dois tratamentos do experimento relativo à forma de infestação das espigas com Sitophilus, correspondentes respectivamente ao tratamento 2V (saquinho com duas voltas de elástico) e 1V (saquinho com uma volta de elástico) do 5º bloco (Quadro 8).

Tratamento	Notas de dano atribuídas às 10 espigas									
1V	1	0	0	0	4	3	0	4	0	5
2V	1	4	1	0	3	4	4	0	1	1

Deseja-se saber, quais dos dois tratamentos foi mais infestado.

Adotando-se o critério da média aritmética das notas como meio de comparação, vê-se que 1V teve nota média 1,70, enquanto que 2V teve média 1,90. Por esse critério poderia ser concluído que as espigas de 2V foram um pouco mais infestadas.

O critério porém, recomendado por KIRK & MANWILLER (1964) é baseado no cálculo da porcentagem total de grãos infestados, que é obtida utilizando-se o quadro 2.

Inicialmente calcula-se a nota média atribuída às es-

spigas infestadas. Para 1V tem-se $17/5 = 3,4$ e para 2V $19/8 = 2,4$. As notas 0 representam espigas não infestadas. Com o uso do quadro 2, vê-se que a nota média 3,4 corresponde uma porcentagem de infestação de 37% e a nota 2,4 corresponde uma porcentagem de infestação de 16%.

Tratamento	% de infestação nas espigas infestadas	% de espigas infestadas	% de infestação total
1V	37	50	18,5
2V	16	80	12,8

Tratamento	Média aritmética das notas atribuídas a 10 espigas	Porcentagem total de grãos infestados
1V	1,70	18,5
2V	1,90	12,8

A porcentagem de grãos infestados do total examinado no caso de 1V é 18,5%, ou seja, a metade de 37%, já que apenas 50% das espigas apresentavam 37% de infestação, enquanto a outra metade apresentava infestação nula. No caso de 2V é $16\% \times 0,8 = 12,8\%$.

Baseando-se portanto, neste critério, do total de grãos infestados em cada tratamento, vê-se que 1V foi mais infestado que 2V.

Vê-se portanto, que o critério é muito importante para a comparação dos tratamentos e o recomendado por KIRK & MANWILLER (1964) baseado na porcentagem total de grãos infestados é mais real e deve ser o critério utilizado.

Sempre que se utilizar uma escala de notas de dano para comparar variedades, atribuindo-se várias notas a uma par-

cela, a comparação final entre tratamentos não pode basear-se apenas nas médias aritméticas das notas atribuídas, mas sim nas perdas reais correspondentes a essas notas.

Quadro 2 - Graus de infestação correspondentes às notas médias de dano atribuídas às espigas de milho infestadas. (KIRK & MANWILLER 1964).

Nota média	Porcentagem de infestação nas espigas infestadas	Nota média	Porcentagem de infestação nas espigas infestadas
0,1	0,5	2,6	19,0
0,2	0,5	2,7	21,0
0,3	1,0	2,8	23,0
0,4	1,0	2,9	25,0
0,5	1,1	3,0	28,0
0,6	1,3	3,1	30,0
0,7	1,5	3,2	32,0
0,8	1,8	3,3	35,0
0,9	2,1	3,4	37,0
1,0	2,5	3,5	40,0
1,1	3,0	3,6	43,0
1,2	3,5	3,7	46,0
1,3	4,0	3,8	49,0
1,4	4,7	3,9	52,0
1,5	5,3	4,0	55,0
1,6	6,0	4,1	58,0
1,7	6,7	4,2	61,0
1,8	7,6	4,3	64,0
1,9	8,7	4,4	67,0
2,0	10,0	4,5	70,0
2,1	11,0	4,6	73,0
2,2	13,0	4,7	76,0
2,3	14,0	4,8	79,0
2,4	16,0	4,9	82,0
2,5	17,0	5,0	85,0

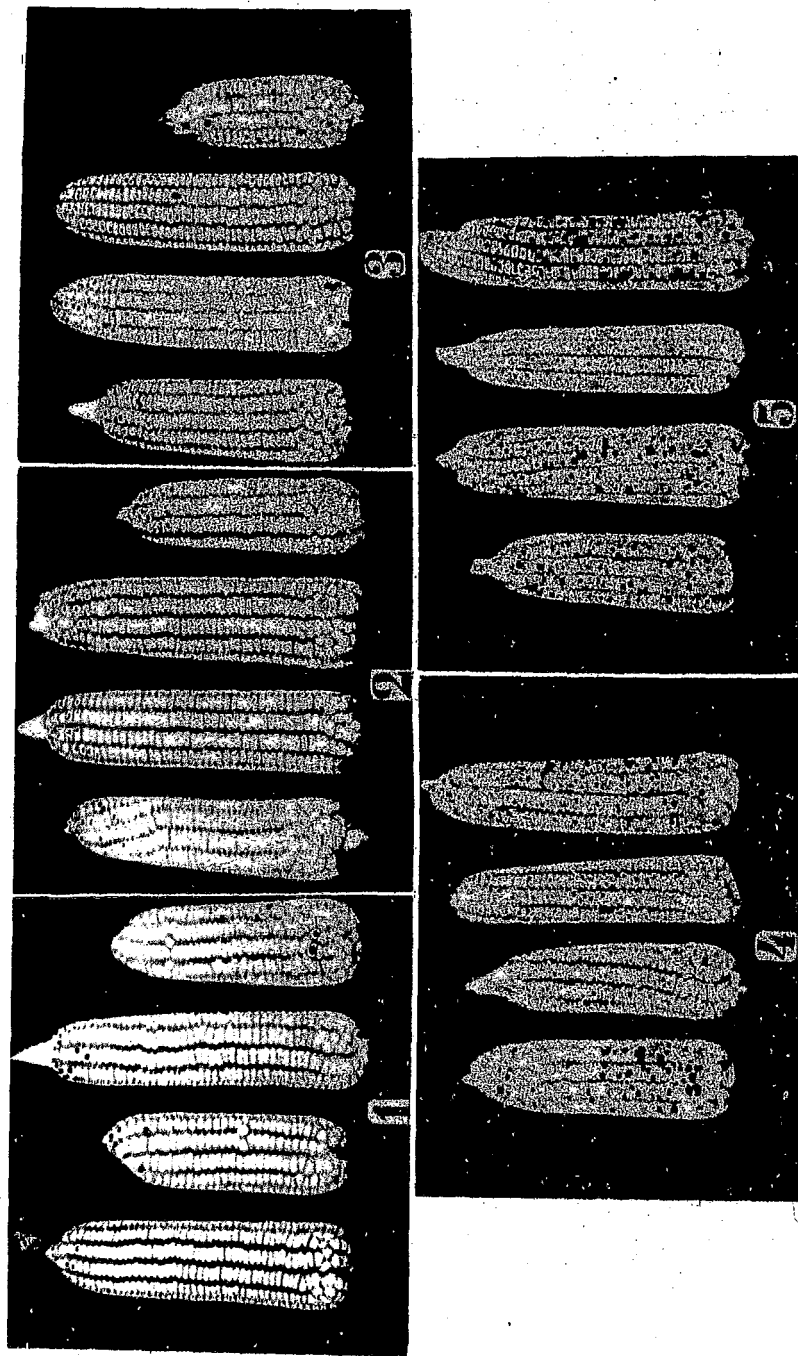


FIGURA 2.- Escala de danos usada para estimar a porcentagem de grãos infestados por *Sitophilus zeamais* e *Sitotroga cerealella*

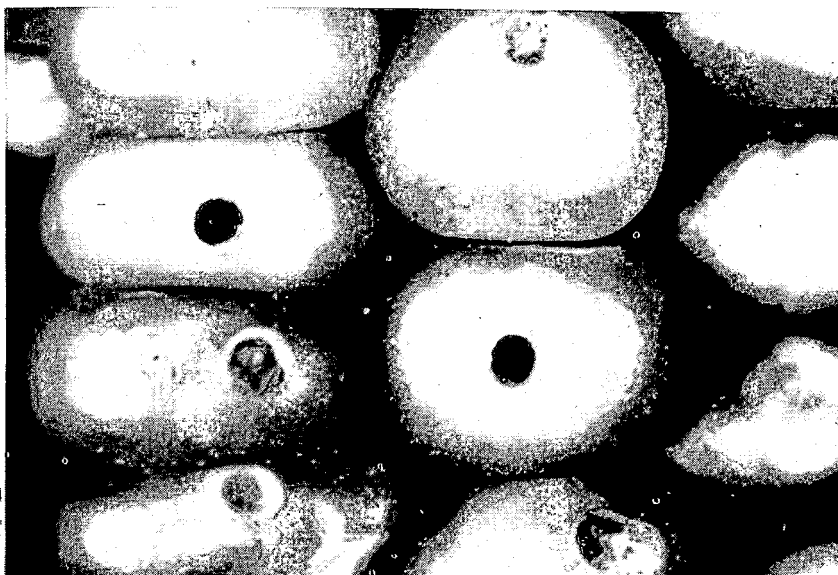


Fig. 3 - Orifícios de saída de Sitotroga cerealella.



Fig. 4 - Orifícios de saída de Sitophilus zeamais.

4. CRIAÇÃO DE SITOPHILUS ZEAMAIIS

Devido à necessidade de criação intensiva de Sitophilus zeamais em laboratório para infestação artificial de espigas de milho houve necessidade de ser conduzida experimentação para definir qual seria a quantidade de grão e o número de Sitophilus a serem usados para possibilitar a criação do maior número de insetos, com menor gasto de grãos.

4.1. Materiais e métodos

4.1.1. Materiais

Este e todos os demais ensaios de laboratório descritos a seguir foram realizados em câmara com temperatura de $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $60 \pm 5\%$ da Seção de Entomologia Fitotécnica do Instituto Agronômico de Campinas. A umidade dos grãos em todos esses experimentos de laboratório foi de $12 \pm 0,5\%$.

Neste e em todos os demais ensaios em que foi feita infestação artificial com Sitophilus, utilizou-se insetos criados em laboratório em milho Maya Opaco 2 ou sorgo, com 20 a 50 dias de idade. Neste experimento utilizou-se insetos criados em sorgo.

Utilizou-se 594 vidros de boca larga com capacidade de um litro, com tampa de rosca, aberta no centro, onde foi adaptada uma tela fina de cobre. Peneiras acopladas verticalmente, de números 10 e 20, a primeira permite passar os Sitophilus, mas segura os grãos e a segunda permite passar o pó, mas segura os Sitophilus.

Milho da variedade Maya Opaco 2 colhido no Centro Experimental de Campinas, em 1971.

4.1.2. Métodos

Utilizou-se 3 quantidades de grãos 50, 100 e 150 gra-

mas e 3 de insetos adultos 200, 400 e 600 que combinados constituíram 9 tratamentos delineados em blocos ao acaso com 3 repetições.

Os grãos foram colocados nos vidros de boca larga e infestados em 19/VIII/71 e os adultos retirados após 5 dias, em 24/VIII/71. Após a infestação os grãos de mesmo tratamento eram reunidos num frasco comum até atingir o total de 600gs, de tal forma que cada repetição de cada tratamento foi constituída por um desses frascos com 600gs de grãos infestados, num total de 27 para todo o experimento. A diferença entre os tratamentos portanto, não foi a quantidade final de grãos, mas sim diferentes proporções entre grãos e insetos infestantes. No caso da quantidade de 50g, foram necessários 12 vidros para completar um frasco de 600g, ou seja, para constituir uma parcela, enquanto que no caso de 100g foram necessários 6 e no de 150g, 4 vidros.

O número total de insetos também variou. No caso de 50g infestadas com 600 insetos foram utilizados 7.200 insetos (12 x 600) para cada frasco de 600g, enquanto que no caso de 150g infestadas com 200 insetos foram utilizados 800 insetos (4 x 200) por parcela. O quadro 3, dá um sumário das quantidades de grãos, número de frascos e de insetos empregados.

Sessenta dias após a infestação foi feita a contagem do número de Sitophilus descendentes.

Para a análise estatística o número de insetos nascidos foi transformado em \sqrt{x} .

4.2. Resultados e discussão

O número médio de insetos nascidos em três repetições, está apresentado no quadro 4.

A análise da variância e a aplicação do teste F não

mostrou significância entre os tratamentos ao nível de 5% e o coeficiente de variação foi 14,2%. Os resultados sugerem ser mais conveniente utilizar de 100 a 150gs de milho e infestá-los com 200 a 400 Sitophilus. Pelo quadro vê-se que a utilização de 200 insetos em 50gs deu origem a 343,66 insetos, mas isto exigiria 12 vidros para compor o total de 600gs infestadas, enquanto que com 100gs seriam necessários apenas 6 e com 150gs apenas 4. Isto torna mais vantajosa a utilização de 100 a 150gs. Também a combinação 150gs com 600 Sitophilus não seria interessante devido ao número adicional de insetos que requer sem vantagens aparentes.

Seiscentos Sitophilus usados em 50gs deu origem ao número mais baixo de insetos nascidos (258,00). Mantendo-se esse número de 600 insetos, mas aumentando-se a quantidade de grãos, houve aumentos dos insetos emergidos para 360,66 e 381,00. (Quadro 4).

Mantendo-se constante a quantidade de 50gs mas reduzindo-se o número de insetos para 400 e 200, também houve aumento do número de Sitophilus criados, o que sugere que a combinação 50gs com 600 Sitophilus apresenta efeitos negativos provocados pela densidade. Essa influência negativa na oviposição, de altas densidades de insetos usados na infestação, já é fato conhecido. (PINGALE & GIRISH 1967).

Num programa de seleção espiga por fileira modificada em que um total de 200 linhas sejam utilizadas, se três populações de milho forem estudadas ter-se-ia um total de 600 linhas. Tomando-se 10 espigas de cada linha tem-se um total de 6.000 espigas a serem infestadas individualmente com 20 Sitophilus por espiga, sendo necessários portanto, 120 mil insetos. A quantidade máxima de Sitophilus criados em um vidro aos 60 dias foi de 485 e seria portanto, necessário um total

de 248 vidros com 600gs de milho infestados para obtenção desses 120 mil Sitophilus. Utilizando-se essa combinação de 400 insetos por 100gs de milho, seriam necessários 6 vidros, com 100gs para obtenção de cada vidro com 600gs, e isso exigiria um total de 1.488 vidros de um litro para fazer a criação dos insetos. Um metro linear de prateleira com 40cm de largura, pode acomodar 40 vidros. Para acomodar os 1.488 vidros a um só tempo, seria necessário 38 metros de prateleira.

Para evitar essa grande exigência em espaço e número de vidros com criação em milho, muitas vezes foi utilizado o sorgo. Nesse cereal obteve-se de 2 a 3 mil adultos de um vidro com 600gs, ou seja, no sorgo obteve-se cerca de 4 a 6 vezes mais insetos que no milho. Se a criação for feita no sorgo, são necessários cerca de 50 vidros com 600gs e um total de 300 vidros para fazer as infestações o que ocupa um espaço de cerca de 8 metros lineares de prateleira de 40cm de largura, para obtenção dos insetos necessários para infestação das 6 mil espigas de milho. Estes resultados são semelhantes aos de STRONG et alii (1967) em trigo, que infestando 2 litros e meio desse cereal com 5.200 insetos obteve 12 mil descendentes.

Mais experimentação ainda é necessária para estabelecer a proporção ideal para infestação e obtenção da máxima produção de insetos com o mínimo esforço e menor gasto de grãos.

Quadro 3 - Peso de milho em gramas, número de insetos utilizados na infestação e número de frascos de vidro usados para criação de Sitophilus zeamais.

Quantidade de milho	Nº de vidros para constituir uma parcela	Quantidade total de milho	Insetos infestantes	
			Parcial	Total
50g	12	600g	200	2.400
			400	4.800
			600	7.200
100g	6	600g	200	1.200
			400	2.400
			600	3.600
150g	4	600g	200	800
			400	1.600
			600	2.400

Quadro 4 - Número médio de Sitophilus zeamais nascidos após 60 dias, de 600g de milho infestado em diferentes proporções de grãos e insetos em blocos ao acaso, com 9 tratamentos e 3 repetições.

Gramas de milho	Número de <u>Sitophilus</u>			
	200	400	600	Média
50	343,66	290,66	258,00	297,44
100	388,33	484,66	360,66	411,21
150	396,00	410,66	381,00	395,88
Média	375,99	395,32	333,22	

5. INFESTAÇÃO DE VARIEDADES DE MILHO NA FORMA DE GRÃOS DEBULHADOS, COM DIFERENTES NÚMEROS DE SITOPHILUS ZEAMAISEXADOS E NÃO SEXADOS.

Com a finalidade de comparar-se variedades de milho na forma de grãos debulhados, para uma determinada quantidade de sementes um número proporcional de Sitophilus deve ser utilizado na infestação. Por outro lado se esse número de insetos for tomado ao acaso, pode acontecer de serem tomados mais insetos de um determinado sexo que do outro, enquanto que se os insetos forem previamente sexados, um número fixo de casais poderia ser colocado em cada amostra de milho reduzindo portanto, a variação dentro do tratamento. Procurou-se determinar a influência desses fatores, número de insetos utilizados na infestação e sexagem dos insetos, para estudo do comportamento de variedades.

5.1. Materiais e métodos

5.1.1. Materiais

Milho das variedades Cateto Prolífico V, Maya Opaco 2 e Azteca Prolífico V, da safra 1971, colhidos no Centro Experimental de Campinas.

Caixinhas plásticas de 48 x 28 x 18mm. Tabuleiro feito com uma tábua de 365 x 345mm de espaço útil, com bordos protegidos por um sarrafo de madeira com 10 x 10mm (figura 5). De 50 em 50mm havia um barbante estendido da frente ao fundo do tabuleiro preso no sarrafo do bordo por um percevejo metálico. Os insetos foram criados em sorgo.

Para conter os insetos machos e fêmeas durante o trabalho de sexagem utilizou-se frascos de vidro boca larga com 50mm de diâmetro por 100mm de altura, com tampa plástica atravessada por um tubo de vidro aberto nas duas extremidades,

com 27mm de diâmetro (figura 6).

5.1.2. Métodos

Os insetos foram sexados pelo método descrito por REDDY & BAP (1951), TOLPO & MORRISON (1965), à binocular, examinando-se o rostro. Em seguida os machos que possuem o rostro mais curto e áspero eram colocados em um frasco contendo sorgo e as fêmeas que têm o rostro mais delgado liso e brilhante em outro frasco separado. Os frascos, nos quais eram colocados os insetos sexados (figura 6), não permitiam a saída dos mesmos, não havendo necessidade de abri-los e fechá-los a todo instante, facilitando o trabalho.

Dez gramas de milho colocadas na caixinha plástica constituiu uma parcela de cada tratamento.

Foi delineado um experimento em blocos ao acaso com 24 tratamentos e 10 repetições. Os 24 tratamentos foram constituídos de 3 variedades Azteca, Cateto e Maya Opaco 2 combinadas com infestações de 10, 20, 30 e 40 Sitophilus zeamais por parcela, sexados de forma a fazer a infestação com 5, 10, 15 e 20 casais ou não sexados, ou seja, fazendo-se a infestação com insetos tomados ao acaso.

Para infestação com número certo de casais utilizou-se os insetos anteriormente sexados e mantidos separados. Após a infestação de cada parcela colocou-se a tampa na caixinha e deixou-se os insetos ovipositando durante 10 dias. Retirou-se esses insetos e fez-se depois a contagem diária dos descendentes, até não nascer mais insetos dos grãos. Os totais de descendentes nascidos foi utilizado para comparar os tratamentos entre si. Para fins de análise estatística fez-se transformação em $\sqrt{x+0,5}$ e como nível de significância optou-se por 5%.

5.2. Resultados e discussão

Os números médios de insetos nascidos de cada tratamento acham-se sumariados no quadro 5.

Quadro 5 - Número médio de insetos nascidos na primeira geração de 10 repetições de amostras de 10g de 3 variedades de milho, infestadas com 5, 10, 15 e 20 casais ou com 10, 20, 30 e 40 Sitophilus zeamais tomados ao acaso.

Insetos usados na infestação	Variedades		
	Azteca	Cateto	Maya Opaco 2
5 casais	5,9	5,0	10,9
10 insetos	6,2	4,9	7,7
10 casais	7,4	11,0	16,3
20 insetos	4,6	9,2	10,5
15 casais	13,7	11,4	23,1
30 insetos	4,0	10,5	13,0
20 casais	10,7	18,8	18,8
40 insetos	9,0	14,8	11,4

O coeficiente de variação do ensaio foi 44,7%.

As médias totais para os dados transformados em $V \times +0,5$, para insetos sexados antes da infestação e tomados ao acaso foram respectivamente 3,43 e 2,84. Para esse fator o teste $F = 10,64$ foi significativo mostrando que a sexagem resultou sempre num número mais alto de insetos nascidos independente da variedade ou do número de insetos utilizados na infestação, pois as interações sexagem x número de insetos (teste $F = 0,71$) e sexagem x variedade (teste $F = 1,14$) não foram significantes.

As interações variedades x número de insetos (teste $F = 1,09$) e variedades x número de insetos x sexagem (teste

F = 0,25) também não foram significantes.

O teste F foi significativo tanto para variedades como para número de insetos infestantes e as diferenças mínimas significantes entre as médias obtidas pelo teste de Tukey estão apresentadas no quadro 6.

Quadro 6 - Número médio transformado em $\sqrt{x+0,5}$, de Sitophilus zeamais nascidos de 10g de 3 variedades com 20 repetições e infestadas com 10, 20, 30 e 40 insetos.

Variedades	Número de insetos				Média	Tukey DMS 5%=0,53*
	10	20	30	40		
Azteca	2,39	2,42	2,70	3,02	2,63	a
Cateto	2,25	3,17	3,22	3,98	3,16	b
Maya Opaco 2	2,92	3,55	4,19	3,79	3,62	b
Média	2,52	3,04	3,37	3,60		
Tukey DMS 5%=0,67*	a	ab	b	b		

* Médias com mesma letra não diferem significativamente.

Conforme o quadro 6, vê-se que a variedade Azteca foi menos infestada que Cateto, o que se aproxima do resultado obtido por VEIGA (1969) e se opõe ao resultado obtido para milho em palha com essas 2 variedades, que será relatado a seguir no item 8.

Quanto ao número de insetos vê-se que 10 foi o único que diferiu de 30 e 40. A infestação com 10 insetos não teria discriminado as diferenças varietais reveladas pelo conjunto do teste. A infestação com 20 insetos além de ter uma média razoável de insetos nascidos, discriminou bem entre as varie-

dades testadas. Como é mais fácil trabalhar com 20 insetos que 30 ou 40 optou-se pela utilização de 20 insetos para infestar parcelas de 10g de milho em grão, em testes varietais. DIAZ (1967) optou pela utilização de seis casais ou seja um total de 12 insetos para infestar amostras de 40 grãos de milho. Essa opção foi tomada porque a infestação com 6 casais discriminava melhor o comportamento das variedades, embora infestações com número maior de casais desse origem a maior número de descendentes. No presente estudo, as infestações com 30 e 40 insetos também deram nascimento a maior número de insetos, mas a opção pela infestação com 20 insetos foi tomada devido à boa discriminação, que conferiu entre as variedades. Embora a sexagem dos insetos tenha dado origem a um número significativamente maior de descendentes, não houve interação entre a sexagem e o comportamento varietal e o emprego de 20 insetos tomados ao acaso também permitiu discriminar bem entre as variedades. Devido à sexagem dos insetos ser operação trabalhosa podendo ser sexados cerca de 60 insetos por hora, a infestação de amostras poderá ser feita com 20 insetos não sexados.

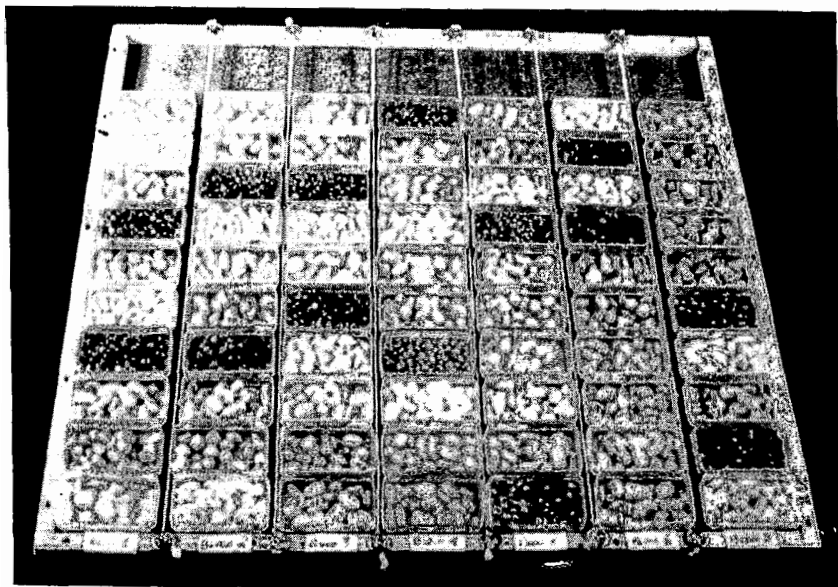


Fig. 5 - Experimento com grãos soltos.

