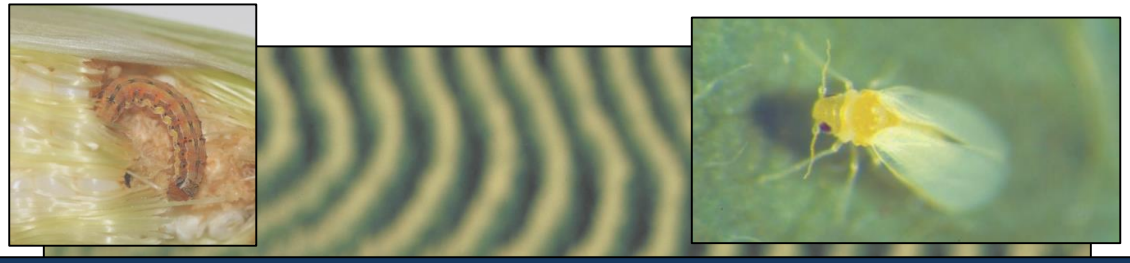
Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
LEA 0592



Resistência de Plantas a Insetos

Prof. Dr. José Paulo Franco Bentivenha
Disciplina: Manejo Integrado de Pragas
Responsável: Prof. Dr. José Djair Vendramim

Piracicaba / SP
Agosto, 2018

Sumário

1. Introdução

2. Histórico

3. Conceitos (Aspectos, Pseudo-Resistência, Graus e Tipos)

4. Mecanismos de resistência

5. Fatores que afetam a resistência

6. Considerações finais

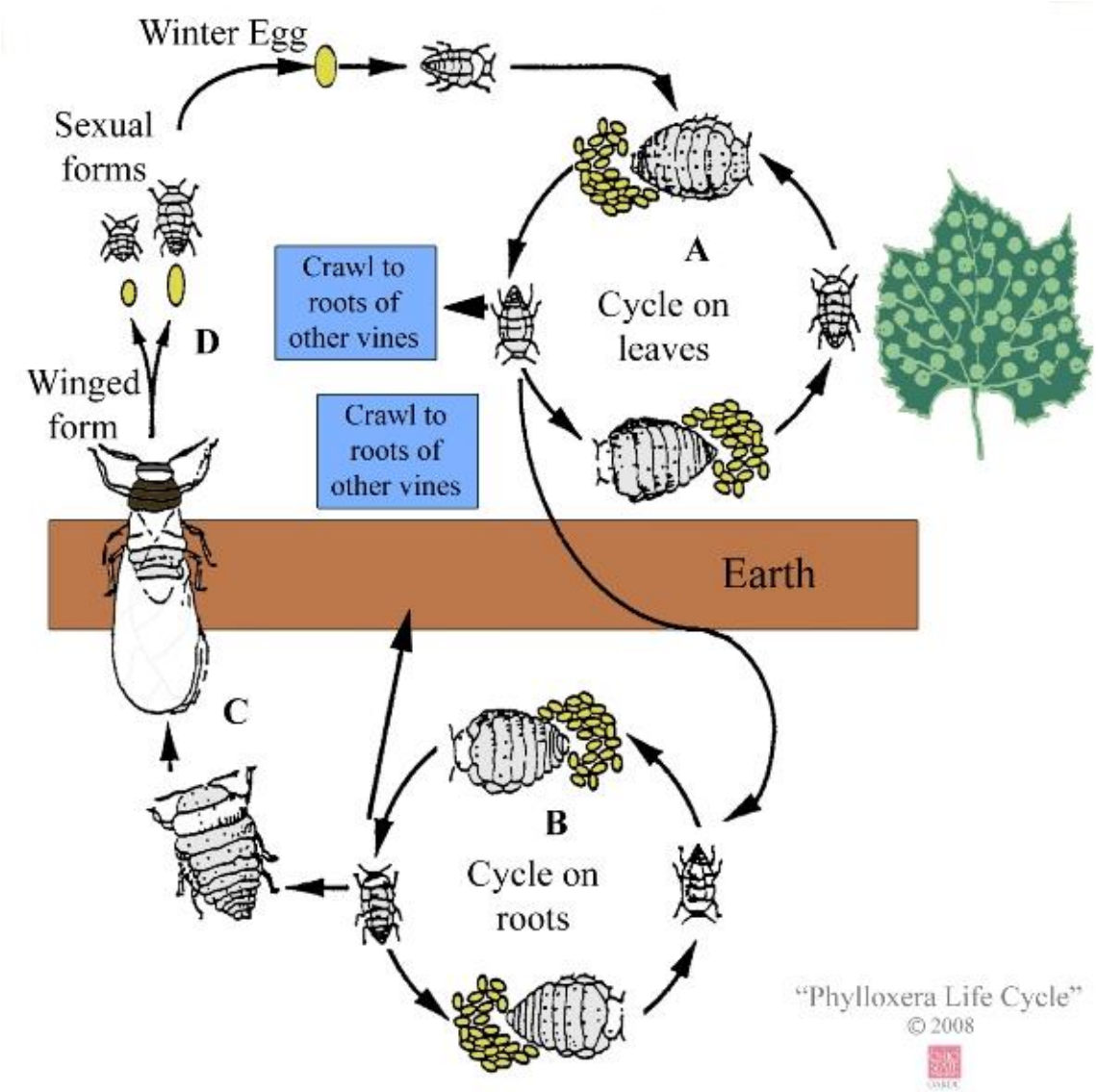
7. PBL

Histórico

Histórico

Filoxera-da-videira ***Daktulosphaira vitifoliae***

Histórico



Ohio State University

Histórico

- Nativa dos EUA;
- Detectada na França em 1868 (possível introdução 1863);
- Grandes prejuízos (até 1884):
  - Destruição de 1.200.000 ha de videira
  - Prejuízo > US$ 2 bilhões
- Grupos de pesquisa.