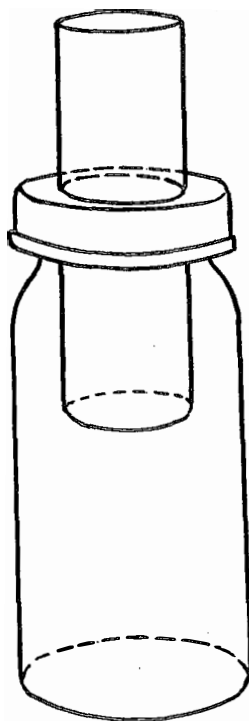


Fig. 6 - Vidro para conter insetos na sexagem.

6. INFLUÊNCIA DO CEREAL UTILIZADO PARA CRIAÇÃO DE SITOPHILUS ZEAMAIIS SOBRE A RESISTÊNCIA POSTERIOR DE VARIEDADES DE MILHO.

Para o desenvolvimento de um programa intensivo de melhoramento de milho contra Sitophilus zeamais, há necessidade de criação massal do inseto. Para efetuar essa criação foi visto no item 4, que há grande vantagem em utilizar o sorgo como substrato para efetuar a criação ao invés do milho, já que naquele cereal o Sitophilus dá 4 a 6 vezes mais descendentes. Como os insetos criados serão utilizados depois para testar a resistência de milho, há necessidade de ser averiguado se a criação dos insetos em sorgo, não influi nos resultados obtidos nos testes.

6.1. Materiais e métodos

6.1.1. Materiais

Caixinhas plásticas 48 x 28 x 18mm. Tabuleiro de madeira já descrito em 5.1.1. (figura 5). Milho colhido no Centro Experimental de Campinas em 1971 das variedades Maya VII, Azteca Prolífico V, Cateto Prolífico V e Maya Opaco 2. e Sorgo constituído de uma mistura de variedades. Insetos, Sitophilus zeamais criados em sorgo durante dois anos e meio e a mesma população criada em milho Maya Opaco 2. por 2 gerações.

6.1.2. Métodos

Pesou-se 10g de cada tratamento e colocou-se numa caixa plástica, o que constituiu uma parcela experimental. Delineou-se um experimento com 10 tratamentos e 10 repetições. Os tratamentos foram milho das variedades mencionadas e sorgo, infestados com Sitophilus criados em sorgo ou criados em milho. Utilizou-se para infestação 20 Sitophilus por parcela, tomados ao acaso, deixou-se ovipositar por 10 dias e retirou

-se esses insetos infestantes. Registrou-se diariamente o nascimento dos descendentes. O número total de descendentes da primeira geração foi utilizado para comparação dos tratamentos, sendo transformados em $\sqrt{x+0,5}$ para fins de análise estatística.

6.2. Resultados e discussão

O número médio transformado em $\sqrt{x+0,5}$ dos insetos nascidos das 10 repetições, acha-se sumariado no quadro 7, juntamente com os resultados do teste de Tukey.

Quadro 7 - Número médio de Sitophilus zeamais transformados em $\sqrt{x+0,5}$ nascidos de 10 repetições de 10g de variedades de milho e de uma mistura de variedades de sorgo, infestadas com Sitophilus criados em milho, da variedade Maya Opaco 2 e sorgo.

T r a t a m e n t o s		Média transformada em $\sqrt{x+0,5}$ dos insetos nascidos	Tukey*
Cereal	Hospedeiro onde foi criado o <u>Sitophilus</u> usado na infestação		
Azteca	Milho	2,52	a
Azteca	Sorgo	2,58	a
Cateto	Sorgo	3,30	ab
Cateto	Milho	3,32	ab
Maya	Sorgo	3,75	ab
Maya	Milho	4,30	ab
Maya Opaco	Milho	4,50	b
Maya Opaco	Sorgo	4,54	b
Sorgo	Milho	7,48	c
Sorgo	Sorgo	8,00	c

* Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente a 5%. D.M.S. 5% = 1,80.

O coeficiente de variação desse ensaio foi 26,5%.

Os resultados indicaram que tanto utilizando-se Sitophilus criados em sorgo como criados em milho, a classificação dos tratamentos pela ordem crescente das médias de insetos nascidos, seria exatamente a mesma, demonstrando portanto que a criação do inseto pode perfeitamente ser feita no sorgo, pois não afeta os resultados.

A variedade Azteca destacou-se novamente como menos suscetível, embora não tivesse diferido significativamente de Cateto e Maya.

O sorgo comprovou ser mais adequado ao desenvolvimento da população de Sitophilus independentemente do hospedeiro, no qual o inseto foi criado anteriormente.

7. MODO DE INFESTAÇÃO DAS ESPIGAS

Com a finalidade de aferir o grau de suscetibilidade de espigas de uma população ao Sitophilus zeamais foi necessário estabelecer uma forma de infestar individualmente cada espiga.

7.1. Materiais e métodos

7.1.1. Materiais

Utilizou-se 300 espigas da variedade Azteca.

As espigas foram colocadas em 2 tabuleiros de madeira com fundo de tela (figura 7) com 100 x 60cm de superfície, com divisões feitas de barbante no sentido transversal, cada um com possibilidade de acondicionar 15 linhas de espigas, com 10 espigas cada uma.

Para infestação utilizou-se S.zeamais criados em milho Maya Opaco 2.

Utilizou-se ainda saquinhos de papel de 9 x 19cm e argolas de elástico nº 12.

7.1.2. Métodos

Para infestação das espigas os Sitophilus separados do meio de cultura com auxílio de peneiras eram liberados sobre uma mesa branca. Eram apanhados em número de 20 e colocados no interior do saco de papel. A ponta da espiga era então inserida no interior do saco, prendendo-se este com auxílio de uma argola de elástico (figura 8).

Os seguintes tratamentos foram experimentados:

1V - Prendeu-se o saco de papel com apenas uma volta de elástico e deixou-se até a observação final.

2V - Prendeu-se o saco de papel dando-se 2 voltas ao elástico, ficando portanto mais apertado e deixou-se até a obser-

vação final.

1V2D - Semelhante a 1V, mas retirou-se os sacos de papel após 2 dias.

2V2D - Semelhante a 2V, mas retirou-se os sacos de papel após 2 dias.

1V2DT - Semelhante a 1V2D, mas serviu como testemunha, pois não recebeu nenhum Sitophilus.

O experimento foi delineado em blocos ao acaso 5 x 6 sendo cada repetição constituída por uma linha de 10 espigas, separada das demais pelos barbantes.

A avaliação final dos danos foi feita 60 dias após a infestação, utilizando-se o critério já discutido no item 2 desta tese.

7.2. Resultados e discussão

Os resultados obtidos estão sumariados no quadro 8.

Quadro 8 - Porcentagem média de grãos infestados por Sitophilus zeamais, obtida com 10 espigas infestadas com 20 Sitophilus confinados em sacos de papel, deixados 60 dias sobre as espigas ou por apenas 2 dias e presos com argola de elástico, com 2 graus de aperto.

Tratamentos	Média de infestação %
1V	15,5
2V	14,4
1V2D	10,8
2V2D	12,7
1V2D Test.	9,6

Feita a análise da variância o teste F para tratamen-

to deu 0,52 não significante para o nível de 5% e C.V.=65,5%. Observa-se no quadro 8 que houve uma tendência para os tratamentos 1V e 2V darem uma infestação maior dos grãos, embora a diferença não tivesse sido significante, provavelmente devido ao alto coeficiente de variação.

O alto coeficiente de variação verificado pode ter sido devido à variações existentes entre espigas, existência de infestação prévia nas espigas que não foi controlada, o que é evidenciado pela alta infestação 9,6% verificada na testemunha. Este experimento deverá ser repetido utilizando-se um milho híbrido que garanta uniformidade entre as espigas e procurando-se efetuar a colheita precoce e fazendo-se tratamento físico contra insetos para iniciar o experimento com espigas desinfestadas e esperando-se 100 dias para verificação dos resultados.

Como o trabalho de seleção de espigas para resistência a Sitophilus necessita ser um trabalho rápido, efetuado na entressafra, optou-se pelo emprego do primeiro tratamento ou seja, saco de papel com 20 Sitophilus, apenas uma volta de elástico, não se retirando o saco até a leitura final, que além de ter apresentado a maior porcentagem de infestação, é o que requer menos trabalho.

Este experimento também sugere que a infestação inicial de campo, que geralmente se distribui em reboleiras conforme observação de KIRK (1965), pode contribuir com boa parcela da infestação final observada nas espigas, mesmo após a infestação artificial uniforme e individual das espigas em laboratório. É provável que se o trabalho de melhoramento for efetuado a partir de espigas desinfestadas que seriam então uniformemente infestadas em laboratório, teria maior eficiência.

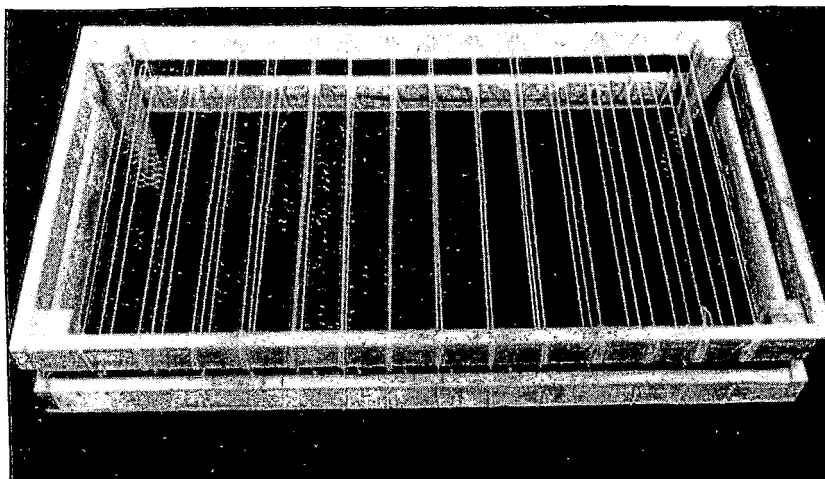


Fig. 7 - Tabuleiro com fundo de tela e divisões de barbant usado para acondicionar as espigas.

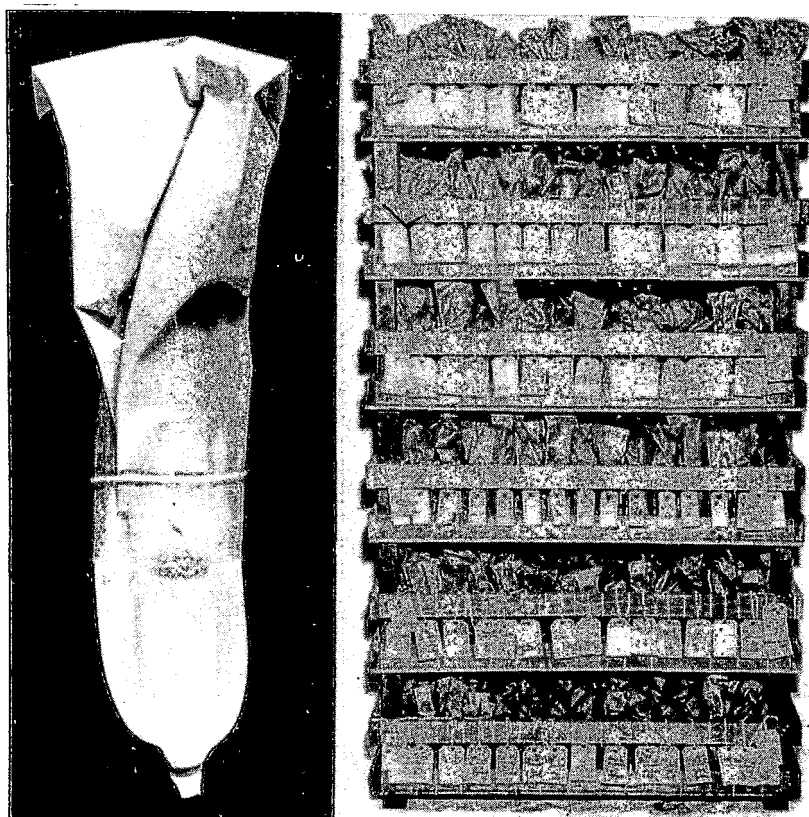


Fig. 8 - Espiga infestada com Sitophilus zeamais.

Fig. 9 - Aspecto de um experimento, mostrando os tabuleiros acoplados verticalmente, contendo as espigas infestadas.

8. NÚMERO DE SITOPHILUS ZEAMAIIS UTILIZADO NA INFESTAÇÃO X TEMPO PARA VERIFICAÇÃO DOS DANOS X VARIEDADE DE MILHO.

Para o estabelecimento de um programa de seleção de milho para resistência a Sitophilus zeamais há necessidade de investigar-se qual o número de insetos a ser utilizado na infestação de cada espiga e quanto tempo depois deve ser feita a avaliação dos danos. O número de insetos usados na infestação não pode ser muito alto, pois isto requer mais trabalho. Entretanto há necessidade de se fazer uma seleção em curto espaço de tempo, correspondente à entressafra e nesse aspecto a infestação artificial com grande número de insetos seria benéfica, pois permitiria uma avaliação mais rápida do material. Por outro lado as espigas não podem ser pouco danificadas, - pois isto dificultaria o trabalho de seleção, mas também não podem ser danificadas em excesso, pois há necessidade de utilizar os grãos das mesmas para novo plantio. Além desses fatores há que se considerar também o fator varietal, já que algumas variedades são mais suscetíveis que outras.

Para tentar estabelecer um critério quanto ao número de insetos a ser utilizado na infestação e o tempo para a avaliação dos danos causados em diferentes variedades foi realizado o presente experimento.

8.1. Materiais e métodos

8.1.1. Materiais

Utilizou-se 18 tabuleiros de madeira com fundo de tela (figura 7) com capacidade de 150 espigas cada um. Foram utilizadas 2.700 espigas, sendo 900 de cada variedade, Maya VII, Azteca Prolífico V e Cateto Prolífico V da safra 1971, colhidas no Centro Experimental, em Campinas.

Para infestação utilizou-se saquinhos de papel e argolas de elástico descritos em 4.1.1.

8.1.2. Métodos

Delineou-se experimentos em parcelas subdivididas estudando-se nas parcelas o número de Sitophilus utilizado para infestação sendo 10 tratamentos e 3 repetições, e nas subparcelas estudou-se 3 variedades. Cada subparcela foi constituída de 10 espigas colocadas em linha transversal na peneira e separada das demais por barbantes. Cada experimento tinha um total de 900 espigas, sendo 300 de cada variedade ocupando um total de 6 tabuleiros de madeira colocados uns sobre os outros e sendo cada bloco, constituído por 2 tabuleiros (figura 9).

Os tratamentos consistiram das seguintes quantidades de Sitophilus utilizados para infestação das variedades: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90. Dois experimentos delineados dessa forma foram instalados no mesmo dia, (30/VI/1971) sendo que em um deles a verificação dos danos finais foi feita 50 dias após essa data, (19/VIII/1971) e em outro a verificação foi feita aos 100 dias (8/X/1971). Devido à grande variação foi instalado novo experimento (30/VIII/1971) e feita avaliação dos danos, após 50 dias (19/X/1971).

Os insetos usados na infestação foram criados em milho Maya Opaco 2.

Antes do início do experimento foram tomadas 30 espigas ao acaso, de cada variedade e feita uma verificação da infestação inicial.

8.2. Resultados e discussão

Os resultados obtidos estão sumariados no quadro 9.

As infestações iniciais observadas em 30 espigas de

cada variedade foram as seguintes: Cateto 0,15%, Maya 0,32% e Azteca 5,56%. O fato do Azteca estar mais infestado antes do início do experimento que as demais variedades, provavelmente pode ser explicado pela localização do campo da variedade Azteca, mais próximo à sede do Centro Experimental e portanto, mais próximo de paiões de armazenamento, o que segundo GILES & ASHMAN (1971) constitui a principal fonte de infestação de milho ainda no campo.

Da mesma forma que no experimento anterior os coeficientes de variação foram altos, dificultando uma diferenciação estatística entre os tratamentos. São válidas para este caso as considerações já feitas para o experimento anterior, sobre a conveniência da repetição do experimento utilizando-se um híbrido sem infestação inicial de campo.

O teste F para número de insetos usados na infestação não foi significativa ao nível de 5%. Baseando-se nas médias gerais de dano do quadro 9, optou-se pelo emprego de 20 Sitophilus para infestação de cada espiga, por ser um número menos trabalhoso de ser utilizado e conferir boas infestações.

Quanto ao tempo para verificação dos resultados observou-se que 50 dias foi um período muito curto para que houvesse bom desenvolvimento da infestação.

O teste F para variedades foi significativa ao nível de 5% nos três experimentos. No período de 50 dias nos dois experimentos apenas a variedade Azteca se diferenciou das demais, entretanto esta variedade tinha 5,56% de infestação já no início do ensaio, e portanto não se considera essa diferença significativa, ou seja, o período de 50 dias parece refletir mais os efeitos da infestação inicial do que propriamente o comportamento varietal resultante de uma infestação uniforme. Aos 100 dias a infestação das variedades Azteca e Maya

aumentou razoavelmente, mas a infestação da variedade Cateto não progrediu. Aos 100 dias foi possível diferenciar-se perfeitamente duas variedades mais infestadas Azteca e Maya de uma menos infestada Cateto, sendo melhor optar pelo período de 100 dias para a seleção de espigas baseando-se no dano, já que nesse período as espigas mais resistentes poderão se diferenciar melhor das mais suscetíveis. Se o período fosse maior que 100 dias o desenvolvimento da infestação seria ainda maior, mas haveria o inconveniente de alongar muito o tempo necessário para a seleção das espigas a serem plantadas.

Em trabalho recente VEIGA (1969) concluiu que não havia diferenças entre as variedades Cateto, Maya e Azteca em relação a S.zeamais. Para explicar as diferenças entre esses resultados e os acima relatados, foi conduzido um experimento relatado adiante no item 10.

Em alguns trabalhos americanos como KIRK & MANWILLER (1964) e McMILLIAN et alii (1968) são sugeridas técnicas para infestação de milho no próprio campo, para melhoramento contra Sitophilus. A infestação de campo nos E.U.A. é feita em julho-agosto, que são meses quentes (KIRK & MANWILLER 1964, WILLIAMS & FLOYD 1970). Em São Paulo, o milho amadurece em época já próxima ao inverno, nos quais a infestação de campo teria dificuldade em se desenvolver, enquanto que no laboratório devido à temperatura favorável, a infestação se desenvolve mais rapidamente. Deverão ser experimentadas outras técnicas de infestação, como a infestação de campo semelhante à realizada nos E.U.A., com posterior colheita e colocação das espigas em laboratório, com temperatura favorável para evitar o inverno no campo, comparando-se este método com a infestação individual das espigas em laboratório, que é mais trabalhosa.

Quadro 9 - Porcentagem média de dano em 3 repetições com 10 espigas cada uma, das variedades Azteca, Maya e Cateto infestadas com diferentes números de Sitophilus, após 50 dias da infestação em 2 experimentos e após 100 dias da infestação em outro experimento.

Número de carunchos na infestação	Leitura de dano aos 50 dias			Leitura de dano aos 100 dias			Média			
	1º experimento		2º experimento	100 dias		Média				
	Azteca	Maya	Cateto	Azteca	Maya			Cateto		
0	10,60	5,46	4,30	7,46	3,76	1,86	6,83	6,16	0,40	5,20
10	13,13	5,16	1,90	14,20	6,13	2,60	8,03	7,83	1,13	6,67
20	9,33	10,60	2,83	6,00	2,03	7,43	12,43	15,93	2,13	7,63
30	7,10	7,03	2,16	7,16	2,23	3,46	14,20	14,86	2,76	6,77
40	8,80	5,66	1,76	6,23	3,70	1,13	12,13	26,30	1,93	7,51
50	7,90	5,90	1,83	4,76	6,00	2,60	22,76	20,03	3,36	8,34
60	12,30	7,53	1,63	8,06	3,86	0,76	19,80	22,60	3,13	8,85
70	9,30	5,40	1,46	9,36	7,40	3,63	14,53	14,60	2,40	7,56
80	9,66	4,20	1,56	9,73	7,40	2,20	29,26	20,10	1,00	9,45
90	12,53	6,70	2,20	13,53	6,93	1,83	23,46	18,50	1,93	9,73

Média 10,07* 6,37 2,17 8,65* 4,95 2,75 16,35 16,69 2,02
 C.V.nº insetos 48,3 86,8 70,3
 C.V. var. 73,7 86,5 58,7

D.M.S. 7,87 2,96 4,31
 Tukey 5% var.

* A variedade Azteca tinha uma infestação inicial mais alta não podendo aos 50 dias ser considerada como mais suscetível.

9. INFESTAÇÃO DE VARIEDADES DE MILHO EM CONDIÇÕES DE CAMPO POR PRAGAS DE GRÃOS.

As principais pragas do milho armazenado em São Paulo, Sitotroga cerealella e Sitophilus zeamais infestam as espigas de milho já no campo, antes da colheita. Procurou-se verificar qual é a intensidade dessa infestação de campo em diferentes variedades, em diferentes épocas, a partir da colheita do milho.

9.1. Materiais e métodos

9.1.1. Materiais

Utilizou-se partes de 100m^2 de campos de milho das variedades Maya, Azteca e IAC-1, normalmente cultivados no Centro Experimental de Campinas.

9.1.2. Métodos

Por ocasião da colheita do milho demarcou-se com barbante uma área de 100m^2 , que foi deixada sem colher. Em 1967 demarcou-se 4 áreas, uma em campo da variedade Maya, uma em IAC-1 e duas em Azteca. Em 1968 demarcou-se 6 áreas, sendo duas para cada variedade mencionada. Em 1969 demarcou-se 4 áreas, sendo duas de Maya e duas de IAC-1; neste ano não havia disponível nenhum campo da variedade Azteca. As áreas foram demarcadas em campos diferentes com mais de 200m de distância entre si. Periodicamente, a partir da colheita do campo retirou-se amostras de 50 espigas de milho, cujo grau de infestação foi avaliado de acordo com o método anteriormente exposto no item 3, mas não foi feita distinção entre Sitophilus e Sitotroga. Duas espigas da amostra eram levadas ao laboratório de sementes do Instituto Agrônomo de Campinas, para determinação da umidade dos grãos.

Para obtenção da umidade utilizou-se o método de seca

gem de 2 amostras de 50g em forno a 105°C por 24 horas.

Em 1969 por ocasião da colheita 500 espigas da variedade Maya e 500 de IAC-1 foram trazidas para o laboratório e deixadas em uma caixa em sala ventilada com temperatura e umidade não controladas, e periodicamente 20 espigas eram retiradas e seu grau de infestação determinado.

9.2. Resultados e discussão

As porcentagens de grãos infestados em diferentes períodos após a colheita do milho, em 3 variedades acham-se sumariadas no quadro 10, juntamente com a umidade dos grãos.

O quadro 11 sumaria as porcentagens de grãos infestados de amostras de 20 espigas retiradas de 500 espigas armazenadas em caixas no laboratório.

É necessário esclarecer que não foi feita análise estatística para comparar variedades, porque os campos eram distanciados um do outro e a infestação dos mesmos dependeu muito do acaso, não sendo possível fazer comparação entre variedades com os dados do quadro 10.

Observa-se que os danos sofridos pelo milho deixado no campo são relativamente pequenos, quando comparados aos danos sofridos no laboratório. Isto pode ser explicado pelo fato de no campo as espigas ficarem distanciadas uma das outras dificultando a disseminação dos insetos entre as mesmas. Os Sitophilus têm tendência de permanecer numa mesma espiga, enquanto dispõe de alimento (KIRK 1965). No laboratório a vizinhança entre as espigas provavelmente facilita a contaminação das mesmas. Outro fator é que no campo, estando as espigas isoladas, elas sofrem os efeitos da queda de temperatura durante a noite, enquanto que no laboratório, protegidas dos ventos e estando amontoadas, as espigas podem conservar me-

Quadro 10 - Porcentagem de grãos infestados por Sitophilus e Sitotroga e respectiva unidade dos grãos em variedades de milho deixadas no campo sem colher, baseadas em amostras de 50 espigas retiradas periodicamente, em Campinas, S.P.