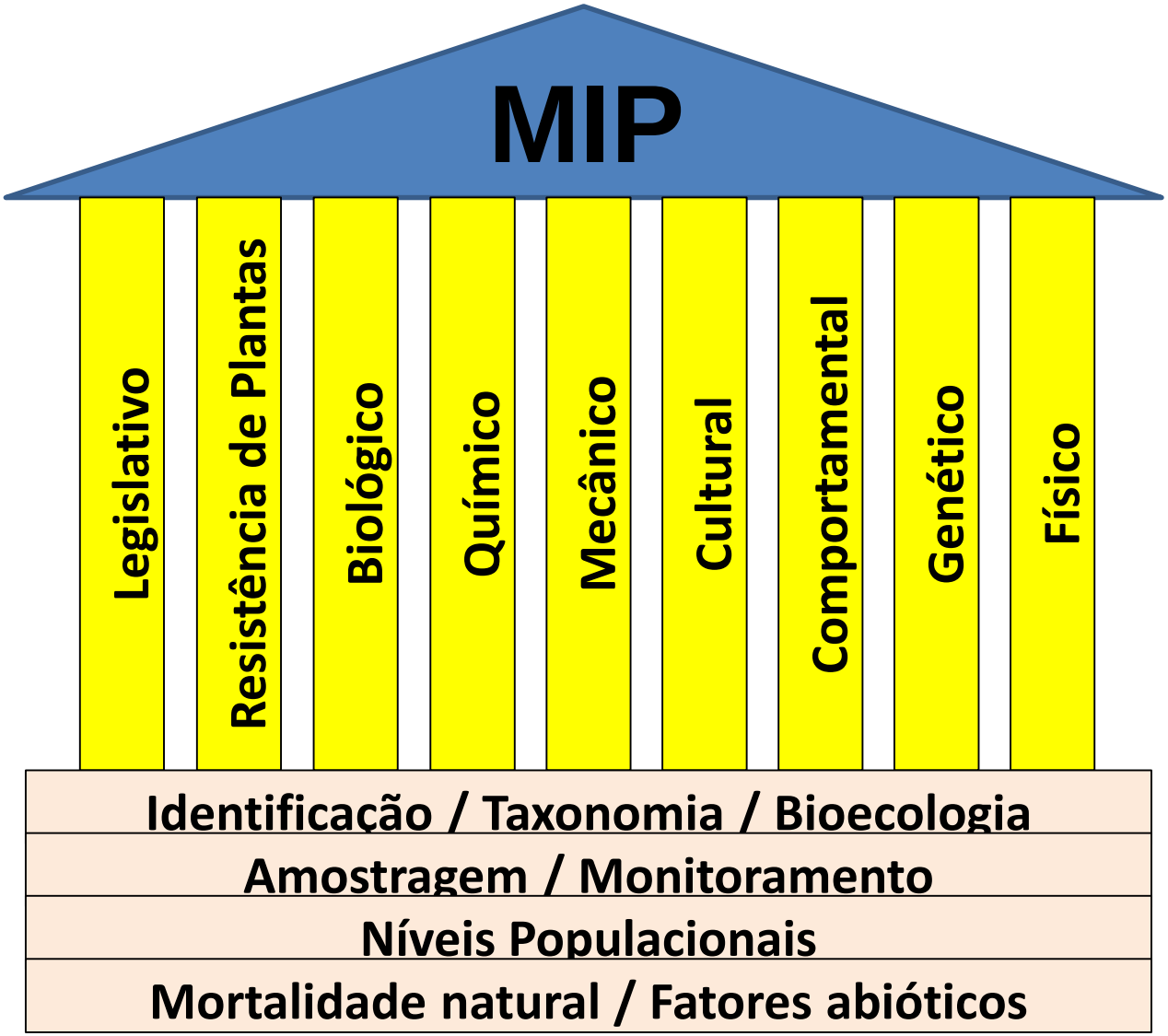
Histórico

1. Evolução dos conhecimentos sobre a genética: **Leis de Mendel (1865)**;

2. Inseticidas sintéticos: **DDT (1939) e BHC (1942)**;

3. **Primavera Silenciosa** (Rachel Carson) – 1962;

4. Surgimento dos transgênicos


MIP
Legislativo
Resistência de Plantas
Biológico
Químico
Mecânico
Cultural
Comportamental
Genético
Físico
Identificação / Taxonomia / Bioecologia
Amostragem / Monitoramento
Níveis Populacionais
Mortalidade natural / Fatores abióticos

Exemplos

Cultura	Praga controlada	Ano	"Lucro" (milhões de US$)
Trigo	*Mayetiola destructor* (Mosca de Hesse)	1969	238
Alfafa	*Terioaphis maculata* (pulgão)	1963	70
Milho	*Ostrinia nubilalis* (broca-do-colmo)	1962/69	150/ano
Sorgo	*Schizaphis graminum* (pulgão)	-	20/ano*

* Relativo apenas ao Estado do Texas

Exemplos

Oscaroite | Brabham | Victor

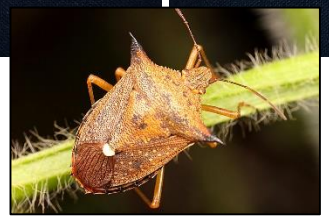
Early-Black | Corujão | Potomac

Resistência de genótipos de caupi ao caruncho *Callosobruchus maculatus*

José D. Vendramin

Exemplos

PI-171451



Conquista

Resistência de genótipos de soja ao percevejo *Euschistus heros*

Souza et al., 2015

Exemplos

B. decumbens

B. humidicola

Resistência de *Brachiaria* spp. a cigarrinhas

José D. Vendramim

Conceitos

O que é RPI?

Planta que devido à sua constituição genotípica é menos danificada que outra, em condições de igualdade.

Rossetto, 1973

Aspectos implícitos

Relativa

⇩

Hereditária

⇩

Repetibilidade

⇩

Específica

⇩

Resistência múltipla

⇩

Genótipos selvagens e comerciais

Lara, 1991

Relativa

Exemplo:

- **Genótipo A = 10% de dano → R ou S?**
- **Genótipo B = 20% de dano → A é R**
- **Genótipo C = 1% de dano → A é S**

➢ Comparação com outros genótipos.

Hereditária

Exemplo:

- **Genótipo A = 10% de dano**
- **Genótipo C = 1% de dano** → **C é R**

Genótipo C(1) ≈ 1% de dano

➢ Próximas gerações expressam R ou S semelhante aos parentais.

Específica

- Genótipos de alfafa em relação a duas espécies de pulgões

Genótipos	*Acythosiphon pisum*	*Therioaphis maculata*
Búfalo	**Suscetível**	**Suscetível**
Ladak	**Resistente**	**Suscetível**
Cody	**Suscetível**	**Resistente**
KS 10	**Resistente**	**Resistente**

Repetibilidade

- Genótipo expressa resistência/suscetibilidade similar nas demais repetições.

Resistência múltipla

- Genótipo A
  - R → ***Spodoptera frugiperda***
  - S → ***Helicoverpa armigera***
  - S → ***Chrysodeixis includens***
- Genótipo C
  - S → ***Spodoptera frugiperda***
  - R → ***Helicoverpa armigera***
  - R → ***Chrysodeixis includens***

➢Resistência múltipla: 2 ou mais espécies

Resistência múltipla

PI-227687

Piezodorus guildinii

Trichoplusia ni

Chrysodeixis includens

Epilachna varivestis

Clark et al., 1974; Reynolds et al., 1984; Liu e Norris, 1989; Valle e Lourenção, 2002; Silva et al., 2014

Graus da resistência

- **Imunidade:** não sofre qualquer tipo de dano (teórico);
- **Alta resistência:** pouco dano em relação aos demais;
- **Resistência moderada:** dano pouco menor que os demais;
- **Suscetibilidade:** dano semelhante ao que ocorre nos demais;
- **Alta suscetibilidade:** dano bem maior que os demais.