Variedade	1 9 6 7			1 9 6 8			1 9 6 9							
	29/VI 3/VIII	1/IX 2/X	10/XI 31/VII 11/IX 4/X	5/XI 5/XII	3/VI 11/VII 11/VIII 12/IX									
	P o r c e n t a g e m d e g r ã o s i n f e s t a d o s													
Maya	0,05	0,00	0,25	0,10	0,30	0,21	1,50	1,60	2,82	2,76	0,00	0,35	2,81	2,54
IAC	-	0,35	3,28	3,12	1,72	1,40	4,80	2,80	5,92	5,30	0,00	0,00	1,44	1,47
Azteca	0,56	2,40	3,19	7,04	2,73	2,03	3,36	2,25	2,08	4,52	-	-	-	-
	-	2,24	2,73	9,50	4,60	0,20	0,78	0,85	1,96	1,20	-	-	-	-
	P o r c e n t a g e m d e a g u a n o s g r ã o s													
Maya	12,20	10,00	8,50	10,70	10,00	10,40	9,70	9,40	10,70	14,40	13,40	12,00	12,10	10,60
IAC	-	9,50	8,20	9,70	10,50	10,90	9,20	10,00	11,00	12,00	12,40	12,60	12,00	10,40
Azteca	11,60	10,10	8,30	10,10	10,70	10,30	9,90	10,50	10,80	13,50	-	-	-	-
	-	9,90	9,30	10,00	10,40	10,10	9,10	9,60	10,60	11,80	-	-	-	-

lhor o calor, em parte gerado pelo próprio metabolismo dos insetos e dos grãos. Em geral os grãos são maus condutores de calor, contribuindo para conservar o calor e favorecer o desenvolvimento mais rápido da população de insetos. Pode-se concluir que se o milho pudesse ser deixado no campo, do ponto de vista de perda por insetos, os danos seriam muito reduzidos. Este fato é importante para um programa de preservação do milho armazenado contra pragas.

Quando o paiol é do tipo aberto, então há vantagem em colher o milho bem cedo, fim de maio ou junho, pois vê-se pelo quadro 10, que a infestação então é pequena. Por outro lado sendo o paiol aberto, o milho pode terminar sua secagem no paiol, não havendo perigo de desenvolvimento de fungos, que poderiam prejudicar os grãos. Neste caso a principal preocupação deve ser a de limpar bem o paiol para evitar infestações residuais, que constituem um fator preponderante no desenvolvimento das infestações. Por outro lado sabe-se que a proximidade de paióis com milho infestado é o principal fator para a infestação do milho no campo (GILES & ASHMAN 1971). Seria provavelmente interessante fazer a limpeza do paiol no fim de março ou início de maio, antes portanto do milho, no campo, entrar na fase mais favorável para infestação.

Quando o paiol for fechado permitindo a fumigação, o milho pode ser colhido mais tardiamente em julho ou agosto, pois nesses meses o conteúdo de umidade é bem baixo. Nesse caso a pequena infestação existente no milho vindo do campo deve ser eliminada com uma fumigação assim que o milho é colhido e armazenado. Nessas condições, se o milho fosse colhido precocemente, sendo a umidade alta e o paiol fechado, poderia haver prejuízos provocados por microorganismos. Portanto a infestação de campo, é insignificante mas tem importância como

perigoso foco de infestação, que pode aumentar rapidamente quando o milho é armazenado.

As variações de infestações verificadas no quadro 10 são em parte devidas a erros de amostragem.

Quadro 11 - Porcentagem de grãos infestados por Sitotroga ou Sitophilus, em amostras de 20 espigas retiradas periodicamente de um lote armazenado, por ocasião da colheita no laboratório, sem controle de temperatura e umidade.

V a r i e d a d e	1 9 6 9			
	22/VII	14/VIII	17/IX	17/X
Maya	0,75	1,12	2,97	9,00
IAC	3,60	2,56	11,90	19,00

10. POSIÇÃO DOS OVOS DE SITOPHILUS ZEAMAI EM MILHO EM PALHA E GRÃOS DEBULHADOS.

Quando o milho está em palha a parte do grão que fica exposta para eventual oviposição de Sitophilus é a região cos tal, enquanto que milho debulhado fica com todas as regiões do grão igualmente expostas à oviposição. Isto é muito importante do ponto de vista de resistência varietal, pois esta po de variar em função da parte do grão que é ovipositada pelo inseto.

10.1. Materiais e métodos

10.1.1. Materiais

Utilizou-se milho das variedades Azteca Prolífico V, Cateto Prolífico V e Maya VII colhidos em 1971 na Estação Experimental Central em Campinas.

Grãos debulhados foram acondicionados em caixinhas plásticas de 48 x 28 x 18mm ilustradas na figura 5.

Para coloração dos ovos utilizou-se o corante Fucsina ácida.

10.1.2. Métodos

O grão de milho foi teoricamente dividido em 6 regiões conforme ilustra a figura 10.

Colocou-se 10gs de grãos debulhados em cada caixa plástica, utilizando-se 3 variedades e 5 repetições. Cada caixa foi infestada com 20 Sitophilus zeamais tomados ao acaso, que ficaram ovipositando durante 5 dias, sendo então remo vidos.

As caixas após esse período, foram colocadas no congelador de uma geladeira para impedir a evolução dos ovos para larvas, durante o período necessário para contagem dos ovos.

Os grãos foram imersos em solução de Fucsina Ácida 1%

durante 3 a 5 minutos, para coloração dos ovos (FRANKENFELD 1948) e posteriormente secados com auxílio de uma toalha. Os ovos foram contados examinando-se cada grão individualmente à binocular. Contou-se os ovos de 20 grãos de cada parcela, num total de 100 por variedade, registrando-se a posição do grão em que se encontrava cada ovo, elaborando-se depois um quadro de distribuição de frequências.

Para observar os ovos de Sitophilus no milho em palha, 5 espigas bem infestadas de cada variedade, foram escolhidas. As espigas foram submetidas ao corante acima mencionado e posteriormente examinou-se 20 grãos da região mediana da espiga, registrando-se a frequência de ovos em cada posição dos grãos. Grão situado ao lado de outro completamente destruído pelo Sitophilus não foi utilizado para observação.

Grãos que examinados à binocular, não apresentavam nenhum ovo, eram desprezados e novo grão era examinado.

As frequências de ovos observadas foram comparadas estatisticamente pelo método de Goodman discutido por ARRUDA & OLIVEIRA (1971).

10.2. Resultados e discussão

Um total de 1.740 ovos foram contados nos grãos debulhados e 879 nos grãos em espiga. As frequências desses ovos nas diferentes regiões do grão de milho estão sumariadas no quadro 12 e a análise estatística de alguns contrastes desse quadro está sumariada no quadro 13.

Ficou claro que no milho em palha as posições do grão onde os ovos de Sitophilus mais se localizaram foram 5, 6 e 4 enquanto que no milho debulhado foram 1, 3 e 2, em ordem decrescente. Isto significa que todo teste varietal que for feito para Sitophilus com milho em palha, está comparando o com-

portamento da região costal dos grãos enquanto que todo teste feito com milho debulhado, está comparando principalmente a região mais próxima ao embrião do grão, principalmente a ponta. Em consequência disso os resultados obtidos por um pesquisador podem ser totalmente discrepantes dos resultados obtidos por outro, se um trabalhar com milho em palha e outro com milho debulhado, mesmo que as mesmas variedades e mesma população da praga sejam utilizadas em ambos os testes. LINK & ESTEFANEL (1971) trabalharam com milho em palha e verificaram que o comportamento de certos híbridos e variedades não concordavam com o comportamento referido para os mesmos por VEIGA (1969), que trabalhou com grãos debulhados. Isto explica perfeitamente porque alguns pesquisadores que trabalharam com milho em palha como EDEN (1952b), SINGH & McCAIN (1963) encontraram uma relação positiva entre dureza dos grãos e resistência a Sitophilus e outros que trabalharam com grãos debulhados como VEIGA (1969) não observaram essa relação.

A comparação entre as variedades Cateto, Azteca e Maya na forma de milho em palha (quadro 9) demonstrou que o milho duro, variedade Cateto, é bem resistente a Sitophilus zeamais quando comparada às outras duas, mas quando testado na forma de grão debulhado (quadro 6) a variedade Azteca foi mais resistente que Cateto e Maya. Estão certos portanto os agricultores que consideram o milho Cateto mais resistente a Sitophilus, pois geralmente esses agricultores guardam o milho em paiões na forma de milho em palha.

Considerando que ao nível da pequena propriedade agrícola no Brasil, o milho geralmente é armazenado em palha, qualquer programa de melhoramento de milho contra pragas dos grãos armazenados deve dar ênfase ao trabalho com o milho em palha.

Foi observado no decurso das contagens de ovos no milho em palha, que as fêmeas adultas de Sitophilus colocam os ovos inicialmente nas posições 5, 6 e 4. As larvas se desenvolvem no grão abrindo galerias no interior do mesmo. Após o nascimento dos insetos adultos, estes mesmos ou outros adultos penetram no interior desses grãos e colocam ovos nos grãos vizinhos, nas posições 2 ou 3, progredindo então rapidamente a infestação. As frequências de ovos do quadro 12, foram obtidas com grãos que não tinham grãos vizinhos estragados, razão pela qual quase não apareceram ovos nas posições 2 e 3. SINGH & McCAIN (1963) observaram que milhos duros eram no início do teste os mais resistentes, mas posteriormente outros fatores passavam a ser mais importantes. Isto poderia ser explicado pela observação feita acima, pois inicialmente os ovos são colocados nas regiões 4, 5 e 6 podendo haver influência da dureza do grão, mas posteriormente a infestação progride por baixo, provavelmente reduzindo o papel desempenhado inicialmente pela dureza dos grãos.

Pelo quadro 13 vê-se que a frequência de ovos na posição 1 é significativamente maior na variedade Azteca que em Cateto (contraste = 0,190; valor crítico = 0,136) e significativamente maior em Cateto que em Maya (contraste = 0,135; valor crítico = 0,111). O fato da maioria dos ovos na variedade Azteca se concentrarem na posição 1 (65,9%) poderia explicar em parte a resistência moderada dessa variedade já que segundo RICHARDS (1944), o embrião do grão de milho tem efeito tóxico sobre as larvas do Sitophilus. Somando-se as porcentagens de ovos encontrados nas posições 3, 4, 5 e 6 que correspondem ao endosperma do grão, obtem-se os seguintes totais para Cateto, Maya e Azteca respectivamente: 45,1, 42,3 e 27,5. Considerando-se que o endosperma do grão é mais favorável ao

desenvolvimento das larvas parece razoavel supor que isto pode em parte explicar porque o Sitophilus apresenta tendência para se reproduzir mais em Cateto debulhado que em Azteca. Os totais de ovos do quadro 12 não são comparativos, já que os grãos sem ovos foram eliminados e não se pode afirmar com base nesse quadro que a variedade Azteca seja menos ovipositada.

Quadro 12 - Porcentagem de ovos de Sitophilus zeamais encontrados em diferentes posições do grão de milho, ilustradas na fig. 10, nas variedades Maya, Azteca e Cateto na forma de grãos debulhados e milho em palha.

Variedade	P o s i ç õ e s d o g r ã o						Total de ovos observados
	1	2	3	4	5	6	
	M i l h o d e b u l h a d o						
	%						
Maya	33,40	24,30	36,50	3,60	1,50	0,70	646
Azteca	65,90	6,60	14,20	6,30	3,90	3,10	331
Cateto	46,90	8,00	36,70	1,70	4,70	2,00	763
Total de ovos observados	792	238	563	57	59	29	1.740
	M i l h o e m p a l h a						
	%						
Maya	0,00	0,00	1,32	26,82	49,34	22,52	302
Azteca	0,00	0,00	0,00	26,82	47,35	25,83	302
Cateto	0,00	0,00	0,00	4,73	66,91	28,36	275
Total de ovos observados	0	0	4	175	476	224	879

Quadro 13 - Resultados da análise de alguns contrastes do quadro 12.

C o n t r a s t e e s t u d a d o				Valor	Valor
Tipo do milho	Posição do grão		Variedade	do contraste	crítico a 5%
Debulhado	1+2+3	vs 4+5+6	Maya vs Azteca	0,150 ^{n.s.}	0,224
Debulhado	1+2+3	vs 4+5+6	Maya vs Cateto	0,052 ^{n.s.}	0,187
Debulhado	1+2+3	vs 4+5+6	Cateto vs Azteca	0,098 ^{n.s.}	0,212
Debulhado	1	vs 2+3	Maya vs Azteca	1,050*	0,298
Debulhado	1	vs 2+3	Maya vs Cateto	0,431*	0,247
Debulhado	1	vs 2+3	Azteca vs Cateto	0,619*	0,293
Debulhado	1	vs 2	Maya vs Azteca	0,502*	0,165
Debulhado	1	vs 2	Maya vs Cateto	0,298*	0,139
Debulhado	1	vs 2	Azteca vs Cateto	0,204*	0,153
Debulhado	1	vs 3	Maya vs Azteca	0,548*	0,179
Debulhado	1	vs 3	Maya vs Cateto	0,133 ^{n.s.}	0,156
Debulhado	1	vs 3	Azteca vs Cateto	0,415*	0,175
Debulhado	2	vs 3	Maya vs Azteca	0,046 ^{n.s.}	0,148
Debulhado	2	vs 3	Maya vs Cateto	0,165*	0,138
Debulhado	2	vs 3	Azteca vs Cateto	0,211*	0,132
Debulhado	1	vs 1	Maya vs Azteca	0,325*	0,137
Debulhado	1	vs 1	Maya vs Cateto	0,135*	0,111
Debulhado	1	vs 1	Azteca vs Cateto	0,190*	0,136
Debulhado	2	vs 2	Maya vs Azteca	0,177*	0,093
Debulhado	2	vs 2	Maya vs Cateto	0,163*	0,083
Debulhado	2	vs 2	Azteca vs Cateto	0,014 ^{n.s.}	0,072
Debulhado	3	vs 3	Maya vs Azteca	0,223*	0,115
Debulhado	3	vs 3	Maya vs Cateto	0,002 ^{n.s.}	0,110
Debulhado	3	vs 3	Azteca vs Cateto	0,225*	0,111
Debulhado	4	vs 4	Maya vs Azteca	0,027 ^{n.s.}	0,065
Debulhado	4	vs 4	Maya vs Cateto	0,019 ^{n.s.}	0,037
Debulhado	4	vs 4	Azteca vs Cateto	0,046 ^{n.s.}	0,060
Debulhado	5	vs 5	Maya vs Azteca	0,024 ^{n.s.}	0,050
Debulhado	5	vs 5	Maya vs Cateto	0,032 ^{n.s.}	0,039
Debulhado	5	vs 5	Azteca vs Cateto	0,008 ^{n.s.}	0,056
Debulhado	6	vs 6	Maya vs Azteca	0,024 ^{n.s.}	0,043
Debulhado	6	vs 6	Maya vs Cateto	0,013 ^{n.s.}	0,026
Debulhado	6	vs 6	Azteca vs Cateto	0,011 ^{n.s.}	0,046
Em palha	1+2+3	vs 4+5+6	Maya vs Azteca	0,026 ^{n.s.}	0,290
Em palha	1+2+3	vs 4+5+6	Maya vs Cateto	0,026 ^{n.s.}	0,264

Continua

Continuação do quadro 13.

C o n t r a s t e e s t u d a d o			Valor	Valor
Tipo do milho	Posição do grão	Variedade	do contraste	crítico a 5%
Em palha	4 vs 6	Maya vs Cateto	0,279*	0,214
Em palha	4 vs 6	Azteca vs Cateto	0,246*	0,200
Em palha	5 vs 6	Maya vs Azteca	0,053 ^{n.s.}	0,229
Em palha	5 vs 6	Maya vs Cateto	0,117 ^{n.s.}	0,232
Em palha	5 vs 6	Azteca vs Cateto	0,170 ^{n.s.}	0,234
Em palha	4 vs 5	Maya vs Cateto	0,397*	0,212
Em palha	4 vs 5	Azteca vs Cateto	0,416*	0,211
Em palha	4 vs 4	Maya vs Cateto	0,221*	0,122
Em palha	4 vs 4	Azteca vs Cateto	0,221*	0,122
Em palha	5 vs 5	Maya vs Cateto	0,176*	0,173
Em palha	5 vs 5	Azteca vs Cateto	0,196*	0,173
Em palha	6 vs 6	Maya vs Cateto	0,058 ^{n.s.}	0,155
Em palha	6 vs 6	Azteca vs Cateto	0,025 ^{n.s.}	0,158

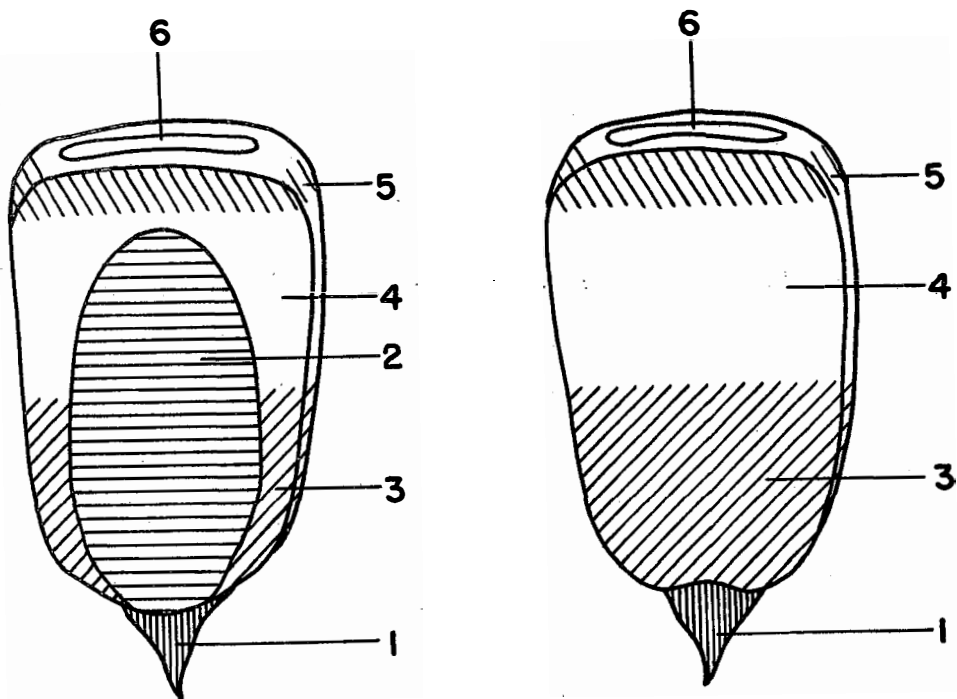


Fig. 10 - Esquema de um grão de milho.



Fig. 11 - Medição do grau de aperto da palha.

11. SELEÇÃO ESPIGA POR FILEIRA MODIFICADA CONTRA PRAGAS DA ESPIGA.

Tendo em vista que a variabilidade genética para pragas dentro de populações de milho, é grande, como já foi verificado em outros países, procurou-se elaborar uma técnica para selecionar contra as pragas da espiga, Helicoverpa zea, Sitophilus zeamais e Sitotroga cerealella em populações comerciais de milho. Através dessa seleção poderão ser obtidas populações comerciais resistentes, que poderiam ser diretamente liberadas para cultivo pelos agricultores, ou as populações poderiam servir para desenvolvimento de linhagens resistentes para utilização em híbridos.

11.1. Materiais e métodos

11.1.1. Materiais

Utilizou-se três populações de milho, que estão sendo melhoradas no Instituto Agronômico em Campinas, Maya VII, Cateto Prolífico V e Azteca Prolífico V. O Maya e Azteca são milhos do tipo dentado e o Cateto é do tipo duro.

Tabuleiros com fundo de tela (fig. 7), balança (fig. 11), sacos de papel e argolas de elástico (fig. 8).

Para medir a pressão utilizou-se um bastão vertical de ferro com 13mm de diâmetro, afilado na parte superior com inclinação aproximada de 45° e soldado na parte inferior a uma base plana de ferro (fig. 11).

11.1.2. Métodos

Algumas centenas de espigas de cada população de milho foram infestadas individualmente no próprio campo em junho de 1970, utilizando-se a técnica descrita no item 7, (fig. 8). Inicialmente infestou-se 396 espigas da população Maya VII, utilizando-se sacos plásticos ao invés de papel e colo-

cando-se 20 adultos de Sitophilus zeamais com 20-50 dias de idade, criados em sorgo. Depois infestou-se 1.110 espigas de Cateto Prolífico V e 1.008 espigas de Azteca Prolífico V.

Em agosto de 1970 essas espigas infestadas foram recolhidas para o laboratório, acondicionadas em tabuleiros com fundo de tela (figs. 7 e 9). Em novembro de 1970 essas espigas foram avaliadas para o dano causado por Helicoverpa zea, Sitophilus zeamais e Sitotroga cerealella pelo método já discutido no item 3 e posteriormente as menos infestadas foram selecionadas (Po'). Para ser selecionada a espiga não podia ter infestação relativamente alta de nenhuma das três pragas. Uma nota 3 para qualquer praga eliminava a espiga. Foi medido o comprimento da palha além da ponta da espiga, contado o número de palhas e avaliado o grau de fechamento ou pressão da palha na ponta da espiga. Para medir a pressão da palha utilizou-se técnica descrita por WIDSTROM & DAVIS (1967), colocando-se um bastão vertical de ferro sobre o prato de uma balança, e medindo-se a força que era necessário aplicar sobre uma espiga para que o bastão penetrasse pelo interior da palha até atingir a espiga (fig. 11). Para a tomada da pressão, a palha era aparada na ponta, para permitir que o bastão de ferro não se desviasse.

As espigas foram selecionadas exclusivamente considerando-se o dano causado às espigas pelas pragas, não sendo levado em consideração para fins de seleção as características da palha, pressão, número e comprimento.

Plantou-se no campo uma linha de 5m de cada espiga selecionada. Esses plantios em 1970 foram quase totalmente dizimados pela seca e pela incidência de pragas dos "seedlings", Elasmopalpus lignosellus (Zeller) e Spodoptera frugiperda (J. E. Smith). O número de espigas colhido foi muito pequeno e pa-

ra refazer a população de espigas foram tomadas novamente mais espigas da população original (Po) que ao mesmo tempo serviram como testemunhas para avaliar o progresso obtido no primeiro ciclo de seleção.

Em 1971 as espigas foram colhidas e colocadas diretamente nos tabuleiros com fundo de tela e levadas ao laboratório onde foram infestadas. As espigas foram mantidas em câmaras com 60% U.R. \pm 5 e 28°C \pm 1 durante 100 dias, sendo então feita a leitura dos danos e a seleção das espigas menos infestadas. As espigas selecionadas de cada população foram plantadas em campos isolados, obedecendo-se um esquema de seleção espiga por fileira modificada (WEBEL & LONQUIST, 1967). De cada variedade fêz-se um único campo. De cada espiga plantou-se uma linha de 5m, empregando-se 75 sementes. Cada 5 linhas plantou-se uma linha polinizadora, constituída de uma mistura de 20 grãos de cada espiga selecionada. Por ocasião do florescimento arrancou-se as flores masculinas de todas as plantas das linhas derivadas de uma única espiga, deixando-se as flores masculinas de linha derivada da mistura de sementes. Dessa forma cada planta teve oportunidade de receber pólen de qualquer outra planta da população selecionada, favorecendo portanto a troca de fatores genéticos e recombinação dos fatores favoráveis entre todas as plantas da população. De cada linha colheu-se 10 espigas, quando a linha tinha germinado e produzido bem. Escolheu-se as melhores espigas de plantas competitivas, dando-se preferência a plantas prolíficas, colhendo-se sempre a espiga da ponta dessas plantas. Essas espigas colhidas foram novamente infestadas em laboratório e atualmente aguardam a decorrência dos 100 dias para serem avaliadas para dano.

As correlações simples e parciais entre as caracterís

ticas de cada espiga estudada, comprimento da palha além da ponta da espiga, número e pressão da palha, dano de Helicoverpa, Sitophilus e Sitotroga foram feitas utilizando-se um computador. Para esses cálculos a porcentagem de infestação de Sitophilus e Sitotroga foi transformada em $\sqrt{x+0,5}$.

11.2. Resultados e discussão

Os valores médios do comprimento da palha, pressão da palha, número de palhas, nota média de dano de Helicoverpa, porcentagem de infestação de Sitophilus e Sitotroga, para as populações originais (Po) em 1970, para as populações selecionadas para plantio em 1970 (Po'), para as populações do primeiro ciclo de seleção (P1) e testemunha (Po) em 1971 e para a população selecionada para plantio em 1971 (P1'), estão sumariados no quadro 14.

Em 1970 muitas espigas da variedade Maya VII infestadas com saco plástico, tombaram e o saco plástico enxeu-se de água e as espigas se umideceram. Essas espigas umidecidas foram utilizadas para seleção, mas as suas médias foram separadas das demais, porque estavam fora das condições normais. Para evitar encharcamento não se utilizou mais sacos plásticos.

No quadro 14, não é válida a comparação entre graus de infestação em anos diferentes. O grau de infestação da população selecionada (P1) deve ser comparado ao grau de infestação da população original (Po) no mesmo ano. Comparações entre variedades também não podem ser feitas, já que estas não foram infestadas concomitantemente e sob as mesmas condições.

Houve uma redução do dano causado por Sitotroga cerealella da ordem de 58,9% na população de Azteca (14,6% para 6,0%) e de 61,0% na população de Maya (12,3% para 4,8%) em apenas um ciclo de seleção. Não houve ganho na população de Cate

to e a variação de 3,1 para 3,2% de infestação verificada entre a população original (Po) e a população selecionada (P1) provavelmente foi devida ao acaso.

Houve uma redução no dano causado por Sitophilus zeamais da ordem de 19,6% na população de Azteca (10,2% para 8,2%) e de 79,2% na população de Maya (13,0 para 2,7%) em apenas um ciclo de seleção. A população de Cateto também não apresentou progresso contra essa praga, apresentando uma infestação de 2,2% na população com um ciclo de seleção (P1) contra 1,0% na população original (Po).

A média de dano causado por Helicoverpa zea quase não sofreu redução nas populações selecionadas das três variedades. Este resultado entretanto não é considerado definitivo. É provável que a escala de dano de H.zea ainda não é a ideal para comparações e o método de trabalhar com a média de notas não é satisfatório. Uma nova escala ou transformação da escala utilizada para dano causado ainda deverá ser feita e mais alguns ciclos de seleção serão efetuados, antes que conclusões definitivas possam ser tiradas em relação a esta praga.

Os ganhos obtidos nas populações de Maya e Azteca contra Sitophilus e Sitotroga em apenas um ciclo de seleção, sugerem a possibilidade de obter-se populações com bom nível de resistência a essas pragas com poucos ciclos de seleção. O milho Cateto não mostrou progresso em relação a essas pragas, o que pode ser explicado pela baixa variabilidade genética dessa variedade. Essa variedade também apresenta a desvantagem de ter baixo teto de produtividade, mas foi incluída no presente programa de trabalho por ser um milho do tipo duro, o que permitiu tirar conclusões já mencionadas relacionadas com dureza de grãos. Além disso a variedade Cateto, era fonte de pelo menos uma linhagem componente da maioria dos híbridos co

merciais do Brasil quando este programa de trabalho foi iniciado (Dr. William José da Silva, informação pessoal). O progresso a ser obtido com a seleção está estreitamente relacionado com a variabilidade da população de milho, como era teoricamente esperado.

Em geral os milhos do tipo duro têm baixo teto de produtividade (Dr. William José da Silva, informação pessoal). Foi visto que milho duro em palha é mais resistente que milho mole e que espigas pequenas são menos danificadas que espigas grandes. Teria o milho Cateto adquirido essas características de milho duro e espigas pequenas, no decurso de muitos séculos de seleção natural em relação a Sitophilus? Um programa de seleção artificial para melhoramento contra Sitophilus levaria a população a tornar-se do tipo duro com redução do tamanho das espigas e queda do teto de produtividade? Não se pode dar respostas definitivas a essas questões, mas qualquer programa de seleção espiga por fileira modificada contra essa praga, deve necessariamente levar em consideração a produção, para que uma seleção negativa não ocorra em relação à produtividade. No presente trabalho a produção das linhas começou a ser medida e não se obteve ainda os dados relativos à produtividade da população selecionada para pragas.

O quadro 15 sumaria os resultados obtidos nos cálculos de correlação simples e parcial entre as diversas características observadas em 1971.

Vê-se que a pressão e o comprimento da palha sempre foram bem correlacionados o que confirma as observações de DOUGLAS (1947), WIDSTROM & DAVIS (1967).

É interessante notar que a correlação simples entre comprimento da palha além da ponta da espiga e a infestação de Sitophilus foi significativa em 5 casos e não foi signifi-

cante apenas na população testemunha de Cateto, que é um milho que em palha é pouco infestado por esse inseto. A correlação parcial entre essas duas características não foi significativa em nenhum caso. Isto poderia explicar porque há contradição na literatura sobre o papel desempenhado pelo comprimento da palha. Uma observação apenas das duas características poderia levar à conclusão de que ambas estariam correlacionadas negativamente de forma significativa, embora a correlação fosse baixa. Uma correlação parcial, mantendo os demais fatores constantes, feita com auxílio de computador, porém, demonstrou a não existência de relação entre o comprimento da palha e a infestação de Sitophilus.

A pressão da palha em alguns casos correlacionou negativamente com infestação de Sitophilus. Essa correlação foi baixa, mas sugere que a pressão da palha provavelmente tem um efeito negativo sobre a infestação de Sitophilus, sendo portanto uma característica mais importante que o comprimento da palha, dentro da população estudada.

Tanto o comprimento como a pressão da palha apresentaram correlações simples e parciais negativamente correlacionadas de forma significativa com a infestação de Sitotroga, sugerindo que esses fatores estão mais relacionados com a infestação de Sitotroga do que com Sitophilus. Esta observação está em desacordo com a observação de FLOYD et alii (1959) que consideraram a influência da palha maior sobre Sitophilus que sobre Sitotroga.

A correlação entre comprimento e pressão de palha e infestação de Helicoverpa foi negativa e significativa em alguns casos, principalmente quando o número de espigas estudadas foi grande, o que tornou o nível de significância bem baixo, mas de modo geral essa correlação foi muito baixa.

Houve correlação simples e parcial positiva e significativa entre infestação de Helicoverpa e infestações posteriores de Sitophilus e Sitotroga, o que confirma observações de outros autores, segundo os quais espigas infestadas por Helicoverpa apresentavam maior infestação desses insetos (HINDS & TURNER 1911, COTTON 1920, CARTWRIGHT 1930).

Não houve relação aparente entre o número de palhas e a infestação das pragas, razão pela qual essa característica não será mais observada nos futuros ciclos de seleção. A contagem do número de palhas é a observação mais trabalhosa entre as 6 aqui estudadas. Outras características que parecem ser mais importantes passarão a ser observadas, como dureza do milho e comprimento da espiga.

Pelo quadro 15 vê-se que houve correlação positiva relativamente alta entre a infestação de Sitophilus e Sitotroga. Não se considera, entretanto, essa observação como definitiva. O sistema de atribuir notas na mesma espiga às duas pragas pode influir subjetivamente de forma e elevar a nota atribuída a uma praga quando a outra é alta. Entretanto, é possível que realmente exista uma relação entre as infestações desses dois insetos. Este item deverá merecer mais investigação para determinar se essa correlação é resultante de uma falha da escala de notas ou se é real. Nos ciclos futuros de seleção, uma terceira nota será atribuída ao dano conjunto de Sitophilus e Sitotroga.

O quadro 16 mostra que a transformação de porcentagem em $\sqrt{x+0,5}$ ajusta melhor os dados que a transformação em arco seno \sqrt{x} , razão pela qual utilizou-se a primeira transformação para cálculo dos coeficientes de correlação.

As correlações parciais entre características da palha e infestação das pragas tendo sido em geral baixas, sugere-

re que a palha seria responsável por uma pequena parte da resistência do milho a cada uma dessas pragas.

Como poderia ser explicado o fato da seleção das espigas a serem plantadas, ter sido feita considerando-se exclusivamente os graus de dano causados pelas pragas, e a população selecionada resultante ter apresentado médias mais altas de pressão e comprimento da palha além da ponta da espiga ? Como a pressão e comprimento da palha estão bem correlacionados entre si e como cada um desses fatores está um pouco correlacionado com cada uma das pragas estudadas, é provável que a seleção tendo sido feita para as 3 pragas ao mesmo tempo houve um efeito de conjunto sobre as características da palha, o que explicaria o aumento do seu comprimento e pressão na população selecionada. Conforme mencionaram WIDSTROM et alii(1970), fica difícil explicar os resultados quando uma influência importante da palha na resistência não é aceita.

Quadro 14 - Comprimento da palha, pressão da palha na ponta, número de palhas, nota média de dano de Helicoverpa zea, porcentagem de grãos danificados por Sitophilus zeamais e Sitotroga cerealella e número de espigas estudadas, em populações originais (Po), populações selecionadas para plantios (P' = diferencial de seleção) e em população com um ciclo de seleção (Pl), em variedades de milho, Campinas, Brasil.

Ano	Popu- lação	Comp. palha	Pressão palha	Nº palha	H. zea	S.zea- mais	S.cerea- lella	Espigas estudadas
		mm	gs	nº	\bar{x}	%	%	nº
C a t e t o								
1970	Po	69	529	10,6	1,8	5,2	7,3	1.110
	Po'	81	668	10,7	0,8	0,6	2,3	74
1971	Po	72	636	7,4	1,3	1,0	3,1	698
	Pl	77	731	7,4	1,1	2,2	3,2	362
	Pl'	73	780	7,6	0,6	0,1	1,5	245
A z t e c a								
1970	Po	76	604	8,7	1,7	14,5	7,7	1.008
	Po'	86	789	8,7	0,8	2,1	2,7	158
1971	Po	66	630	8,3	1,1	10,2	14,6	247
	Pl	73	796	8,5	0,9	8,2	6,0	1.343
	Pl'	81	1.080	8,6	0,3	0,9	2,4	390
M a y a (seco)								
1970	Po	74	745	10,7	1,2	8,9	9,0	227
	Po'	79	1.020	10,8	0,5	1,6	2,9	50
(úmido)								
1970	Po	67	464	9,0	1,2	13,2	10,3	169
	Po'	78	639	9,5	0,3	1,8	3,3	37
1971	Po	78	1.081	7,5	0,8	13,0	12,3	492
	Pl	86	1.207	7,1	0,8	2,7	4,8	425
	Pl'	90	1.570	7,5	0,5	0,8	2,6	267

Quadro 15 - Valores dos coeficientes de correlação simples e correlação parcial entre diversas características da palha e grau de infestação de pragas da espiga, baseados em leituras feitas em espigas individuais de milho de diversas populações, em 1971, Campinas, São Paulo.

Características	Azteca		Maya		Cateto		
	Selec.	Test.	Selec.	Test.	Selec.	Test.	
Coeficientes de correlação simples							
Comp.	x pressão	0,698*	0,711*	0,620*	0,493*	0,649*	0,672*
Comp.	x n° palha	0,019*	0,072*	0,011*	0,064*	0,115*	-0,019*
Pressão	x n° palha	0,070*	0,146*	0,204*	0,225*	0,224*	0,107*
Comp.	x <u>H.zea</u>	0,074*	0,071*	-0,200*	-0,162*	-0,122*	0,073*
Comp.	x <u>Sitophilus</u>	-0,225*	-0,186*	-0,323*	-0,196*	-0,220*	-0,016*
Comp.	x <u>Sitotroga</u>	-0,451*	-0,455*	-0,378*	-0,338*	-0,356*	-0,256*
Pressão	x <u>H.zea</u>	-0,054*	0,007*	-0,236*	-0,149*	-0,140*	0,002*
Pressão	x <u>Sitophilus</u>	-0,308*	-0,217*	-0,351*	-0,293*	-0,201*	-0,056*
Pressão	x <u>Sitotroga</u>	-0,448*	-0,458*	-0,425*	-0,347*	-0,357*	-0,307*
N° palha	x <u>H.zea</u>	0,036*	-0,067*	-0,023*	-0,055*	-0,037*	-0,334*
N° palha	x <u>Sitophilus</u>	-0,012*	0,050*	-0,045*	-0,245*	-0,118*	0,045*
N° palha	x <u>Sitotroga</u>	-0,003*	-0,066*	-0,004*	-0,107*	-0,126*	-0,051*
<u>H.zea</u>	x <u>Sitotroga</u>	0,142*	0,080*	0,313*	0,208*	0,273*	0,129*
<u>H.zea</u>	x <u>Sitophilus</u>	0,287*	0,189*	0,249*	0,247*	0,239*	0,160*
<u>Sitophilus</u>	x <u>Sitotroga</u>	0,632*	0,269*	0,454*	0,060*	0,426*	0,223*
Coeficientes de correlação parcial							
Comp.	x pressão	0,623*	0,628*	0,541*	0,401*	0,594*	0,652*
Comp.	x n° palha	-0,044*	-0,037*	-0,137*	-0,077*	-0,054*	-0,125*
Pressão	x n° palha	0,085*	0,136*	0,258*	0,161*	0,185*	0,154*
Comp.	x <u>H.zea</u>	0,187*	0,116*	-0,023*	-0,054*	0,010*	0,099*
Comp.	x <u>Sitophilus</u>	0,001*	-0,025*	-0,091*	-0,073*	-0,062*	0,039*
Comp.	x <u>Sitotroga</u>	-0,234*	-0,210*	-0,100*	-0,199*	-0,141*	-0,093*
Pressão	x <u>H.zea</u>	-0,076*	-0,009*	-0,069*	-0,005*	-0,039*	-0,029*
Pressão	x <u>Sitophilus</u>	-0,135*	-0,088*	-0,099*	-0,194*	0,006*	-0,024*
Pressão	x <u>Sitotroga</u>	-0,142*	0,189*	-0,201*	-0,213*	-0,142*	-0,167*
N° palha	x <u>H.zea</u>	0,045*	-0,082*	-0,000*	0,023*	0,015*	-0,027*
N° palha	x <u>Sitophilus</u>	-0,008*	0,100*	-0,021*	-0,199*	-0,066*	0,066*
N° palha	x <u>Sitotroga</u>	0,017*	-0,018*	0,081*	-0,056*	-0,032*	-0,038*
<u>H.zea</u>	x <u>Sitotroga</u>	0,094*	-0,079*	0,188*	0,170*	0,174*	0,112*
<u>H.zea</u>	x <u>Sitophilus</u>	0,255*	0,191*	0,103*	0,223*	0,139*	0,132*
<u>Sitophilus</u>	x <u>Sitotroga</u>	0,498*	0,172*	0,318*	-0,106*	0,339*	0,203*
N° de espigas estudadas		1.343	247	425	492	362	698
Nível signif. 5%		0,062	0,128	0,096	0,089	0,105	0,078

Quadro 16 - Valores dos coeficientes de correlação simples e correlação parcial entre características da palha do milho e porcentagem de infestação de Sitotroga cerealella e Sitophilus zeamais transformada em $\sqrt{x+0,5}$ ou arco seno \sqrt{x} , em Azteca prolífico V com um ciclo de seleção para pragas da espiga. N° de espigas estudadas: 1.343. Nível de significância a 5% = 0,062.

Características		r simples		r parcial	
		$\sqrt{x+0,5}$	Arco seno \sqrt{x}	$\sqrt{x+0,5}$	Arco seno \sqrt{x}
Comp.	x <u>Sitophilus</u>	-0,225*	-0,168*	0,000*	-0,010*
Comp.	x <u>Sitotroga</u>	-0,451*	-0,386*	-0,234*	-0,197*
Pressão	x <u>Sitophilus</u>	-0,308*	-0,242*	-0,135*	-0,126*
Pressão	x <u>Sitotroga</u>	-0,448*	-0,382*	-0,142*	-0,132*
N° palha	x <u>Sitophilus</u>	-0,012	-0,010	-0,008	-0,015
N° palha	x <u>Sitotroga</u>	-0,003*	-0,020*	-0,017*	0,006*
H.zea	x <u>Sitophilus</u>	0,287*	0,226*	0,255*	0,208*
H.zea	x <u>Sitotroga</u>	0,142*	0,113*	0,094*	0,102*
<u>Sitophilus</u>	x <u>Sitotroga</u>	0,632	0,223	0,498	0,123

12. RELAÇÃO ENTRE A POSIÇÃO DAS ESPIGAS NA PLANTA E INFESTAÇÃO DE PRAGAS.

Procurou-se verificar se a espiga mais alta da planta, que via de regra é maior, diferia da espiga mais baixa, em relação ao comprimento da palha além da ponta da espiga, ao grau de aperto ou pressão da palha, ao número de palha, e ao dano das pragas Helicoverpa zea, Sitotroga cerealella e Sitophilus zeamais.

12.1. Materiais e métodos

12.1.1. Materiais

Utilizou-se plantas que tinham duas espigas das variedades Azteca Prolífico V e Cateto Prolífico V, cultivadas no Centro Experimental de Campinas em 1969/1970. No laboratório usou-se o tabuleiro já descrito (figura 7) para acondicionar as espigas em posição vertical e os sacos de papel e argolas de elástico para infestação das espigas (figura 8).

Balança e ponteiro já descritos foram utilizados para medir o grau de aperto da palha e régua para medir o comprimento.

12.1.2. Métodos

As espigas da mesma planta foram amarradas juntas com barbante, após infestação individual com 20 Sitophilus zeamais, seguindo a técnica já descrita no item 7. Após 90 dias da infestação avaliou-se o grau de dano de Sitophilus zeamais, Sitotroga cerealella e Helicoverpa zea, utilizando as técnicas já descritas no item 3. O comprimento da palha além da ponta da espiga, a pressão da palha e o número de palhas, foram observados utilizando a técnica já descrita no item 11.

Para fins de análise estatística cada planta foi considerada como um bloco com dois tratamentos, a espiga de bai-

xo e a espiga de cima. Na população de Azteca utilizou-se 132 plantas e na de Cateto 204, sendo os experimentos considerados como blocos ao acaso, com 2 tratamentos x 132 ou 204 repetições, respectivamente para as duas populações. As porcentagens de infestação de Sitophilus e Sitotroga para análise foram transformadas em arco seno \sqrt{x} .

12.2. Resultados e discussão

As médias dos comprimentos da palha além da ponta da espiga, a pressão e número de palhas, a nota média de dano de Helicoverpa zea e as porcentagens de grãos danificados por Sitophilus zeamais e Sitotroga cerealella estão sumariadas no quadro 17.

Quadro 17 - Comprimento, pressão, número de palha e dano de Helicoverpa zea, Sitophilus zeamais e Sitotroga cerealella em espigas superiores e inferiores da mesma planta.

Característica	Parâmetro	A z t e c a		C a t e t o	
		Superior	Inferior	Superior	Inferior
Comprimento da palha	Cm	7,61	10,39	6,38	8,92
Pressão da palha	Kg	0,61	0,74	0,49	0,62
Número da palha	Nº	8,63	9,06	10,55	10,32
<u>Helicoverpa</u>	Nota média	1,57	1,64	1,78	1,72
<u>Sitophilus</u>	% inf.	15,43	10,30	5,47	4,73
<u>Sitotroga</u>	% inf.	10,49	9,25	11,58	8,67

As análises da variância para cada característica em cada variedade estão sumariadas no quadro 18.

Os resultados demonstraram que as espigas da mesma planta se comportam diferentemente. Em geral as de baixo são menos danificadas por Sitophilus zeamais e Sitotroga cerealella e têm maior comprimento de palha além da ponta da espiga e a palha é mais apertada. Estes resultados concordam com os obtidos por GILLES & ASHMAN (1971). As espigas da mesma planta podem ser consideradas como geneticamente muito próximas, diferindo apenas devido ao efeito de xenia, ou seja, devido à polinização não ter sido controlada e o pólen contribuir para a formação do endosperma do grão cuja resistência é objeto de estudo. Sendo as espigas da mesma planta próximas geneticamente, pode-se considerar como possível causa das diferenças de infestação observadas o maior comprimento de palha além da ponta da espiga e maior aperto da palha das espigas menores, ou seja, das espigas mais baixas da planta. Conforme já foi discutido no item 2.9, há muitas referências na literatura relacionando essas características com resistência.

Em nenhum caso a espiga inferior foi significativamente mais infestada que a superior. As espigas inferiores e superiores de Cateto não diferiram em relação a Sitophilus. Isto pode ter sido devido ao fato deste milho ser resistente a essa praga e a infestação ser pequena.

As espigas da mesma planta não diferiram em relação à nota atribuída ao dano de Helicoverpa. Como não foi feita conversão da nota em porcentagem de dano é possível que isto tenha influenciado o resultado.

As diferenças entre plantas foram significantes para todas as pragas, exceto no caso de Cateto em relação à Helicoverpa, apesar do quadro 18 sugerir, que, como a diferença pa-

ra o nível de significância foi pequeno, se o coeficiente de variação fosse mais baixo, provavelmente a diferença entre plantas seria também significativa neste caso. Isto sugere que há possibilidade de selecionar as plantas menos infestadas contra as pragas da espiga, especialmente na variedade Azteca.

Sabe-se que a produtividade em milho está diretamente relacionada com prolificidade e uma das formas que os melhoristas de milho utilizam para aumentar a produtividade é selecionar para prolificidade. A prolificidade provoca uma redução quase obrigatória do tamanho da espiga, pois uma planta que produz duas espigas, normalmente não tem espigas tão grandes quanto uma planta que produz apenas uma espiga. Visto que as espigas menores têm palha mais comprida, mais apertada e em geral são menos danificadas por Sitophilus e Sitotroga, pode-se concluir que provavelmente o melhoramento para prolificidade além de contribuir para o aumento da produtividade, resulta na diminuição do tamanho das espigas, num aumento do comprimento e pressão da palha e numa redução do dano causado por Sitophilus e Sitotroga no armazenamento, o que foi concluído também por GILES & ASHMAN (1971). Isto deverá ser submetido à comprovação experimental.

Portanto, como o dano de Sitophilus e Sitotroga está em parte associado a tamanho de espiga, é preciso atentar para que um programa de melhoramento espiga por fileira modificado contra essas pragas não resulte em decréscimo de produtividade, o que poderia acontecer se a produção das linhas não fosse computada.

Quadro 18 - Resultados da análise da variância dos dados apresentados no quadro 17.

Característica estudada	Fonte de variação	V a r. A z t e c a		V a r. C a t e t o			
		Teste F	Nível signif. a 5%	Teste F	Nível signif. a 5%		
Comp. palha	Entre plantas	3,07*	1,34	22,6	3,30*	1,26	25,8
	Entre espigas	122,90	3,90	22,6	167,62	3,89	25,8
Pressão palha	Entre plantas	2,64*	1,34	49,4	3,90*	1,26	50,6
	Entre espigas	9,86	3,90	49,4	16,22	3,89	50,6
Número palha	Entre plantas	2,26*	1,34	16,9	2,08	1,26	16,3
	Entre espigas	5,48	3,90	16,9	1,87	3,89	16,3
<u>Helicoverpa</u>	Entre plantas	1,82	1,34	77,6	1,17	1,26	72,7
	Entre espigas	0,24	3,90	77,6	0,22	3,89	72,7
<u>Sitophilus</u>	Entre plantas	2,21*	1,34	69,2	1,37	1,26	86,6
	Entre espigas	11,50	3,90	69,2	3,62	3,89	86,6
<u>Sitotroga</u>	Entre plantas	2,82*	1,34	46,5	1,47*	1,26	54,4
	Entre espigas	5,07	3,90	46,5	13,50	3,89	54,4

13. APLICAÇÃO DA FÓRMULA DE BAYES PARA CÁLCULO DO NÚMERO DE CICLOS DE SELEÇÃO NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DE UMA POPULAÇÃO RESISTENTE.

13.1. Fórmula de Bayes

Suponhamos um conjunto S com os subconjuntos E_i e F_i , conforme o esquema abaixo.

	F1	F2	F3	- - -	F _i	- - -	F _n
E1							
E2							
E3							
⋮							
⋮							
⋮							
⋮							
E _i							
⋮							
⋮							
⋮							
En							

S

A probabilidade do subconjunto E_1 intersecção de F_1 , indicado por $E_1 \cap F_1$, acontecer, é dada pelas equações (1) e (2), onde $P(E_1/F_1)$ é a probabilidade de E_1 acontecer dado que F_1 já aconteceu.

$$P(E_1 \cap F_1) = P(F_1) \cdot P(E_1/F_1) \quad (1)$$

$$P(E1 \cap F1) = P E1 \cdot P(F1/E1) \quad (2)$$

A equação (1) pode ser escrita da seguinte forma:

$$P(E1/F1) = \frac{P(E1 \cap F1)}{P F1} \quad (3)$$

Substituindo-se (2) em (3) teremos:

$$P(E1/F1) = \frac{P E1 \cdot P(F1/E1)}{P F1} \quad (4)$$

A probabilidade do subconjunto F1 acontecer pode ser definida pela equação (5).

$$P F1 = P(E1 \cap F1) + P(E2 \cap F1) + \dots + P(En \cap F1) \quad (5)$$

Substituindo-se e (5) em (4) tem-se:

$$P(E1/F1) = \frac{P E1 \cdot P(F1/E1)}{P(E1 \cap F1) + P(E2 \cap F1) + \dots + P(En \cap F1)} \quad (6)$$

Substituindo-se o denominador de (6) pelo valor dado em (2) tem-se:

$$P(E1/F1) = \frac{P E1 \cdot P(F1/E1)}{P E1 \cdot P(F1/E1) + P E2 \cdot P(F1/E2) + \dots + P En \cdot P(F1/En)}$$

Esta é a fórmula de Bayes (MARQUES 1969), que no caso particular de n = 2 pode ser escrita da seguinte forma:

$$P(E1/F1) = \frac{P E1 \cdot P(F1/E1)}{P E1 \cdot P(F1/E1) + P E2 \cdot P(F1/E2)}$$

13.2. Considerações sobre eficiência de testes de resistência e algumas de suas implicações biológicas.

Suponha-se uma população de plantas na qual existe uma planta resistente a uma determinada praga em cada 10.000, sendo as restantes 9.999, suscetíveis.

Suponha-se que exista um teste biológico que aplicado a essas plantas indique com precisão variável quando as mesmas são suscetíveis e quando são resistentes.

Seja E1 uma planta resistente, E2 uma planta suscetível, F1 o resultado do teste indicando que a planta é resistente e F2 o resultado do teste indicando que a planta é suscetível.

O teste entretanto, pode estar sujeito a erros e o resultado do mesmo poderá indicar que a planta é resistente (F1) e a planta ser realmente suscetível (E2), ou vice versa.

Suponha-se o caso particular de um teste biológico que aplicado às plantas resistentes (E1) nunca falha, indicando que a mesma é resistente, ou seja $P(F1/E1) = 1$, isto é, a probabilidade do teste indicar que a planta é resistente dado que a planta tomada seja realmente resistente é igual a 1.