Lara, 1991

Pseudo-Resistência

“Genótipos são menos danificados que outros sem que, de fato, sejam resistentes”

- **Escape;**
- **Assincronia fenológica ou evasão hospedeira**;
- **Resistência induzida**.

Lara, 1991

Escape

- Genótipo não é danificado por mero acaso

- Exemplo: plantios muito próximos, condições abióticas, condição de baixa infestação, etc.

- **Solução??**

➢ Repetição do ensaio;

➢ Testes com progênies.

Smith, 2005

Assincronia fenológica ou Evasão hospedeira

- Período de maior suscetibilidade da planta coincide com época de baixa densidade populacional da praga;

- **Exemplo**: época de plantio e maturação de genótipos;
- Soja x *Anticarsia gemmatalis* → plantio tardio
- Soja x Percevejos → precoce/tardio

- **Solução??**

➢ Planejamento da pesquisa (conhecer planta e insetos).

Smith, 2005

Resistência Induzida

- Manifestação temporária da resistência, resultante de condições do ambientes, que quando cessadas, o genótipo retorna à condição normal de expressão da resistência.

- **Exemplo**: adubação; irrigação;

- **Solução??**

➢ Planejamento da pesquisa;

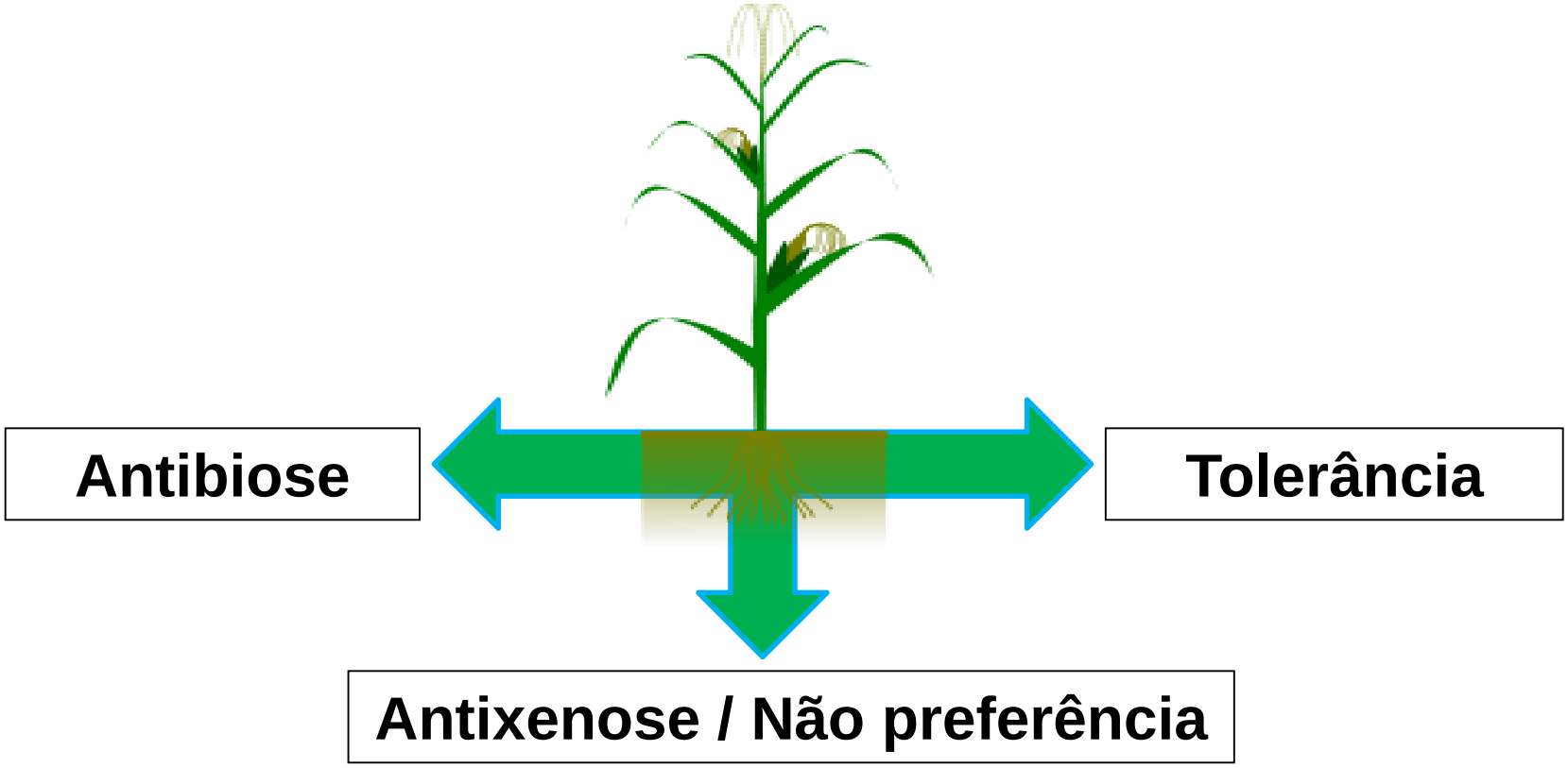
➢ Tratos culturais.