Suponha-se que esse mesmo teste aplicado a uma planta suscetível, 70% das vezes indica que a planta é suscetível, mas 30% das vezes indica que a planta é resistente.

Pergunta-se: Aplicando-se esse teste nas plantas dessa população, tomadas ao acaso, qual seria a probabilidade de uma planta ser realmente resistente (E1), quando o resultado do teste indicar que ela é resistente (F1)? Pode-se perguntar com outras palavras, qual seria a porcentagem de plantas realmente resistentes entre aquelas que o teste indica ser resistentes?

Conforme as suposições feitas acima, sabe-se que:

$$P(E1) = 0,0001$$

$$P(F1/E1) = 1$$

$$P(E2) = 0,9999$$

$$P(F1/E2) = 0,3$$

Aplicando-se a fórmula de Bayes

$$P(E1/F1) = \frac{0,0001 \cdot 1}{0,0001 \cdot 1 + 0,9999 \cdot 0,3} \approx 0,0003 \text{ ou } 0,03\%$$

A probabilidade da planta ser resistente quando o teste indicou que a mesma era resistente é 0,0003, ou 0,03% das plantas que o teste diz serem resistentes realmente são resistentes.

Supondo-se que o teste quando aplicado a uma planta resistente tem eficiência de 100% e quando aplicado a uma planta suscetível tem sucessivamente eficiências de 80, 90, 95, 99, 99,90, 99,99 e 100%, pode-se calcular da forma exposta acima, quais seriam as porcentagens de plantas resistentes entre aquelas que o teste indicaria ser.

Os resultados desses cálculos estão sumariados abaixo.

Eficiência do teste		Plantas realmente resistentes entre as que o teste indicou ser
Aplicado a uma planta resistente	Aplicado a uma planta suscetível	
%	%	%
100	70,00	0,03
100	80,00	0,05
100	90,00	0,10
100	95,00	0,20
100	99,00	1,00
100	99,90	10,00
100	99,99	90,00
100	100,00	100,00

Supondo-se agora que a eficiência do teste quando aplicado a uma planta resistente, varie na sua eficiência de 70, 80, 90, 95, 99, 99,90, 99,99 e 100% e a eficiência do teste aplicado a uma planta suscetível seja de 100%, conclue-se que em qualquer caso, sempre que o resultado do teste indicar que a planta é resistente ela realmente o será, porque

$$P(F1/E2) = 0 \therefore P(E1/F1) - \frac{P(E1) \cdot P(F1/E1)}{P(E1) \cdot P(F1/E1)} = 1$$

Eficiência do teste		Plantas realmente resistentes entre as que o teste indicou ser
Aplicado a uma planta resistente	Aplicado a uma planta suscetível	
%	%	%
70,00	100	100
80,00	100	100
90,00	100	100
95,00	100	100
99,00	100	100
99,90	100	100
99,99	100	100
100,00	100	100

Suponha-se que um teste biológico fosse aplicado a uma população de plantas com a finalidade de selecionar as resistentes e eliminar as suscetíveis.

Dois tipos de erros poderiam ser cometidos: Se o teste for muito severo, mesmo plantas resistentes poderiam ser consideradas suscetíveis e se o teste não for rigoroso muitas plantas suscetíveis poderiam ser consideradas resistentes. Para que houvesse ganho mais rápido de resistência num programa de seleção desse tipo, seria mais interessante evitar que plantas suscetíveis fossem consideradas resistentes, não im-

portando que plantas resistentes pudessem ser consideradas suscetíveis. Como foi demonstrado matematicamente, quando plantas suscetíveis são consideradas resistentes, por falha do teste, a porcentagem de plantas realmente resistentes entre as selecionadas pode ser muito baixa. Por outro lado, quando o rigor do teste é tal que, dificilmente uma planta suscetível é considerada resistente, então os ganhos de seleção poderão ser altos, mesmo que muitas plantas resistentes sejam eliminadas por serem consideradas suscetíveis.

Aplicando-se teste muito severo, poderá acontecer de muitas plantas com resistência moderada serem eliminadas, aproveitando-se apenas aquelas com alto grau de resistência, se elas existirem na população. Quando a população possui plantas com alto grau de resistência ainda que essas plantas sejam muito raras, a seleção pode teoricamente ser praticada com sucesso. Basta para tal adotar-se um teste bastante rigoroso, utilizando-se por exemplo infestações artificiais com grande número de insetos, de tal forma que plantas suscetíveis dificilmente possam ser consideradas resistentes. Quando a população de plantas, entretanto, possui apenas algumas plantas portadoras de resistência moderada, o sucesso do programa de melhoramento, através de seleção dentro da população, torna-se difícil. Um teste rigoroso poderia eliminar também essas plantas de resistência moderada e um teste pouco rigoroso, poderia considerar como resistente muitas plantas suscetíveis, o que tornaria os ganhos de seleção muito baixos.

É provável que na natureza a maioria das mutações que ocorrem nas plantas, tornando-as pouco mais resistentes a uma determinada praga que suas vizinhas, geralmente passam despercebidas, pela razão exposta.

A aplicação de um inseticida sobre uma população de

insetos poderia teoricamente ser comparada ao teste biológico acima discutido para selecionar plantas resistentes a inseto dentro de uma população. Quanto mais uniforme e generalizada for a aplicação do inseticida no habitat, mais difícil seria aos indivíduos suscetíveis escaparem à sua ação e consequentemente à morte, ou seja, seria mais difícil acontecer o erro de um suscetível ser considerado resistente e portanto mais rápido seria o ganho em resistência da população. Por outro lado, quanto mais forte for a dose do inseticida utilizado, mais difícil seria aos suscetíveis escaparem à morte e serem considerados resistentes, muitos de resistência moderada poderiam morrer e apenas os altamente resistentes poderiam sobreviver. Se esses indivíduos altamente resistentes existirem na população do inseto, a formação de uma raça resistente seria tanto mais rápida quanto maior for a dose do inseticida aplicado. A aplicação desuniforme do inseticida no habitat poderia dificultar a formação da raça resistente, já que daria oportunidade ao "erro" já discutido de muitos suscetíveis sobreviverem como se fossem resistentes. A alternância de inseticidas entre anos, ou a aplicação de diferentes inseticidas, por diferentes agricultores, tornaria o aparecimento de raças resistentes mais difícil.

Pelo mesmo raciocínio pode-se concluir que quanto maior for o grau de resistência de uma variedade de planta a uma praga (maior rigor na seleção) e quanto mais difundido for o seu cultivo (mais uniformidade de atuação) mais rápido poderá ser o aparecimento de uma raça da praga capaz de infestá-la, desde que exista na população do inseto indivíduos com essa capacidade. Em alguns casos, portanto, poderá ser mais interessante uma variedade de resistência moderada utilizada de forma integrada com outras formas de controle, como por

exemplo o biológico, através de inimigos naturais (VAN EMDEN 1966).

Se as pragas infestassem as culturas de modo uniforme, generalizado e de maneira severa, haveria logo formação de populações da cultura resistentes à praga, no caso de haver variabilidade genética para resistência na cultura, mesmo que a frequência gênica para resistência fosse baixíssima. No caso de não haver variabilidade para resistência, a cultura naquelas condições estaria condenada ao desaparecimento. Tanto no caso de haver variabilidade, propiciando a formação de uma população da planta resistente ao inseto, como no caso de não haver variabilidade, ensejando a consequente extinção da espécie vegetal, a sobrevivência da espécie do inseto poderia ser prejudicada e até ameaçada de extinção, principalmente se a espécie for monófaga e depender inteiramente da espécie vegetal em questão, para sua sobrevivência. É provável que muitas espécies de insetos desapareceram e se tornaram fósseis devido a essa competição com as plantas, fontes de alimento. As espécies que sobreviveram até hoje apresentam diversos mecanismos, que em parte dificultam uma seleção das plantas para resistência contra elas.

1 - Na maioria das espécies de insetos a infestação dentro de uma cultura não é uniforme. Esta deve ser a principal razão, pela qual é pouco comum surgir raças de plantas resistentes às pragas, enquanto que a aplicação do inseticida é relativamente uniforme, fazendo com que o aparecimento de raças de insetos resistentes a inseticidas seja um fenômeno frequente.

2 - A infestação de insetos geralmente é intermitente, passando por altos e baixos, permitindo que as plantas se recuperem quando a população decresce e dessa forma mesmo as

plantas suscetíveis podem produzir sementes. Muitas vezes essas flutuações da população são reguladas pela população de inimigos naturais, que desta maneira torna-se benéfica à própria espécie do inseto, pois impede a sua proliferação excessiva, o que poderia resultar na extinção do alimento disponível, com conseqüente desaparecimento da espécie do inseto. Considerado portanto sob esse ponto de vista, o inimigo natural é nocivo ao indivíduo que é atacado, mas é benéfico à sobrevivência da espécie.

3 - A infestação dos insetos geralmente não é generalizada. Mesmo em casos de grandes surtos de infestação pode-se às vezes, observar lavouras com pequena infestação.

4 - Às vezes, a planta pouco infestada por um inseto é muito suscetível a outra espécie. Como muitas espécies podem infestar a planta simultaneamente, uma espécie pode contribuir para evitar que se forme uma população resistente à outra espécie e vice versa.

5 - Além desses mecanismos que dificultam a formação de uma raça de planta resistente, há também um mecanismo de sobrevivência entre planta e inseto, o qual consiste numa seleção de plantas apenas tolerantes ao inseto, ou seja, plantas que não sofrem dano do inseto, mas que permitem ao mesmo sobreviver e se reproduzir perfeitamente sobre a mesma. Este é um caso bastante frequente em ácaros eriofiídeos, que têm uma especificidade hospedeira muito grande, mas que na maioria dos casos não são nocivos às plantas que os hospedam, embora haja muitas exceções.

Com a finalidade portanto de selecionar raças de plantas resistentes a inseto, partindo-se de uma população suscetível, mas que apresenta variabilidade genética em relação à praga, ainda que em baixíssima frequência, deve-se auxiliar a

evolução natural das populações de plantas procurando-se uniformizar o mais possível a infestação da praga. Para evitar casos de plantas que escapam à infestação confundindo-se com plantas resistentes, infestar com apenas uma espécie ou raça do inseto, mantendo as demais espécies bem como os microorganismos patogênicos afastados e permitir que a infestação se desenvolva a níveis que permitam caracterizar as plantas suscetíveis efetuando essas infestações seguidamente, geração após geração.

Uma das maiores contribuições que poderia ser dada à Entomologia Aplicada, seria a descoberta de substâncias que anulassem os efeitos dos feromônios de agregação, ou processos que fizessem com que os insetos se distribuíssem uniformemente.

13.3. Número de ciclos de seleção necessários para obtenção de uma população resistente a partir de uma suscetível.

Os cálculos apresentados abaixo são meramente probabilísticos não levando em consideração interação entre genes, como epistasia e complementação, efeitos aditivos, mutações e pressupõe que a herdabilidade da resistência seja igual a 1 e também a penetrância seja máxima. Efeitos de segregação não são considerados supondo-se que as plantas são puras para o caráter resistência, ou seja, plantas resistentes dão apenas descendentes resistentes e plantas suscetíveis dão apenas descendentes suscetíveis.

Seja uma população de plantas que possui uma planta resistente a uma praga em cada 10 mil plantas, isto é, a frequência de plantas resistentes é igual a 0,0001. Suponha-se que exista um teste biológico com 95% de eficiência para reconhecer essas plantas resistentes, ou seja, aplicando-se o tes

te a uma planta resistente, 95% das vezes o teste indicará que ela é resistente e aplicando-se o teste a uma planta suscetível, 95% das vezes ele dirá que a planta é suscetível.

Tomando-se uma planta ao acaso dessa população e aplicando-se o teste biológico, se o resultado indicar que ela é resistente, qual será a probabilidade dela ser realmente resistente ?

Pode-se aplicar a fórmula de Bayes.

$$P(E1/F1) = \frac{P E1 \cdot P(F1/E1)}{P E1 \cdot P(F1/E1) + P E2 \cdot P(F1/E2)}$$

P(E1/F1) = probabilidade de ser resistente dado que o teste indicou ser resistente.

P E1 = probabilidade de uma resistente na população.

P(F1/E1) = probabilidade do teste indicar que é resistente dado que a planta seja resistente.

P E2 = probabilidade de uma suscetível na população.

P(F1/E2) = probabilidade do teste indicar que é resistente dado que a planta seja suscetível.

$$\begin{aligned} P(E1/F1) &= \frac{0,0001 \cdot 0,95}{0,0001 \cdot 0,95 + 0,9999 \cdot 0,05} = \\ &= \frac{0,000095}{0,05009} = 0,0018965 \end{aligned}$$

Suponha-se que esse teste seja aplicado em n' plantas da população e sejam selecionadas as n plantas que o teste indicou ser resistentes, para constituir uma nova população P1 de plantas. A frequência de plantas resistentes na população P1 será portanto de 0,0018965. Sabendo-se que esta será a frequência favorável, qual seria o número mínimo de plantas indicadas pelo teste como resistentes que deveria ser preservado, para que se tenha 95% de probabilidade de se preservar pelo

menos uma que seja verdadeiramente resistente ?

Pode-se aplicar o binômio de Newton

$$P = \binom{n}{0} p^0 q^n + \binom{n}{1} p^1 q^{n-1} + \dots + \binom{n}{i} p^i q^{n-i} + \dots + \binom{n}{n} p^n q^0$$

A probabilidade de pelo menos uma ser resistente é

$0,95 = \binom{n}{0} p^0 q^n + \binom{n}{1} p^1 q^{n-1} + \dots + \binom{n}{n-1} p^{n-1} q^1$, ficando portanto excluído apenas o último termo do binômio $\binom{n}{n} p^n$, que seria a probabilidade de todas serem suscetíveis, e que portanto é igual a 0,05. É mais fácil utilizar este último termo para calcular o valor de n.

$$0,05 = (1 - 0,0018965)^n$$

$$0,05 = 0,9981035^n$$

$$\log 0,05 = n \log 0,9981035$$

$$n = \frac{\log 0,05}{\log 0,9981035} = \frac{\bar{2},698970}{\bar{1},999174} = \frac{-1,3010300}{-0,0008259} = 1.575,28$$

Portanto 1.576 plantas dariam 95% de probabilidade de ter pelo menos uma planta resistente na população P1.

Quantas plantas seriam necessárias serem submetidas ao teste, para fornecer 1.576 indicadas como resistentes que seriam selecionadas ?

O denominador da fórmula de Bayes nos dá a probabilidade do teste indicar uma planta como resistente, portanto para obter 1.576 basta elaborar uma regra de três simples.

$$1 \text{ ----- } 0,05009$$

$$n' \text{ ----- } 1.576$$

$$n' = \frac{1.576}{0,05009} = 31.463,36 \approx 31.464$$

Partindo-se agora da população P1 cuja frequência de plantas resistentes é 0,0018965, pode-se repetir os mesmos cálculos já feitos e obter-se a nova probabilidade de uma planta ser realmente resistente quando o teste indica-la como tal.

$$P(E1/F1) = \frac{0,0018965 \cdot 0,95}{0,0018965 \cdot 0,95 + 0,9981035 \cdot 0,05} = 0,0348426$$

Pode-se proceder assim sucessivamente até que a frequência de plantas resistentes atinja a 99%. O quadro 19 foi elaborado da forma exposta.

Quadro 19 - Frequência de plantas resistentes à praga, número de plantas da população que deveriam ser submetidas a teste biológico, número de plantas a ser selecionado, probabilidade de plantas resistentes na população selecionada e número de ciclos de seleção necessários para atingir-se uma população de plantas resistentes, partindo-se de uma população suscetível, cuja frequência inicial de plantas resistentes era 0,0001, utilizando-se para efetuar a seleção um teste biológico com 95% de eficiência.

População	Frequência de plantas resistentes a praga.	Nº mínimo de plantas a ser testado	Nº mínimo de plantas que o teste indica ser resistentes selecionadas.	Probabilidade de uma planta selecionada ser resistente.
P0	0,0001	31.464	1.576	0,0018965
P1	0,0018965	1.644	85	0,0348426
P2	0,0348426	74	6	0,4068477
P3	0,4068477	5	2	0,9287355
P4	0,9287355	2	1	0,9959777
P5	0,9959777			

Vê-se que o número de plantas preservadas no primeiro ciclo de seleção, 1.576, não é suficiente para atender o número mínimo de plantas a serem testadas no segundo ciclo de seleção 1.644, razão pela qual aquele primeiro número deve ser ampliado. A partir do terceiro ciclo de seleção o número de plantas selecionadas para o ciclo seguinte de seleção torna-se muito reduzido, razão pela qual seria interessante reformular também essa parte do programa, fazendo-se os cálculos de forma a obter-se um número mínimo de 10 plantas no último ciclo.

O quadro 20, sumaria o programa final já reformulado.

Quadro 20 - Frequência de plantas resistentes a uma praga na população, número de plantas a ser testado, número de plantas a ser selecionado e número de ciclos de seleção necessários para atingir uma população resistente a partir de uma suscetível, obtidos através da reformulação do quadro 19.

População	Frequência de plantas resistentes a praga.	Nº mínimo de plantas a ser testado	Nº mínimo de plantas a ser selecionado.	Probabilidade de uma planta selecionada ser resistente.
Po	0,0001	37.623	1.915	0,0018965
P1	0,0018965	1.915	99	0,0348426
P2	0,0348426	99	8	0,4068477
P3	0,4068477	29	12	0,9287355
P4	0,9287355	12	10	0,9959777
P5	0,9959777			

Observando-se o quadro 20, vê-se que no terceiro ciclo de seleção foram preservadas apenas 8 plantas enquanto que no mínimo 29 deveriam ser testadas no ciclo seguinte. Nes

te ciclo seria necessário proceder a multiplicação das plantas antes do próximo ciclo.

Em face da discussão feita no item anterior poder-se-ia perguntar o seguinte: Seria mais interessante entregar ao agricultor a população P4 com 92% de plantas resistentes ou a P5 com 99% de plantas resistentes ?

Do ponto de vista de manutenção da resistência, no sentido de evitar a formação de uma nova raça do inseto, provavelmente em alguns casos seria melhor entregar aos agricultores a população P4, pois esta evitaria 92% das perdas no primeiro ano, se a resistência for elevada, e ainda teria um efeito cumulativo sobre os anos seguintes e além disso não exerceria uma pressão seletiva tão forte quanto a população P5 sobre a população do inseto.

14. OCORRÊNCIA DE SITOPHILUS ZEAMAIIS E SITOPHILUS ORYZAE EM ARROZ, TRIGO E MILHO EM CONDIÇÕES NATURAIS.

A frequência de ocorrência de espécies de Sitophilus em arroz, trigo e milho, foi investigada na região Sul do Estado de São Paulo.

14.1. Materiais e métodos

14.1.1. Materiais

Pequenas amostras de arroz em casca, trigo e milho infestadas de Sitophilus coletadas na região Sul do Estado de São Paulo, em março de 1968 e agosto de 1969, em 17 municípios, conforme o quadro 21.

14.1.2. Métodos

As amostras foram coletadas em fazendas e armazéns das cidades e trazidas para o laboratório da Seção de Entomologia Fitotécnica, em Campinas.

Dez indivíduos de cada amostra foram examinados à binocular e especificamente identificados pelos caracteres de genitália, já utilizados anteriormente pelo autor (ROSSETTO 1969a).

14.2. Resultados e discussão

A figura 12 sumaria os resultados obtidos. Vê-se que os resultados de modo geral são concordantes com observações já efetuadas em outras regiões do mundo, mencionadas no item 2.11. No caso do arroz e do trigo houve predominância de amostras infestadas pelas duas espécies S.oryzae e S.zeamais, enquanto que no milho mais de 95% das amostras estavam infestadas com S.zeamais. O trigo, apesar de ser referido como mais favorável ao desenvolvimento de S.oryzae apresentou 70% de amostras infestadas com S.zeamais, isoladamente (15%) ou em mistura com S.oryzae (55%). Esta alta porcentagem pode ser de

Quadro 21 - Amostras de cereais infestadas de Sitophilus cole
tadas em diferentes locais, fazendas e armazens
em 17 municípios paulistas.

M u n i c í p i o	Número de amostras		
	Milho	Trigo	Arroz
Itapeva	22	23	8
Capão Bonito	27	11	14
Itaberá	14	1	
Itapetininga	8	2	1
Itaporanga	3		
Araçoiaba da Serra	2		
Ribeirão Vermelho do Sul	2		
São Miguel Arcanjo	2		
Apiáí	1	1	
Paranapanema	1		
Buri		2	
Itaí	1		
Angatuba	1		
Taquai	1		
Fartura	1		
Ribeirão Branco	1		
Ribeirão Bonito			1
Total	87	40	24

vida ao cultivo generalizado de milho nessa região, permanecendo o milho armazenado nos paiões e depósitos por mais tempo, favorecendo mais o desenvolvimento da população de S.zeamais no habitat, enquanto que o trigo, que poderia favorecer o crescimento da população de S.oryzae, é colhido e logo encaminhado aos moinhos e transformado em farinha. Além disso a espécie maior S.zeamais tem maior capacidade de vôo (KIRITANI 1959) e provavelmente o trigo já vem do campo infestado por esta espécie.

O fato de 95% das amostras de milho estarem infesta-

das por S.zeamais pode em parte ter sido devida à época predominante da coleta, em agosto, pouco tempo após à colheita. O milho já vem infestado do campo por esta espécie e portanto pouco tempo de armazenamento favorece a sua maior frequência, em relação a S.oryzae.

A grande predominância de amostras com S.zeamais, mesmo numa região onde se cultivava trigo, demonstra claramente que esta é a espécie mais importante de Sitophilus para o milho armazenado em São Paulo e é a espécie, que apresenta maior interesse para o programa de melhoramento em milho.

Esta predominância de S.zeamais em milho já havia anteriormente sido observada por ROSSETTO (1969a) em amostras recebidas, de diferentes pontos do Estado de São Paulo. É preciso notar que a ocorrência generalizada de S.zeamais observada por esse autor em São Paulo, em grande parte foi devida ao fato do cereal estudado ter sido o milho. A ocorrência de S.oryzae provavelmente também teria se mostrado generalizada em São Paulo, se o cereal utilizado para estudo fosse o trigo ou o sorgo, embora isto necessite de uma comprovação experimental. Nota-se que o cereal hospedeiro é um fator ecológico preponderante na ocorrência destas duas espécies de Sitophilus, o que está de acordo com FLOYD & NEWSON (1959), segundo os quais nos E.U.A. o cereal hospedeiro prevalece sobre fatores climáticos e é o fator condicionante da distribuição geográfica dessas espécies. Essa observação é ainda mais significativa se considerarmos que as variações climáticas no Estado de São Paulo, são insignificantes quando comparadas às diferenças existentes entre o Sul e o Norte dos E.U.A.

Em face da grande influência do cereal hospedeiro na ocorrência das espécies, o estudo posterior sobre a frequência dessas espécies, em diferentes regiões no Brasil, foi fei

to apenas utilizando-se amostras de arroz, que se apresenta como um cereal intermediário no seu comportamento e é cultivado em todas regiões do Brasil.

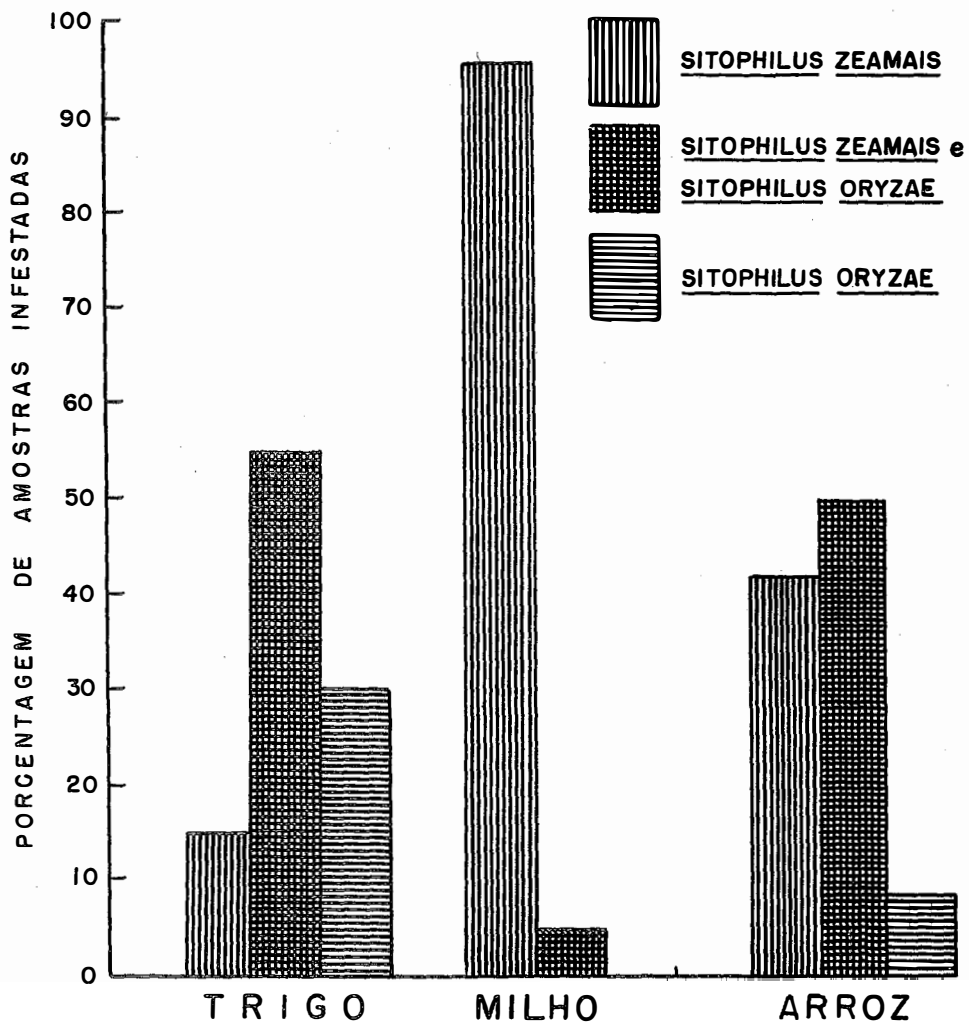


Fig. 12 - Ocorrência de espécies de Sitophilus em cereais em condições naturais.

15. FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE SITOPHILUS ZEAMAIIS E SITOPHILUS ORYZAE, NO BRASIL.

Duas espécies de Sitophilus, oryzae e zeamais têm sido comumente encontradas infestando cereais, no Brasil. Embora não haja limitações conhecidas, para a ocorrência dessas espécies em todo o Brasil, é possível que a sua frequência de ocorrência varie entre as diferentes regiões do Brasil, o que foi objeto desta investigação.

15.1. Materiais e métodos

15.1.1. Materiais

Utilizou-se 125 amostras de arroz com casca ou sem casca, infestadas de Sitophilus e coletadas por colaboradores em depósitos de diferentes locais do Brasil e remetidas para a Seção de Entomologia Fitotécnica em Campinas, São Paulo. As amostras começaram a ser coletadas em 1968, através da colaboração do Sr. Secundino São José, da Companhia Agroceres e foram coletadas até 1972.

15.1.2. Métodos

Apenas amostras de arroz foram utilizadas, porque no Brasil, entre os cereais, somente o arroz e o milho são cultivados de forma generalizada, e o milho favoreceu de forma acentuada a ocorrência de uma das espécies, Sitophilus zeamais, conforme estudo anteriormente apresentado no item 14. Os insetos presentes na amostra de arroz foram examinados na binocular e 10 indivíduos de Sitophilus foram identificados pelo exame da genitália e observação dos caracteres já mencionados por ROSSETTO (1969a).

O resultado das identificações foi dividido em 3 classes: amostras infestadas apenas por Sitophilus zeamais (o), infestadas apenas por Sitophilus oryzae (x) e infestadas por

ambas as espécies (e). Esses símbolos foram colocados em um mapa do Brasil, no local correspondente à coleta. Apenas 100 amostras foram colocadas no mapa, pois havia alguns locais com mais de uma amostra.

15.2. Resultados e discussão

Das 100 amostras mapeadas (fig. 13), 54 estavam infestadas por Sitophilus zeamais, 4 estavam infestadas apenas por Sitophilus oryzae e 42 por uma mistura das duas espécies.

Os resultados demonstraram que Sitophilus zeamais ocorreu em mais de 90% das amostras examinadas, ficando evidente que é a espécie de Sitophilus que de modo geral predomina no Brasil em arroz (fig. 13). Visto que se o cereal estudado fosse milho, a predominância dessa espécie seria ainda mais marcante, conforme demonstrado no estudo anterior, pode-se concluir que a espécie Sitophilus zeamais é a mais importante entre os Sitophilus, para os cereais armazenados no Brasil. Isto comprova a opinião emitida teoricamente por ROSSETTO (1966) que considerou S. zeamais a espécie mais nociva para os grãos armazenados no Brasil, ao lado de Sitotroga cerealella. Esta última é muito importante no Sul do Brasil e seria interessante saber da sua importância na Região Amazônica, já que nos trópicos Americanos os Sitophilus foram considerados mais importantes que Sitotroga (BREESE 1960).

A ocorrência de Sitophilus oryzae nas amostras de arroz também foi frequente, mas na maioria dos casos ocorreu em mistura com Sitophilus zeamais (fig. 13). O fato de ter ocorrido em mistura em 42% das amostras mostra que essas espécies competem entre si no Brasil e conforme já foi mencionado por ROSSETTO (1969a) se uma delas fosse eliminada a outra provavelmente se desenvolveria mais e poderia substituir o vazio

deixado pela primeira. Isto provavelmente não acontecerá entretanto, se a eliminação de Sitophilus zeamais em milho for feita com cultivo de milhos resistentes, pois como já foi mencionado o milho não é um hospedeiro muito favorável para Sitophilus oryzae.

Apesar da ocorrência de Sitophilus oryzae ter sido generalizada e frequente em arroz (fig. 13), ainda assim esta espécie pode ser considerada de muito menor importância econômica que Sitophilus zeamais no momento no Brasil, comprovando a opinião de ROSSETTO (1966). Isto porque Sitophilus oryzae foi muito pouco frequente em milho, que é um cereal de grande produção no Brasil e que sofre bastante dano causado por pragas no armazenamento, enquanto que Sitophilus zeamais predomina quase completamente nesse cereal. Sitophilus oryzae foi relativamente frequente em arroz, conforme os resultados apresentados anteriormente (figs. 12 e 13) e o arroz também é um cereal de grande produção no Brasil, mas os danos sofridos pelo arroz durante armazenamento são pequenos, quando comparados aos danos sofridos por outros cereais. Isto porque a casca do arroz impede a infestação das pragas e apenas arroz com alguma abertura na casca ou arroz descascado podem ser danificados (LINK et alii 1971). Isto minimiza a importância econômica da frequente ocorrência de Sitophilus oryzae verificada no arroz. Esta espécie foi também muito frequente em trigo (fig. 12) e provavelmente seria também em sorgo, se este tivesse sido estudado, mas esses cereais são muito pouco cultivados no Brasil, no momento. Com o aumento da área cultivada desses cereais pode-se teoricamente esperar um aumento da importância econômica de Sitophilus oryzae como praga.

Os resultados obtidos com amostras de arroz no presente trabalho não diferiram muito dos resultados com amostras

de arroz coletadas apenas na região sul do Estado de São Paulo, onde as misturas de espécies foram frequentes e Sitophilus zeamais predominou nas amostras infestadas apenas por uma espécie (fig. 12). Os resultados obtidos por ROSSETTO (1969a) com amostras de milho do Estado de São Paulo, também não diferiram muito dos resultados obtidos em amostras de milho apenas da região Sul de São Paulo, onde a grande maioria das amostras estavam infestadas com Sitophilus zeamais (fig. 12). Isto sugere portanto, que o cereal hospedeiro é o fator ecológico mais importante, que regula a ocorrência de Sitophilus oryzae ou Sitophilus zeamais no Brasil, da mesma forma que nos Estados Unidos (FLOYD & NEWSON 1959).

O número de amostras coletadas tornou-se exíguo em face da amplitude territorial do País, para permitir comparações seguras entre regiões. As amostras continuarão a ser coletadas até atingir um número maior, que torne mais evidente a distribuição de frequências de ocorrência. A região litorânea do Sul de Santa Catarina e Paraná e o Rio Grande do Sul mostraram uma tendência para dar mistura das duas espécies, (fig. 13) enquanto o Oeste de Santa Catarina e Nordeste do Brasil parecem mostrar uma tendência para apresentar maior predominância de Sitophilus zeamais. Qualquer tentativa para explicar essas eventuais diferenças no momento, seria meramente especulativa.

Considerando que Sitophilus zeamais é a espécie de Sitophilus mais importante como praga no momento no Brasil, e é a espécie predominante em milho, fica plenamente justificado o uso desta espécie, no programa de melhoramento de milho, contra pragas da espiga aqui discutido.



FIGURA 13.- Espécies de *Sitophilus* em arroz armazenado

16. BIOLOGIA DE SITOPHILUS ZEAMAIIS

Para poder desenvolver com melhor eficiência um programa de melhoramento de milho contra Sitophilus zeamais torna-se necessário um conhecimento minucioso de sua biologia, principalmente do ritmo de oviposição e período de desenvolvimento de ovo a adulto, o que permite planejar melhor a criação dos insetos e a execução de experimentos.

16.1. Materiais e métodos

16.1.1. Materiais

Utilizou-se grãos de milho da variedade Maya Opaco 2, cortados lateralmente de modo a expor parte do endosperma e embrião e Sitophilus zeamais criados em milho. Para conter os grãos de milho individualmente utilizou-se pequenos vidros 38mm de altura e 21mm de diâmetro na base, em cuja tampa plástica foram feitos vários furos para troca de ar, acondicionados em caixas de petri (figs. 14 e 15).

16.1.2. Métodos

Trinta e oito casais de Sitophilus zeamais, com menos de 24 horas de vida adulta, foram coletados de milho infestado, do qual haviam sido retirados 24 horas antes todos os adultos existentes. Cada casal foi confinado em um pequeno vidro contendo um grão de milho (fig. 14). Diariamente cada grão de milho era substituído por outro, examinado à binocular para contagem dos ovos existentes no mesmo e transferido para novo vidro para aguardar a emergência dos adultos (fig. 15). Os vidros que continham os casais de Sitophilus e o grão de milho, eram mantidos inclinados, apoiados na parte lateral da caixa de petri, para permitir que os Sitophilus que caíssem de costas no fundo do vidro pudessem apoiar-se no grão de milho e virar-se para a posição normal (fig. 14).

Os vidros que continham os casais foram numerados de 1 a 38. Os vidros que recebiam diariamente os graos já ovipositados eram numerados com o número do casal, e posteriormente com o número de ordem do grão. Assim o grão que no primeiro dia foi retirado do vidro do casal 12, foi colocado em outro vidro que recebeu o número 12-1.

Os vidros que continham grãos aguardando emergência de adultos, eram examinados diariamente e os adultos nascidos eram examinados à binocular para reconhecimento do sexo. Anotava-se então o dia da postura, o dia da emergência do adulto, o sexo, e o número do grão.

Quando ocorria a morte acidental de um inseto adulto, como por exemplo prensado na tampa do vidro por ocasião da mudança do grão, o casal era automaticamente eliminado. O experimento foi iniciado com 38 casais, mas chegou-se ao final apenas com 15 casais que tiveram morte natural sem nenhum acidente. Os resultados apresentados a seguir, são baseados nesses 15 casais observados.

Para estudar a duração do período de ovo, grãos com número de ovos conhecidos e nos quais a postura havia sido feita entre 1 a 10 dias, foram examinados e o número de ovos que deram larvas foi registrado. Trabalhou-se com 6 repetições no período de 1 a 6 dias e 2 repetições de 7 a 10 dias. Cada repetição foi constituída de 5 grãos. Foram examinados 73 ovos com um dia de idade, 102 com dois dias, 111 com três, 117 com quatro, 114 com cinco, 83 com seis, 44 com sete, 37 com oito, 34 com nove e 35 ovos com dez dias de idade. A porcentagem de ovos emergidos foi colocada num gráfico no eixo das ordenadas, enquanto a idade do ovo foi colocada no eixo das abscissas (fig. 18).

Para verificar qual é a relação entre o número de tam

pões de oviposição existentes na parte externa do grão de milho e o número de ovos encontrados sob esses mesmos tampões, foram dissecados 100 tampões de cêra, e contados os ovos encontrados sob os mesmos.

16.2. Resultados e discussão

O ritmo de oviposição do inseto está sumariado na fig. 16. Na fig. 16A está ilustrado o ritmo médio de oviposição diária nos 20 primeiros dias, enquanto que a fig. 16B dá a oviposição diária média por casal em períodos de 5 dias. As médias deste gráfico foram calculadas sobre o número de fêmeas vivas. Portanto nos primeiros dias essa média é representativa de 15 casais, mas no último dia representa apenas um casal. Na fig. 16C o total de ovos postos declina por duas razões: por que a média de ovos vai naturalmente diminuindo por casal, por que os casais vão morrendo. Neste caso da fig. 16C está representado o número total real de ovos obtidos dos 15 casais estudados, que foi de 4.233 ovos.

O número mínimo de ovos botados por cada fêmea foi 93 sendo que a fêmea ovipositou durante 58 dias com média de 1,6 ovos por dia.

O número máximo foi de 607 ovos, a fêmea ovipositou durante 149 dias com média de 4,07 ovos por dia e o número médio foi de 282,20 ovos por fêmea e o período médio de oviposição foi de 104,26 dias, com uma média de 2,70 ovos botados por dia.

COTTON (1920) observou uma média de 380 ovos e um período médio de oviposição de 93 dias com média aproximada de 4 ovos por dia. HINDS e TURNER (1911) obtiveram um período máximo de oviposição de 110 dias com 417 ovos botados, com média de 3,8 ovos por dia. RICHARDS (1947) em trigo encontrou

uma média de 191,5 ovos por fêmea. SEGROVE (1951) trabalhou com trigo e verificou que quando a quantidade de grãos à disposição de 15 casais variou de 5 para 10, 20 e 40gs, as quantidades médias de ovos botados por fêmea foram respectivamente $141,2 \pm 7,6$; $156,3 \pm 12,7$; $235 \pm 17,4$ e $269 \pm 13,4$.

O número máximo de ovos postos em um dia por uma fêmea em Campinas foi 13. Não foram encontrados os máximos referidos por COTTON (1920) de 8 a 10 ovos por dia podendo chegar a 20 e 25. HINDS & TURNER (1911) também observaram números altos de ovos por dia. Em milho meio verde 20 ovos por dia foram verificados e observações diárias de 15 a 16 ovos eram comum enquanto a média era de 7 por dia. Sitophilus zeamais que estavam ovipositando 10 ou 12 ovos por dia em milho meio verde passavam a ovipositar 2 ou 3 por dia quando eram transferidos para milho duro.

O período de preoviposição encontrado no presente trabalho, variou de 4 a 12 dias com média de 5,87 dias. Uma repetição desta observação utilizando-se Sitophilus zeamais criados em sorgo, deu um período mínimo de 5 dias, máximo de 12 e médio de 7 dias. COTTON (1920) verificou que o período de preoviposição variava de 4 a 11 dias com média de 7,4 dias. RICHARDS (1947) observou que a oviposição se iniciava aos 3 dias e aos 6 dias 73% das fêmeas já estavam provavelmente ovipositando (tinham ovos maduros).

A longevidade encontrada em Campinas foi para os machos 142,00 dias (min. 85, máx. 221) e para as fêmeas 140,53 (mín. 80, máx. 186). RICHARDS (1947) referiu uma longevidade média de 174,5 dias em média sobre trigo. WILLIAMS (1964) para Sitophilus zeamais em milho encontrou as seguintes longevidades a 80,85 e 90°F respectivamente: machos 101, 76 e 80 dias, fêmeas 117, 85 e 102 dias. COTTON (1920) encontrou uma

longevidade média de 111,7 dias (min. 78, máx. 179).

O número máximo de insetos que nasceram de apenas um grão de milho em Campinas foi 6.

O ritmo de nascimento dos insetos da primeira geração está ilustrado na fig. 17A e B.

Os períodos de desenvolvimento de ovo até a emergência dos adultos acham-se representados na fig. 19. Verifica-se por essa figura que o tempo de desenvolvimento para os ovos postos por adultos novos foi mais dilatado. Realmente seria necessário repetir a experimentação para comprovar essa desproporção no período de desenvolvimento do inseto, derivado de adultos jovens, já que a presente observação não comparou a um só tempo adultos jovens e velhos, o que poderia permitir um erro experimental.

Os períodos de desenvolvimento observados foram de 34,30 dias para os machos (min. 25, máx. 67) e 33,98 dias para as fêmeas (mín. 26, máx. 52).

COTTON (1920) encontrou um período de desenvolvimento de 28 dias; HINDS & TURNER (1911) um período de 32 dias a 63°F. WILLIAMS (1964) em milho com 14% de umidade a 80°F obteve um período de 42,5 dias e a 85°F 34,4 dias. RICHARDS (1947) em trigo a 25°C encontrou um período de 45 dias.

A fig. 18 sumaria os resultados obtidos sobre o período de incubação dos ovos. Um total de 935 ovos foram utilizados neste estudo. Observa-se pela fig. 18 que os ovos começam a eclodir no 3º dia após a oviposição e em geral depois do 7º dia não houve incremento da porcentagem de ovos emergidos, podendo-se supor que a incubação varia de 3 a 6 dias, sendo máxima no 4º dia. HOWE (1952) em trigo a 30°C e 70% U.R. obteve um período de incubação média de 4,5 dias. COTTON (1920) verificou que a incubação era de 4 dias, variando de 3 a 5.

HINDS & TURNER (1911) referiram um período de 3 dias para a incubação dos ovos a 60-65°F e RICHARDS (1947) em trigo a 25°C, 5 dias.

Foi observado em Campinas que 29,69% dos ovos resultaram na emergência de adultos, tendo nascido 489 machos e 528 fêmeas, ou seja 51,92% de fêmeas. COTTON (1920) referiu uma proporção de sexos de 52% de fêmeas e 48% de machos. A maioria dos autores considera a proporção dos sexos próxima a 1 (RICHARDS 1947, HOWE 1952). Quanto à mortalidade HOWE (1952) observou que ela é muito influenciada pela umidade do grão e a 21°C foi de 58,4% a 70% de U.R. e de 67,0% a 50% de U.R. É provável que a alta mortalidade de 70,31% observada em Campinas foi devida às condições de 60% de U.R. e 28°C que foram mantidas durante o estudo.

A fig. 16 sugere que os insetos para experimentação devem ser usados na faixa dos 20 aos 50 dias de idade, quando a oviposição é alta.

De 100 tampões de oviposição observados, 95 tinham um ovo abaixo e 5 não tinham nada, o que mostra que a contagem de tampões se presta razoavelmente para avaliação do número de ovos postos pelo Sitophilus zeamais em milho.

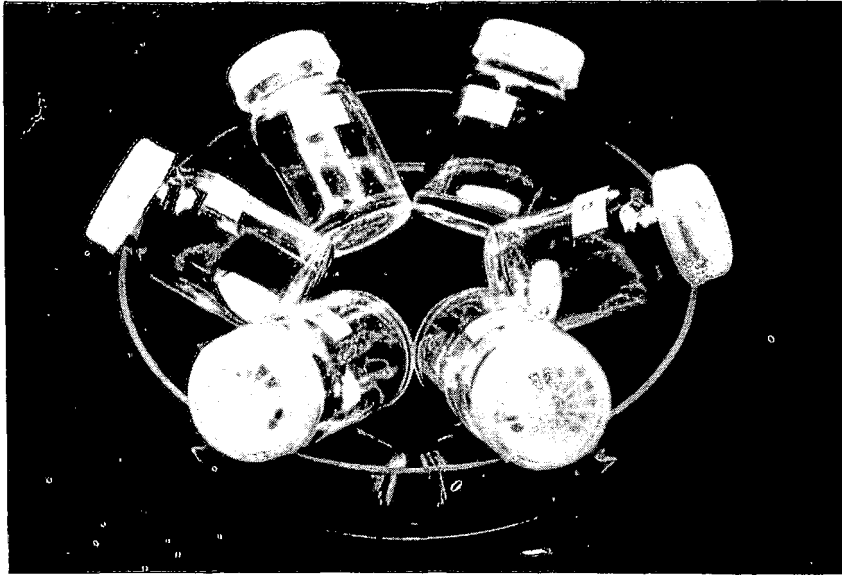


Fig. 14 - Vidros com grão de milho e casal de Sitophilus.



Fig. 15 - Grãos aguardando emergência dos adultos.

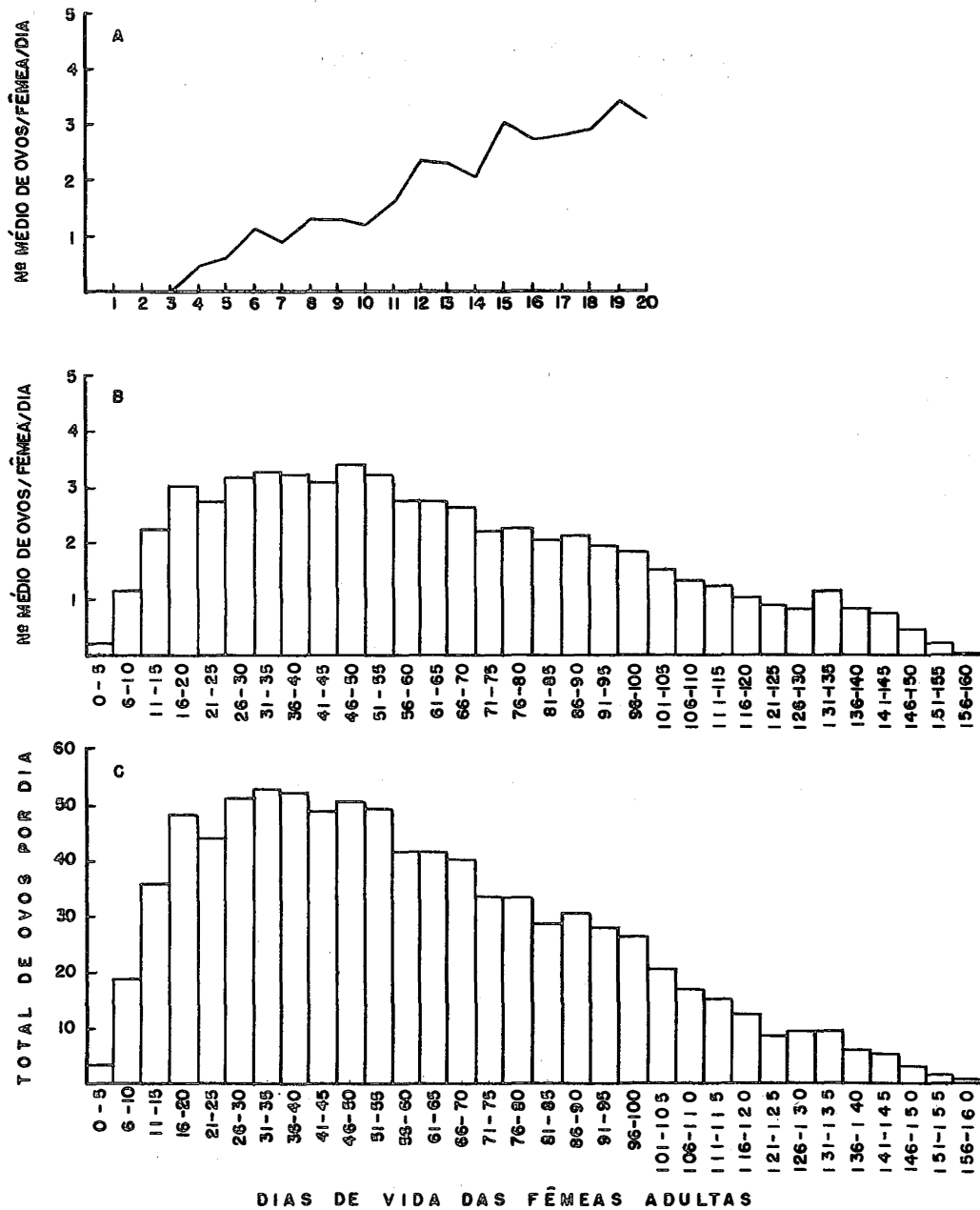


Fig.16 - Ritmo de oviposição de *Sitophilus zeamais*. A. Nº médio de ovos por fêmea durante os primeiros 20 dias de vida da fêmea adulta. B. Nº médio de ovos por fêmea por dia, em períodos de 5 em 5 dias, da emergência do adulto até a morte. C. Nº total de ovos postos por 15 fêmeas.

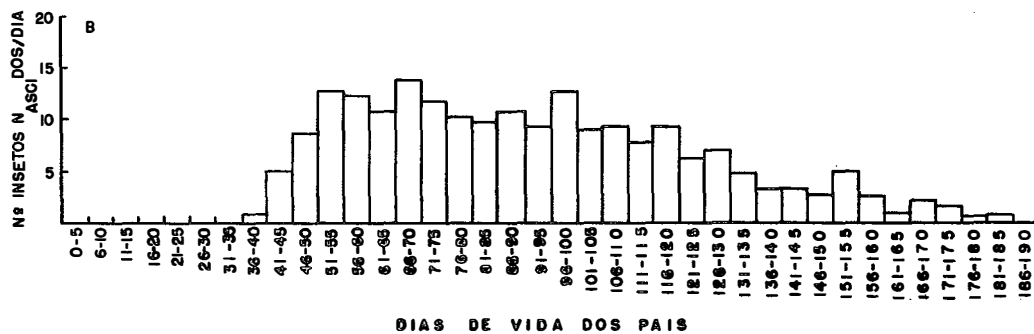


Fig.17 - Rítmo de emergência de adultos, da primeira geração de descendentes, de 15 ca
sais de Sitophilus zeamais. A. Insetos nascidos por dia durante os primeiros 20
dias de emergência. B. Insetos descendentes emergidos por dia, desde a emergência
até a morte dos pais.

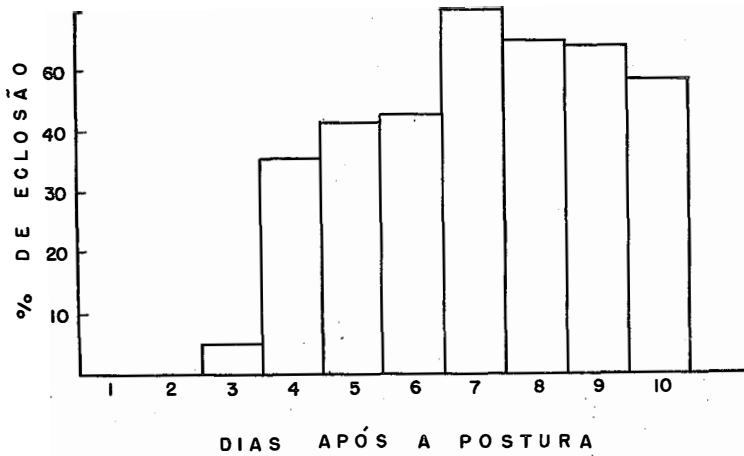


Fig.18 - Período de incubação de ovos de Sitophilus zeamais.

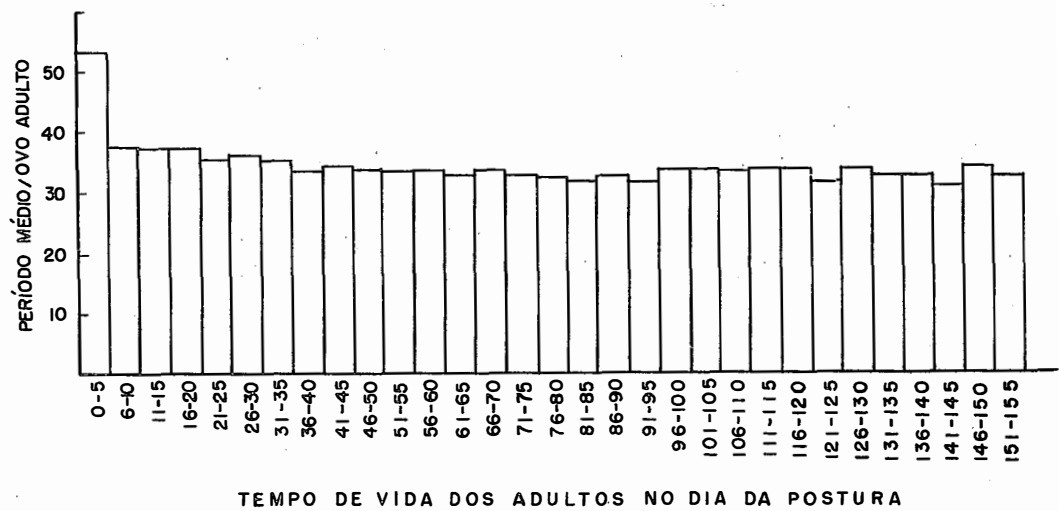


Fig.19 - Duração média em dias do desenvolvimento de ovo a adulto, de Sitophilus zeamais, em diferentes períodos da vida dos pais.

17. CONCLUSÕES

17.1. Quando se utiliza escala de notas de dano para comparar suscetibilidade de plantas, atribuindo-se várias notas a uma parcela, a comparação final entre tratamentos não pode basear-se apenas nas médias aritméticas das notas atribuídas, mas sim nas médias de perdas reais correspondentes a essas notas.

17.2. Para criação de grande número de Sitophilus zeamais é mais vantajoso utilizar o sorgo do que o milho para criação dos insetos.

17.3. A criação dos Sitophilus zeamais no sorgo não alterou o comportamento das variedades de milho testadas para esse inseto quando comparadas com o comportamento em relação ao inseto criado no milho.

17.4. Para testar variedades de milho na forma de grãos debulhados, quando se utiliza amostras de 10gs de milho utilizou-se com vantagem 20 insetos adultos de Sitophilus zeamais tomados ao acaso para infestação de cada amostra.

17.5. As espigas infestadas com Sitophilus zeamais podem ser examinadas para avaliação dos danos e seleção das menos danificadas cerca de 100 dias após a infestação, quando há uma discriminação relativamente boa entre as resistentes e suscetíveis.

17.6. Os danos causados aos grãos de milho por Sitophilus zeamais e Sitotroga cerealella no campo, são relativamente pequenos, mesmo quando o milho é deixado no campo até o mês de dezembro.

17.7. Em Campinas, quando o armazenamento do milho é feito em paiol aberto, a colheita do milho deve ser feita cedo, maio ou junho, quando a infestação no campo é quase nula.

17.8. Em Campinas, S.P., quando o armazenamento é feito em paiol bem fechado, o milho pode ser colhido em julho, a gosto quando a umidade é baixa, e deve ser fumigado no depósito.

17.9. No milho em palha, os ovos de Sitophilus são inicialmente postos nas partes duras do grão que ficam expostas e posteriormente, penetrando no interior de grãos já atacados, os insetos podem colocar ovos diretamente nos grãos vizinhos em partes do embrião ou próximas, que antes estavam protegidas.

17.10. No milho debulhado os ovos são postos principalmente na ponta do grão e em suas proximidades, ou seja, exatamente a região que não recebe ovos no milho em palha.

17.11. O comportamento varietal em milho em relação a Sitophilus pode ser totalmente diferente conforme o milho seja testado em palha ou debulhado.

17.12. Testado em palha o milho duro var. Cateto foi mais resistente que as variedades Azteca e Maya.

17.13. Na forma de grãos debulhados a var. Azteca mostrou uma tendência para ser mais resistente que Cateto.

17.14. No milho em palha a dureza pode ser um fator de resistência a Sitophilus mas no milho debulhado não parece ser.

17.15. Os ganhos obtidos em resistência contra Sitophilus zeamais e Sitotroga cerealella em apenas um ciclo de seleção espiga por fileira modificada, foram altos nas variedades Maya VII e Azteca Prolífico V, chegando a 79,2% no caso de Sitophilus na variedade Maya.

17.16. Não houve ganho aparente em resistência contra a lagarta da espiga, Helicoverpa zea, com um ciclo de seleção, nas variedades estudadas.

17.17. A população de Cateto Prolífico V não apresentou ganho em resistência, com um ciclo de seleção, contra nenhuma das pragas estudadas, o que pode ser explicado pelo fato do milho Cateto apresentar baixa variabilidade genética.

17.18. É aparentemente possível utilizar o método de seleção espiga por fileira modificado, utilizando-se populações de milho com boa variabilidade, para a finalidade de obter populações resistentes às pragas da espiga, que poderiam ser diretamente entregues a agricultores para cultivo ou que serviriam como fonte de linhagens, que confeririam essa característica aos híbridos.

17.19. Um programa espiga por fileira modificado contra as pragas da espiga, precisa levar em consideração a produtividade, para que não haja seleção negativa neste aspecto, pois as espigas menores foram em média menos infestadas.

17.20. É desejável num programa de melhoramento de milho, dar ênfase à prolificidade, pois esta além de estar estreitamente relacionada com produtividade, está também relacionada diretamente com resistência à pragas da espiga, devido ao fato das espigas de plantas prolíficas serem de tamanho menor.

17.21. O comprimento da palha além da ponta da espiga e o grau de aperto ou pressão da palha na ponta, apresentaram correlação positiva relativamente alta.

17.22. O comprimento da palha além da ponta da espiga apresentou correlação simples negativa muito baixa, mas significativa, com o grau de infestação de Sitophilus zeamais, mas a correlação parcial entre essas características não foi significativa, sugerindo que o comprimento da palha não é fator de resistência para Sitophilus zeamais.

17.23. A pressão da palha também apresentou correla-

ção simples negativa significativa com infestação de Sitophilus, e a correlação parcial foi significativa em alguns casos, o que sugere que o aperto da palha foi mais importante que o comprimento da palha, para resistência a Sitophilus nas populações estudadas.

17.24. A pressão e comprimento da palha apresentaram valores de correlação negativa baixos, com infestação de Sitotroga cerealella, mas esses valores foram maiores que os obtidos com Sitophilus, o que sugere que as duas características da palha desempenham um papel mais importante na resistência à Sitotroga que ao Sitophilus.

17.25. O número de palhas praticamente não apresentou correlação com a infestação das 3 pragas estudadas.

18.26. A lagarta da espiga, Helicoverpa zea foi a praga, cuja infestação foi menos correlacionada com as características da palha.

17.27. A infestação de lagarta da espiga apresentou correlações parciais positivas e significantes com as infestações de Sitophilus e Sitotroga, sendo os níveis de correlação com Sitophilus mais altos.

17.28. A seleção de espigas de milho menos infestadas por pragas resultou numa população com pressão e comprimento de palha além da ponta da espiga com médias mais altas, embora essas características não tenham sido levadas em consideração na operação de seleção.

17.29. A pressão e comprimento da palha apresentaram correlações de valores muito baixos com as infestações de cada uma das 3 pragas estudadas, mas as pragas e as duas características da palha estavam correlacionadas entre si, a seleção feita a um só tempo contra as três pragas, provavelmente teve um efeito cumulativo das influências parciais e resultou

numa população de milho com palha mais comprida e apertada.

17.30. A transformação das porcentagens de grãos infestados por Sitophilus ou Sitotroga em $\sqrt{x + 0,5}$ para fins de cálculo de correlações, ajustou melhor esses dados que a transformação em arco seno \sqrt{x} , e na maioria dos casos resultou em valores mais altos das correlações obtidas.

17.31. Em plantas com mais de uma espiga, a espiga de cima, a maior, teve menor pressão e comprimento de palha e foi significativamente mais infestada por Sitophilus e Sitotroga.

17.32. Não houve diferença aparente na infestação de Helicoverpa zea entre as espigas superior e inferior da mesma planta.

17.33. Uma das características dos insetos que desempenhou papel transcendental na sobrevivência dos mesmos é a maneira desuniforme com que eles infestam as plantas, evitando em grande parte a formação de populações de plantas resistentes contra eles.

17.34. Um dos principais cuidados a ser tomado pelo experimentador que pretende fazer seleção de plantas contra pragas é o de uniformizar a infestação da praga, ou minimizar o efeito da desuniformidade, reduzindo o tamanho das parcelas e aumentando o número de repetições nos ensaios.

17.35. Uma das razões pelas quais é muito comum o aparecimento de raças de pragas resistentes a inseticidas e pouco comum notícias de raças de plantas resistentes a pragas é que a pressão seletiva exercida pelos inseticidas é relativamente bem uniforme, enquanto que a pressão seletiva de uma praga geralmente não é.

17.36. Qualquer medida que contribua para evitar a uniformidade da pressão seletiva exercida pelo inseticida, po

deria retardar o aparecimento de uma raça resistente, como por exemplo: aplicação de um produto inseticida numa faixa da cultura e de outro produto em outra faixa; alternar os produtos de ano para ano; aplicação do inseticida apenas em partes da lavoura mais infestadas e que estão necessitando essa aplicação.

17.37. Uma das maiores contribuições que poderia ser dada à Entomologia Aplicada, seria a descoberta de substâncias que anulassem os efeitos dos feromônios de agregação, ou processos que fizessem com que os insetos se distribuíssem uniformemente.

17.38. Para evitar a formação de uma raça do inseto capaz de infestar normalmente a população de planta resistente, provavelmente seria mais interessante entregar aos agricultores uma população de plantas com 90% de plantas resistentes que uma população com 100% de plantas resistentes.

17.39. O cereal hospedeiro é aparentemente o principal fator ecológico que regula as populações de Sitophilus oryzae e Sitophilus zeamais, no Estado de São Paulo.

17.40. A espécie de Sitophilus predominante em milho na região tritícola do Sul do Estado de São Paulo, foi Sitophilus zeamais e em milho recém chegado do campo apenas essa espécie ocorreu.

17.41. Em amostras de trigo e arroz coletadas no Sul do Estado de São Paulo, houve predominância de amostras, 55 e 50% respectivamente, com infestação das duas espécies Sitophilus oryzae e Sitophilus zeamais. Entre as amostras que estavam infestadas com apenas uma das espécies mencionadas, em trigo predominou as infestadas por Sitophilus oryzae e em arroz por Sitophilus zeamais.

17.42. Para a finalidade de estudar a frequência de

ocorrência dessas espécies de Sitophilus em diferentes regiões do Brasil, o cereal mais indicado é o arroz, que além de ter sido infestado de forma predominante por uma mistura das duas espécies é cultivo bem distribuído, no Brasil.

17.43. O número de ovos postos por 15 casais de Sitophilus zeamais foi 4.233, com média de 282,20 ovos por fêmea com mínimo de 93 e máximo de 607 ovos por fêmea.

17.44. A fêmea que ovipositou o menor número de ovos teve um ritmo de oviposição de 1,6 ovos por dia e a que ovipositou mais, teve um ritmo médio de 4,07 ovos por dia, e o ritmo médio de oviposição de 15 casais foi 2,70 ovos por dia.

17.45. O número máximo de ovos postos por uma fêmea em um dia foi 13 e o máximo de insetos nascidos de um só grão foi 6.

17.46. O período de preoviposição dos adultos variou de 4 a 12 dias, e a média variou de 5,87 a 7,00 dias em 2 experimentos.

17.47. A longevidade média das fêmeas foi de 140,53 (mín.80, máx.186) e a dos machos 142,00 dias (mín.85, máx.221).

17.48. O período médio de desenvolvimento de ovo a emergência dos adultos foi de 33,98 dias para as fêmeas (mín.26, máx.52) e 34,30 dias para os machos (mín.25, máx.67).

17.49. Os ovos começaram a eclodir no 3º dia e a eclosão foi máxima no 4º dia.

17.50. A proporção dos sexos verificada foi de 51,92% de fêmeas e 48,08% de machos.

17.51. Para utilização em experimentação os Sitophilus zeamais devem ser usados na faixa de 20 a 50 dias de idade, quando a oviposição é alta.

17.52. A contagem do número de tampões de oviposição

aproxima-se bastante do número de ovos, pois 95% dos tampões examinados tinham um ovo abaixo e apenas 5% não apresentavam ovos.

18. RESUMO

Foram realizados estudos básicos para a obtenção de variedades ou híbridos de milho resistentes à pragas que infestam a espiga apenas no campo, Helicoverpa zea (Boddie) e que infestam espigas no campo continuando a infestação no milho já colhido e armazenado, Sitophilus zeamais Motschulsky e Sitotroga cerealella (Olivier).

A maior parte dos trabalhos foram feitos com Sitophilus zeamais.

Como todo trabalho de resistência de plantas está intimamente associado à avaliação de danos causados pela praga objeto de estudo, foi discutido no início do trabalho a utilização da escala de notas utilizada por vários autores para estimar a porcentagem de grãos infestados por Sitophilus. Essa escala é a seguinte: 0,1 a 5% de grãos infestados (nota 1); 5,1 a 15% de grãos infestados (nota 2); 15,1 a 40% de grãos infestados (nota 3); 40,1 a 70% de grãos infestados (nota 4); 70,1 a 100% de grãos infestados (nota 5).

Espigas representativas dessas notas foram escolhidas e uma fotografia foi utilizada para servir de padrão de comparação para dar notas às espigas. A mesma escala foi utilizada para avaliar o dano causado por Sitotroga cerealella e por Sitophilus zeamais. O orifício de emergência do adulto de Sitotroga, é uniformemente arredondado e antes da emergência apresenta um opérculo transparente, enquanto que o orifício de Sitophilus apresenta os bordos desuniformes, quebrados. Para comparação dos danos causados por Helicoverpa zea utilizou-se a escala proposta por WIDSTROM (1967), que é a seguinte: ausência de infestação (nota 0); infestação da lagarta sem atingir a espiga (nota 1); infestação penetrando menos de 1 cm de profundidade nos grãos (nota 2); penetração entre

1 e 2 cm de profundidade (nota 3); assim por diante, acrescentando-se um grau na nota, ao número de centímetros do limite superior da classe de profundidade.

Outro problema básico no estudo de variedades resistentes é a obtenção de grande número de insetos, sem o que toda a pesquisa fica comprometida.

Os estudos com Helicoverpa zea e Sitotroga cerealella foram feitos com infestações naturais, que são fortes e relativamente uniformes. As infestações de Sitophilus zeamais, em geral são bem desuniformes e crescem lentamente devido ao baixo ritmo de oviposição diária do inseto. Um método de criação artificial desse inseto foi discutido, baseado no método de STRONG et alii (1967).

O sorgo mostrou-se muito mais vantajoso que o milho para a criação de Sitophilus zeamais. Ficou demonstrado que os insetos criados em sorgo não tiveram comportamento diferente dos insetos criados em milho, quando foram utilizados em testes de variedades de milho e sorgo. Em face desse resultado optou-se pela utilização do sorgo, como substrato para criação de Sitophilus zeamais, pois é um cereal relativamente fácil de ser cultivado nas condições de Campinas, São Paulo, e o número de S. zeamais que se criou em sorgo foi 4 a 6 vezes maior, que o número que se criou em milho.

O número de Sitophilus apropriado para infestar amostras de grãos debulhados, de 10 gs, de diferentes variedades com finalidade de comparar o seu comportamento, foi objeto de experimentação, bem como a influência de se apanhar os insetos ao acaso ou apanhando-os com o sexo controlado, sendo exatamente metade fêmeas e metade machos.

Foi verificado que se infestando essas amostras com 20 insetos tomados ao acaso, discriminava-se os tratamentos

relativamente bem, sem o enorme trabalho que exige a separação de machos e fêmeas, que necessita ser feita com binocular. A separação dos sexos mostrou a vantagem de dar um número maior de descendentes, mas não discriminou melhor os tratamentos, que era o principal objetivo do trabalho.

Uma técnica para infestação de espigas por Sitophilus zeamais foi investigada. Chegou-se à conclusão que as espigas podem ser colocadas de pé, em armações de madeira com fundo de tela, que podem ser acopladas uma sobre as outras e mantidas em sala com temperatura e umidade favoráveis ao desenvolvimento dos Sitophilus. As espigas podem depois ser infestadas individualmente com 20 Sitophilus zeamais, cuja idade da fase adulta deve estar entre 20 e 50 dias. Para infestar cada espiga utilizou-se um saquinho de papel, dentro do qual eram colocadas 20 Sitophilus e o saquinho era emborcado sobre a espiga e preso com uma argola de elástico. A comparação dos danos era feita 100 dias após a infestação e foi observado que nesse período o comportamento das variedades podia se definir melhor, que apenas com 50 dias após a infestação.

O estudo comparativo de variedades na forma de grãos debulhados e das mesmas variedades na forma de milho em palha, demonstrou que elas podem ter comportamento diferente, conforme a forma em que o teste seja realizado. Quando testado na forma de milho em palha a variedade Cateto foi muito resistente a Sitophilus zeamais quando comparado à Azteca e Maya. O milho Cateto é do tipo duro, enquanto as outras são milho dentado, e na forma de milho em palha a dureza do milho provavelmente é um fator bem importante no comportamento das variedades, em relação a Sitophilus zeamais. Quando testados na forma de grãos debulhados a variedade Azteca mostrou uma tendência para ser mais resistente que Cateto e Maya, demons-

trando que quando as variedades são comparadas na forma de grãos debulhados a dureza do grão não tem influência na resistência.

Verificou-se que a razão para esse comportamento distinto da mesma variedade testada na forma de grão debulhado e de milho em palha é o local do grão, onde o Sitophilus zeamais faz a postura. No grão debulhado a maioria dos ovos são depositados na pontinha do grão, próximo ao embrião, enquanto que no milho em palha inicialmente os ovos são postos na única parte do grão que fica exposta, que é a região costal, mais dura. Após a primeira geração os Sitophilus descendentes, penetrando no interior de um grão danificado, podem por ovos por baixo em um grão vizinho.

Foi feita uma comparação entre os danos causados à espiga superior e inferior da mesma planta de milho, utilizando-se centenas de plantas prolíficas das variedades Azteca Prolífico V e Cateto Prolífico V. Foi verificado que em geral as espigas maiores, as de cima, são mais danificadas por Sitotroga cerealella e por Sitophilus zeamais e têm menor comprimento e pressão na ponta da palha, que a espiga de baixo. Não foi constatada diferença significativa em relação a Helicoverpa zea. Isto demonstrou que espigas menores em geral são mais resistentes a Sitophilus zeamais e Sitotroga cerealella. Como geralmente a prolificidade em milho está correlacionada com produtividade e ao mesmo tempo provoca a redução do tamanho das espigas, concluiu-se que a seleção para prolificidade não só contribui para o aumento de produção, como também contribui para melhorar a capacidade de conservação do milho nos depósitos, se armazenado na forma de milho em palha.

Um ciclo de seleção pelo método espiga por fileira modificado, contra Helicoverpa zea, Sitophilus zeamais e Sito-

troga cerealella, praticada em 3 populações de milho, Cateto Prolífico V, Azteca Prolífico V e Maya VII demonstrou que houve ganhos de resistência que variaram de 19,6 a 79,2% nas populações de Azteca e Maya, para S. zeamais e S. cerealella, mas não houve ganhos aparentes em relação à H. zea em nenhuma das três populações de milho e não houve ganhos na população de Cateto para nenhuma das 3 pragas estudadas.

A população de Cateto não apresentou ganhos em resistência, provavelmente devido à baixa variabilidade genética existente nessa população. Quanto à ausência de ganhos em resistência contra Helicoverpa zea, pode ter sido devido à inexistência de variabilidade genética para esta praga ou então o método utilizado para as comparações de dano não foi satisfatório.

Ficou evidenciada a possibilidade de efetuar-se a seleção dentro de populações com a finalidade de entregar-se aos agricultores variedades de milho mais resistentes às pragas e conseqüentemente com melhor poder de conservação nos depósitos quando armazenadas em palha. Quanto às características da palha, em relação à infestação das diversas pragas, foi verificado que, apesar das características da palha não terem sido levadas em consideração na seleção, a população mais resistente às pragas, com um ciclo de seleção tinha palha mais comprida e mais apertada além da ponta da espiga, mostrando que há uma relação entre as características da palha e a resistência, embora outros fatores também devem desempenhar um papel importante na resistência.

A correlação simples entre comprimento de palha e dano causado por Sitophilus zeamais foi significativa, mas a correlação parcial não foi, mostrando que não houve relação entre o comprimento da palha e a infestação dessa praga, embora aparen

temente parecia haver. A correlação parcial entre pressão da palha na ponta e infestação de Sitophilus foi significativa e negativa, mostrando que a pressão provavelmente foi mais importante que o comprimento para resistência a essa praga.

Tanto a pressão como o comprimento da palha mostraram correlações parciais significantes e negativas com a infestação de Sitotroga cerealella. Essas correlações com esta praga, foram mais altas que as obtidas para Sitophilus zeamais e Helicoverpa zea, mostrando que provavelmente as características da palha desempenharam um papel mais importante na resistência a Sitotroga cerealella que às outras duas pragas. O grau de dano causado por Helicoverpa zea correlacionou de forma significativa e positiva com o dano de Sitophilus zeamais e Sitotroga cerealella, principalmente com o primeiro, sugerindo que a infestação de H. zea geralmente favorece a infestação das outras pragas, principalmente de Sitophilus zeamais.

Os danos causados por Sitophilus zeamais e por Sitotroga cerealella também se correlacionaram positivamente entre si.

As correlações parciais de pressão ou comprimento de palha com o grau de infestação de cada praga isoladamente, embora na maioria dos casos tivessem sido significantes, via de regra foram baixíssimas e poderiam explicar apenas uma pequena parte da resistência apresentada contra cada praga. Entretanto, quando foi feita a seleção simultânea das espigas contra as 3 pragas, provavelmente houve uma adição dos efeitos isolados, resultando como consequência em populações de milho mais resistentes à Sitotroga cerealella e Sitophilus zeamais, que apresentavam médias mais altas de pressão e comprimento de palha além da ponta da espiga.

Como espigas pequenas foram menos infestadas qualquer

trabalho de seleção dentro de populações de milho contra pragas da espiga, deve necessariamente levar em consideração a produção, para que não haja um decréscimo de produtividade.

As razões pelas quais é comum o aparecimento de raças de insetos resistentes a inseticidas e é pouco comum o aparecimento de raças de variedades comerciais de plantas resistentes à pragas foram discutidas e chegou-se à conclusão que a principal razão para essa diferença é que a aplicação de inseticidas geralmente é generalizada no campo e relativamente bem uniforme, o que torna a pressão seletiva exercida pelo inseticida uniforme, e permite aos indivíduos mais resistentes ao inseticida serem selecionados. A incidência das pragas geralmente é desuniforme o que dificulta uma seleção rápida das plantas mais resistentes e formação de uma raça de plantas resistentes. Uma das maiores contribuições que poderia ser dada à Entomologia Econômica, seria a descoberta de uma substância que anulasse o efeito dos feromônios de agregação ou a descoberta de processos que obrigassem uma espécie fitófaga a se distribuir uniformemente. Uma comprovação experimental dessa teoria foi o progresso de até 79% obtido em resistência contra Sitophilus zeamais na população de Maya VII com apenas um ciclo de seleção. Essa população de milho vem sofrendo infestações naturais de Sitophilus zeamais por muitas gerações, mas esta não propiciou uma formação de uma população de milho resistente, porque as infestações de S. zeamais são muito desuniformes. A principal preocupação no trabalho de seleção foi justamente o de uniformizar a infestação dessa praga, colocando-se 20 S. zeamais, individualmente em cada espiga, e apenas em uma geração da planta as espigas menos infestadas deram origem a uma população mais resistente que a população original.

A coleta de amostras de milho, arroz em casca e trigo

da região Sul do Estado de São Paulo, demonstrou que o cereal hospedeiro tem influência decisiva sobre as espécies Sitophilus zeamais e Sitophilus oryzae. A maioria das amostras de milho examinadas, estavam infestadas exclusivamente pela espécie Sitophilus zeamais. A maioria das amostras de trigo e arroz em casca examinadas estavam infestadas com uma mistura de Sitophilus oryzae e Sitophilus zeamais. Considerando-se as amostras que estavam infestadas por apenas uma espécie de Sitophilus, no trigo predominou amostras infestadas por S. oryzae e no arroz predominou amostras infestadas por S. zeamais.

Tendo em vista que a ocorrência de Sitophilus zeamais em milho é marcante, justifica-se plenamente dirigir o programa de melhoramento de milho contra esta espécie, o que tem sido feito em virtude de resultados anteriores, que mostraram que esta espécie era a mais comum, em amostras de milho coletadas em diferentes regiões do Estado de São Paulo.

Com a finalidade de verificar qual a frequência com que as duas espécies de Sitophilus ocorrem em diferentes regiões do Brasil, foram identificados os Sitophilus de amostras desse cereal, recebidas de muitos municípios brasileiros. Constatou-se que a maioria das amostras estavam infestadas por uma mistura de Sitophilus zeamais e Sitophilus oryzae. Muitas amostras estavam infestadas apenas por S. zeamais e muito poucas estavam infestadas apenas por S. oryzae. De um modo geral S. zeamais parece ser mais frequente que S. oryzae no Brasil, o que era esperado, já que os cereais mais cultivados no Brasil são milho e arroz.

Provavelmente se o cereal utilizado para estudo tivesse sido o trigo a conclusão seria de que a espécie mais frequente no Brasil era S. oryzae. A conclusão acima de que S. zeamais é a espécie mais frequente, parece ser válida, porque

entre os dois cereais mais cultivados do País, milho e arroz, utilizou-se o último, que é entre os dois o mais favorável a S. oryzae.

Estas observações sugerem que o cereal hospedeiro é o fator ecológico mais importante, que regula a ocorrência das espécies de Sitophilus, da mesma forma que foi referido nos Estados Unidos.

Devido à enorme amplitude territorial o número de amostras tornou-se pequeno para permitir conclusões seguras em relação a eventuais diferenças de frequência de ocorrência das duas espécies, entre diferentes regiões.

É provável que a planta hospedeira seja o principal fator ecológico em muitos outros casos de pragas, já que a fonte de alimento é transcendental para a sobrevivência da espécie.

O estudo de quinze casais isolados de Sitophilus zea-mais, confinados cada um sobre um grão individual de milho opaco que era trocado diariamente por um novo grão, mostrou que o período de preoviposição foi em média de 5,87 e 7,00 dias em dois experimentos (min. 4, máx. 12 dias); o número médio de ovos postos por casal foi 282,20 (min. 93, máx. 603); o ritmo médio de oviposição diária foi 2,70 ovos por dia (min. 1,60, máx. 4,07); o número máximo de ovos postos em um dia foi 13 e o número máximo de insetos nascidos de um só grão foi 6; a longevidade média das fêmeas foi 140,53 dias (min. 80, máx. 186) e dos machos 142,00 dias (min. 85, máx. 221); o período médio de oviposição foi 104,26 dias (min. 58, máx. 149 dias); o período de desenvolvimento de ovo a adulto foi para os machos 34,30 dias (min. 25, máx. 67) e para as fêmeas 33,98 (min. 26, máx. 52); os ovos começaram eclodir no 3º dia e tiveram eclosão máxima no 4º. Apenas 26,90% dos ovos conseguiram se desenvolver normalmente até o estado adulto a 60% \pm 5 U.R. e 28 \pm

19C. Para utilização em experimentação concluiu-se que os indivíduos de Sitophilus zeamais devem ser utilizados do 20º ao 50º dia após a emergência dos adultos.

19. SUMMARY

RESISTANCE OF CORN TO THE EAR PESTS, HELICOVERPA ZEA (BODDIE), SITOPHILUS ZEAMAI MOTSCHULSKY AND SITOTROGA CEREALELLA (OLIVIER).

Basic studies were carried out for the development of varieties or hybrid corn, with resistance against pests which infest the ear in the field only, the corn earworm Helicoverpa zea (Boddie), and also against pests which infest the grains in the field and in storage, the maize weevil, Sitophilus zeamais Motschulsky, and the Angoumois grain moth, Sitotroga cerealella (Olivier).

The major part of the work refers to Sitophilus zeamais.

The research work on development of plants resistant to pests, has a strong bearing on the damage done by the pests studied. For that reason at the beginning of the work, a discussion was given on the damage scale (ranging from 0 to 5) employed by several entomologists from the southern United States, in order to grade the damage done by the maize weevil.

The above mentioned scale is as follows: up to 5% of grains of the ear damaged (grade 1); from 5,1 to 15% of grains damaged (grade 2); 15,1 to 40% (grade 3); 40,1 to 70% (grade 4); 70,1 to 100% (grade 5). Representative ears of the various classes were chosen and pictured and grading was done by comparasion with these ears.

The same scale was utilized to grade the ears for the maize weevil and the Angoumois grain moth. The emergence hole of the Angoumois grain moth is round and the maize weevil's emergence hole has irregular margins.

To evaluate the damage done by the corn earworm the

revised scale proposed by WIDSTROM (1967) was used.

Another basic problem in the development of a resistant variety is to obtain great numbers of insects to work with.

The natural infestations of Sitotroga cerealella and Helicoverpa zea were heavy and relatively uniform, under the conditions under which the work was conducted, and were sufficient to select the least damaged plants. The natural infestation of Sitophilus zeamais took a long time to reach high levels and was quite spotty. For these reasons it was necessary to artificially release this species. A method of artificial rearing was discussed, based on the method of STRONG et alii (1967).

Sorghum was much more advantageous than corn for rearing of the maize weevil. It was demonstrated that insects reared in sorghum did not behave differently from insects reared on corn, when they were utilized for testing varieties of corn and sorghum. For that reason sorghum was chosen for rearing maize weevils, since it is a cereal easy to grow at Campinas, S.P., and one can rear 4 to 6 times more maize weevils in sorghum than in corn.

The most favorable number of maize weevils for infestations of 10g of corn grains of different varieties, was investigated. It was concluded that with 20 insects one could distinguish well between treatments. Separating the sexes and infesting with 10 pairs of males and females produced more offspring but did not allow separation of the treatments better than infesting with 20 weevils taken at random. To avoid the difficult task of sexing the weevils it was decided that samples of kernels, when needed, would be infested with 20 weevils taken at random. A technique to infest corn in the

shuck with maize weevils was also investigated. The ears in the shucks were placed in a vertical position, inside a wooden drawer with screened bottom. The drawers could be adjusted one to the top of the other and were placed in a rearing room under favorable environmental conditions. After this the ears were infested individually with 20 maize weevils which were from 20 to 50 days old (after adult emergence). Paper bags were used to confine the weevils on each ear. The ears were graded 100 days after infestation. It was found easier to distinguish between variety differences this time than by grading 50 days after infestation.

A comparative study of varieties in the shuck and as grain corn, showed that the behaviour of the same variety may change completely.

When tested as shuck corn, the flint variety Cateto was very resistant to Sitophilus zeamais when compared to the dent varieties Maya and Azteca. When the kernels were tested the variety Azteca had a tendency to be less damaged than Cateto and Maya. One came to the conclusion that the hardness of the grain is a factor in resistance to the maize weevil when the corn is tested in the shuck, and the resistance is independent from hardness when testing the kernels. This behaviour is probably associated with the position in which the maize weevil lays its eggs. In corn in the shuck the eggs are laid in the horny endosperm of the grain, and in kernels the eggs are mostly laid at the tip close to the embryo, which is soft. Maize weevils begin the infestation in corn in the shuck by laying eggs in the hard endosperm and afterwards the infestation is propagated underneath from grain to grain.

Two ears from the same plant were compared for damage

by earworm, maize weevil and Angoumois grain moth, in two corn varieties, Cateto Prolífico V and Azteca Prolífico V. The small ear, the lower on the plant, was generally significantly less infested by the maize weevil and Angoumois grain moth, and had longer shucks beyond the ear tip and the shucks were tighter than the larger ears, higher on the plant. There was no apparent difference in damage by the corn earworm.

It was concluded from this and other observations that smaller ears were in general more resistant to Sitophilus zeamais and Sitotroga cerealella. Prolificity in corn is correlated positively with yield and also induces the reduction of ear size. For that reason a prolific corn would be expected to be more productive and also resistant to storage pests.

For the same reason any selection made against ear pests in maize, should take into account the yield, in order to avoid a negative selection in yield capacity.

One cycle of selection, made through the modified ear to row selection method, against Sitophilus zeamais, Sitotroga cerealella and Helicoverpa zea, gave from 19,6 to 79,2% decrease in damage caused by maize weevil and Angoumois grain moth to Azteca Prolífico V and Maya VII. There was no visible progress against Helicoverpa zea and there was no progress against any of these pests in the Cateto Prolífico V population.

Cateto is a flint corn with low genetic variability.

Selections were made after considering the degree of damage caused by the three pests. A grade 3 for any one of the three pests eliminated the ear. Although it was not taken into consideration for selection, the shuck length and degree of tightness beyond the tip of the ear, had a higher average

in the selected populations of Azteca Prolífico V and Maya VII which strongly suggests that there is a relation between these characteristics and resistance.

The simple correlation between husk length and infestation of maize weevil were significant and negative. The partial correlation though, was not significant, suggesting that the husk length is not a factor in resistance against the maize weevil. Partial correlation between husk tightness and maize weevil infestation was significant in some cases, suggesting that husk tightness is more important than husk length for maize weevil resistance.

Both husk tightness and husk length were more negatively correlated with Angoumois grain moth damage than with the maize weevil damage, suggesting that these factors played a much more important role in the resistance against the Angoumois grain moth. Correlations with Helicoverpa zea and husk characteristics were the smallest of the three insects.

The degree of damage of earworm was positively and significantly correlated with the maize weevil and Angoumois grain moth. All the correlations above mentioned were very low, although significant, and in general could explain less than 5% of the resistance. It is probable that the selection against the three pests at the same time, had a complementary effect which resulted in an increased husk length and tightness in the selected population.

Reasons for common appearance of races of pests resistant to insecticides and rareness of news on natural development of races of crops resistant to pests were discussed. The main reason appears to be the uniformity of the insecticide application in contrast of irregular pest infestations. Experimental evidence for this hypothesis was the fact that

in only one cycle of selection, under tentatively uniform infestation of maize weevil, it was possible to increase resistance against this pest, by 79.2% in a population of corn which has been subjected to natural infestations of this pest for an unknown number of generations.

Samples of corn, paddy and wheat from the southern part of the State of São Paulo, showed a relation with the species of Sitophilus infesting them. The corn samples were 95% infested by Sitophilus zeamais and the rest by S. zeamais plus Sitophilus oryzae. The wheat and rough rice samples were mostly infested by both species. Among samples with only one species infesting them the wheat had more samples with Sitophilus oryzae and the paddy had more samples infested by Sitophilus zeamais. Sitophilus granarius was not found. It is not supposed to occur in São Paulo.

As the occurrence of Sitophilus zeamais is prevalent in corn, a corn improvement program against it is thoroughly justified. However such a program against S. oryzae is not necessary. There was preliminary evidence that zeamais was present in more than 90% of the corn samples examined from several regions of the State of São Paulo.

Samples of rice were obtained from several regions of Brazil, and it was concluded that a mixture of the maize weevil and the rice weevil, predominated in the samples. Secondly came samples infested only by the maize weevil, S. zeamais, and a few samples were infested with only the rice weevil, S. oryzae.

These two species of Sitophilus are quite widespread in Brazil. As the country is large, it would be necessary to have many more samples in order to come to any further conclusion on the frequency of occurrence of each species in differ-

ent regions of the country.

In any case it became clear that the host cereal is a key ecological factor for this species complex. It is very probable that the host plant plays a decisive role in the ecology of most phytophagous pests, however this is rarely remembered. A study of the biology of 15 pairs of Sitophilus zeamais was made, confining the pairs on single corn kernels, and replacing the kernel daily. The mean preoviposition period was 5.87 and 7.00 days in two experiments (min. 4, max. 12). The mean number of eggs per female was 282.20 (min. 93, max. 603). The daily oviposition rate was 2.70 eggs per female (min. 1.60, max. 4.07). The maximum number of eggs oviposited in one day by one female was 13 and the maximum number of adults which emerged from an individual kernel was 6. The mean longevity of adults was 140.53 days for females (min. 80, max. 186) and 142.00 days for males (min. 85, max. 221). The mean oviposition period was 104.26 days (min. 58, max. 149). The mean developmental period from egg to adult was 34.30 days for males (min. 25, max. 67) and 33.98 days for females (min. 26, max. 52). The incubation period of the eggs was mostly 4 days beginning with 3 days. Only 26,90% of the eggs developed normally to the adult stage under $60 \pm 5\%$ RH and $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Sitophilus zeamais for artificial infestations of trials, should be used from the 20th to the 50th day after adult emergence when egg laying is high.

20. LITERATURA CITADA

- ARRUDA, H.V.de & OLIVEIRA, D.A. 1971. Comparações múltiplas em uma tabela de contingência. O Biológico 37(9): 236-241.
- BIRCH, L.C. 1953. Experimental background to the study of the distribution and abundance of insects. I. The influence of temperature, moisture and food on the innate capacity for increase of three grain beetles. Ecology 34: 698-711.
- BISHARA, S.I. 1967. Factors involved in recognition of the oviposition sites of three species of Sitophilus. Bul.Soc. Ent. Egypte, 51: 71-94.
- BOUDREAUX, H.B. 1969. The identity of Sitophilus oryzae. Ann.ent.Soc.Am. 62(1): 169-172.
- BREESE, M.H. 1960. The infestibility of stored paddy by Sitophilus sasakii (Tak.) and Rhyzopertha dominica (F.). Bul.Ent.Res. 51(3): 599-630.
- CAMERON, J.W. & ANDERSON, L.D. 1966. Husk tightness, earworm egg numbers, and starchiness of kernels in relation to resistance of corn to the corn earworm. J.Econ.Ent. 59 (3): 556-558.
- CARTWRIGHT, O.L. 1930. The rice weevil and associated insects in relation to shuck lengths and corn varieties. South Carolina Agr.Expt.Sta. Bul. 266. 28p.

- COTTON, R.T. 1920. Rice weevil. J.Agric.Res. 20(6): 409-422.
- DIAZ, G.C. 1967. Some relationship of representative races of corn from the Latin American germ plasm seed bank to intensity of infestation by the rice weevil, Sitophilus zeamais Mots. (Coleoptera Curculionidae). Ph.D. Dissertation, Manhattan, Kansas State University. 84p.
- DOUGLAS, W.A. 1947. The effect of husk extension and tightness on earworm damage to corn. J.Econ.Ent. 40(5): 661-664.
- _____. 1969. Rice weevil. In: Survey methods for some economic insects. USDA, ARS 81-31. p. 38-39.
- EDEN, W.G. 1952a. Effect of husk cover of corn on rice weevil damage in Alabama. J.Econ.Ent. 45(3): 543-544.
- _____. 1952b. Effects of kernel characteristics and components of husk cover on rice weevil damage to corn. J. Econ.Ent. 45: 1084-1085.
- FLOYD, E.H. & NEWSON, L.D. 1959. Biological study of the rice weevil complex. Ann.ent.Soc.Amer. 52(6): 687-695.
- _____, OLIVER, A.D. & POWELL, J.D. 1959. Damage to corn in Louisiana caused by stored-grain insects. J.Econ. Ent. 52(4): 612-615.
- _____ & POWELL, J.D. 1958. Some factors influencing

- the infestation in corn in the field by the rice weevil. J.Econ.Ent. 51(1): 23-26.
- FRANKENFELD, J.C. 1948. Staining methods for detecting weevil infestation in grain. Washington, U.S.D.A., Bur.Ent. and Plant Quar. 1948 E.T. Serie 256.
- GALLO, D. 1966. Pragas do milho. In: Cultura e adubação do milho. Instituto Brasileiro de Potassa, São Paulo. p. 333-356.
- GILES, P.H. & ASHMAN, F. 1971. A study of pre-harvest infestation of maize by Sitophilus zeamais Motsch. (Coleoptera, Curculionidae) in the Kenya highlands. J.Stored Prod. Res. 7: 69-83.
- GUTHRIE, W.D. & DICKE, F.F. 1972. Resistance of inbred lines of dent corn to leaf feeding by 1st-brood European corn borers. Iowa State J.Sci. 46(3): 339-355.
- HINDS, W.E. & TURNER, W.F. 1911. Life history of the rice weevil Calandra oryza L., in Alabama. J.Econ.Ent. 4(2): 230-236.
- HOWE, R.W. 1952. The biology of the rice weevil, Calandra oryzae (L.). Ann.Appl.Biol. 39(2): 168-180.
- IRABAGON, T.A. 1959. Rice weevil damage to stored corn. J. Econ.Ent. 52(6): 1130-1136.
- JERMY, T., HANSON, F.E. & DETHIER, V.G. 1968. Induction of

specific food preference in lepidopterous larvae. Ent. Exp. & Appl. 11: 211-230.

KIRITANI, K. 1959. Flying ability and some of the characters associated with it in Calandra. Jap.J.Ecol. 9: 69-74.

_____. 1965. Biological studies on the Sitophilus complex (Coleoptera: Curculionidae) in Japan. J.Stored Prod. Res. 1: 169-176.

KIRK, V.M. 1965. Some flight habits of the rice weevil. J. Econ.Ent. 58(1): 155-156.

_____ & MANWILLER, A. 1964. Rating dent corn for resistance to rice weevils. J.Econ.Ent. 57(6): 850-852.

LINK, D., ROSSETTO, C.J. & IGUE, T. 1971. Resistência relativa de variedades de arroz em casca, ao ataque de Sitophilus oryzae (Linné, 1763), S.zeamais Motschulsky, 1855 e Sitotroga cerealella (Olivier, 1819) em condições de laboratório. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul. Bol.Tec. DF nº 2. 70p.

_____ & ESTEFANEL, V. 1971. Diferenças entre variedades de milho à infestação natural por Sitophilus zeamais Mots. e Sitotroga cerealella (Oliv.). Agronomia Sulriograndense. 7(2): 157-161.

LUCKMANN, W.H., RHODES, A.M. & WANN, E.V. 1964. Silk balling and other factors associated with resistance of corn to corn earworm. J.Econ.Ent. 57(5): 778-779.

- MARQUES, R.M. 1969. Elementos de estatística. Universidade de Campinas. 232p.
- McMILLIAN, W.W., WIDSTROM, N.W. & STARKS, K.J. 1968. Rice weevil damage as affected by husk treatment within methods of artificially infesting field corn plots. J.Econ. Ent. 61(4): 918-921.
- MORRISON, E.O. 1964a. A survey on the distribution of the rice weevil complex, Sitophilus spp., infesting stored grain in Texas and a check-list of other stored grain insect pests encountered. Tex.J.Sci. 16(1): 90-95.
- _____. 1964b. Taxonomy of the rice weevils, Sitophilus oryzae (L.) and S.zea-mais Motschulsky and an annotated bibliography relevant to the ecology of the species. Tex.J.Sci. 16(2): 243-253.
- PAINTER, R.H. 1951. Insect resistance in crop plants. The Macmillan Company, New York. 520p.
- PENNY, L.H., SCOTT, G.E. & GUTHRIE, W.D. 1967. Recurrent selection for European corn borer resistance in maize. Crop Science 7(5): 407-409.
- PINGALE, S.V. & GIRISH, G.K. 1967. Role of density on the multiplication of stored grain insect pests. Bul.Grain Tech. 5(1): 12-20.
- PINHEIRO, A.A. & AMARO, A.A. 1970. Milho. In: Guia da comercialização rural. Coopercotia, São Paulo. p. 176-180.

- PROCTOR, D.L. 1971. An additional aedeagal character for distinguishing Sitophilus zeamais Motsch. from Sitophilus oryzae (L.) (Coleoptera, Curculionidae). J. Stored Prod. Res. 6: 351-352.
- REDDY, B.BAP 1951. Determination of sex in adult rice and granary weevils (Coleoptera: Curculionidae). Pan Pacific Ent. 27(1): 13-16.
- RICHARDS, O.W. 1944. The two strains of the rice weevil Calandra oryzae (L.). Roy. Ent. Soc. Lond., Trans. 94: 187-200.
- _____. 1947. Observations on grain-weevils, Calandra (Col., Curculionidae). I. General biology and oviposition. Proc. Zool. Soc. Lond. 117: 1-43.
- ROSSETTO, C.J. 1966. Sugestões para armazenamento de grãos no Brasil. O Agrônômico. 18(9/10): 38-51.
- _____. 1969a. O complexo de Sitophilus spp. (Coleoptera, Curculionidae) no Estado de São Paulo. Bragantia 28: 127-148.
- _____. 1969b. Resistência de plantas a insetos. E. S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 194p.
- SEGROVE, F. 1951. Oviposition behaviour in the two strains of the rice weevil, Calandra oryzae Linn. (Coleopt., Curculionidae). J. Exp. Biol. 28(3): 281-297.
- SINGH, D.N. & McCAIN, F.S. 1963. Relationship of some nu-

tritional properties of the corn kernel to weevil infestation. Crop Science 3: 259-261.

SNYDER, R.J. 1967. The relationship of silk balling, husk length, husk tightness and blank tip to earworm and sap beetle resistance in Maize. Am.Soc.Hort.Sci. 91: 454-461.

STARKS, K.J. & McMILLIAN, W.W. 1967. Resistance in corn to the corn earworm and fall armyworm. Part II: Types of field resistance to the corn earworm. J.Econ.Ent. 60(4): 920-923.

STRONG, R.G., SBUR, D.E. & PARTIDA, G.J. 1967. Rearing stored-product insects for laboratory studies: lesser grain borer, granary weevil, rice weevil, Sitophilus zeamais, and Angoumois grain moth. J.Econ.Ent. 60(4): 1078-1082.

TOLPO, N.C. & MORRISON, E.O. 1965. Sex determination by snout characteristics of Sitophilus zeamais Motschulsky. Tex.J.Sci. 17(1): 122-124.

TRIPLEHORN, G.A., HERUM, F.L., PIGATTI, P., GIANNOTTI, O. & PIGATTI, A. 1966. O paiol de tela para armazenamento de milho. O Biológico 32(12): 257-266.

VAN EMDEN, H.F. 1966. Plant insect relationship and pest control. World Rev.Pest Cont. 5(3): 115-123.

VARGAS, O.F. 1962. Evaluacion y resistencia de híbridos de maiz al gorgojo del arroz. Estacion Experimental Agricola de Tingo Maria, Peru, Bol. nº 4. 10p.

VEIGA, A.F.S.LEÃO. 1969. Suscetibilidade relativa de diversas raças de milho da América Latina, híbridos e variedades comerciais do Brasil, ao gorgulho - Sitophilus zeamais Motschulsky, 1855 e a traça - Sitotroga cerealella (Olivier, 1819) - pragas de grãos armazenados, em condições de laboratório. Tese de M.S., E.S.A."Luiz de Queiroz", Piracicaba, S.P. 154p.

WEBEL, O.D. & LONQUIST, J.H. 1967. Population improvement through selection among and within half-sib families in maize. Ph D thesis, University of Nebraska, 93p.

WIDSTROM, N.W. 1967. An evaluation of methods for measuring corn earworm injury. J.Econ.Ent. 60(3): 791-794.

_____ & DAVIS, J.B. 1967. Analysis of two diallel sets of sweet corn inbreds for corn earworm injury. Crop Science 7: 50-52.

_____, WISER, W.J. & BAUMAN, L.F. 1970. Recurrent selection in maize for earworm resistance. Crop Science 10(6): 674-676.

WILLIAMS, R.N. 1964. A comparative biological study of the lesser rice weevil, Sitophilus sasakii (Tak.) and the greater rice weevil, Sitophilus oryzae (L.). M.S. Thesis, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College. 47p.

_____ & FLOYD, E.H. 1970. Flight habits of the maize weevil, Sitophilus zeamais. J.Econ.Ent. 63(5): 1585-1588.

WISEMAN, B.R., McMILLIAN, W.W. & WIDSTROM, N.W. 1970. Husk and kernel resistance among maize hybrids to an insect complex. J.Econ.Ent. 63(4): 1260-1262.

YARNELL, S.H. 1952. Breeding sweet corn for resistance to the corn earworm. Proc.Amer.Soc.Hort.Sci. 60: 379-386.