Smith, 2005

Tipos de Resistência

Tipos de Resistência

- **Alteração no comportamento ou biologia do inseto;**
- **Reação da planta sem afetar o inseto em nenhum aspecto.**



Smith, 2005

Antixenose

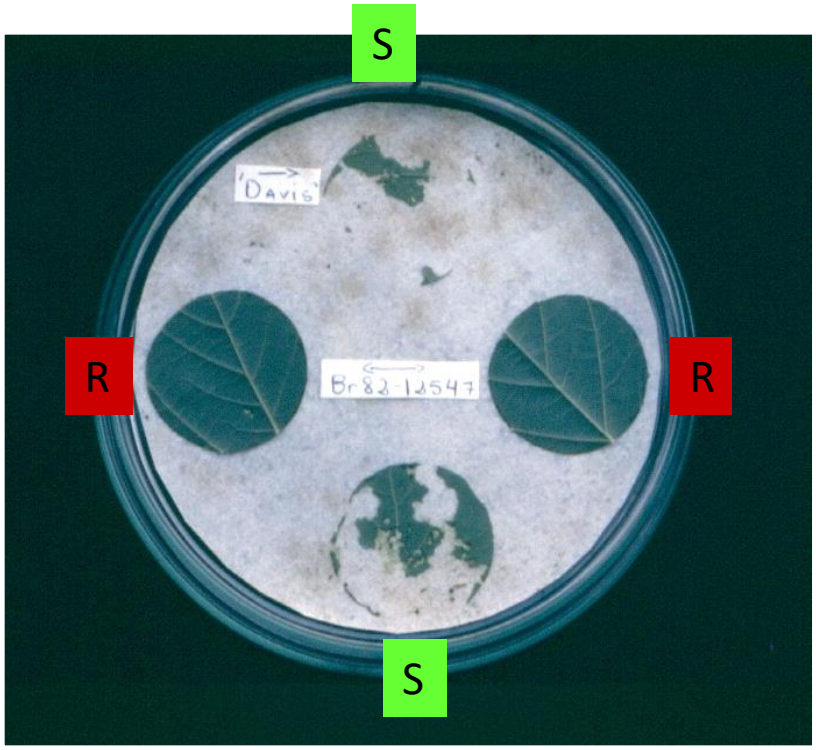
- **Menos utilizada pelo inseto do que outro genótipo em iguais condições;**
- **Alimentação, oviposição e/ou colonização;**
- **Reação comportamental do inseto em relação à planta;**
- **Com chance e sem chance de escolha.**

Smith, 2005

Antixenose

Davis

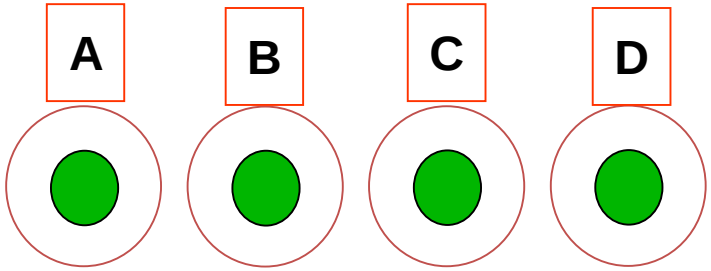
BR 82 - 12547

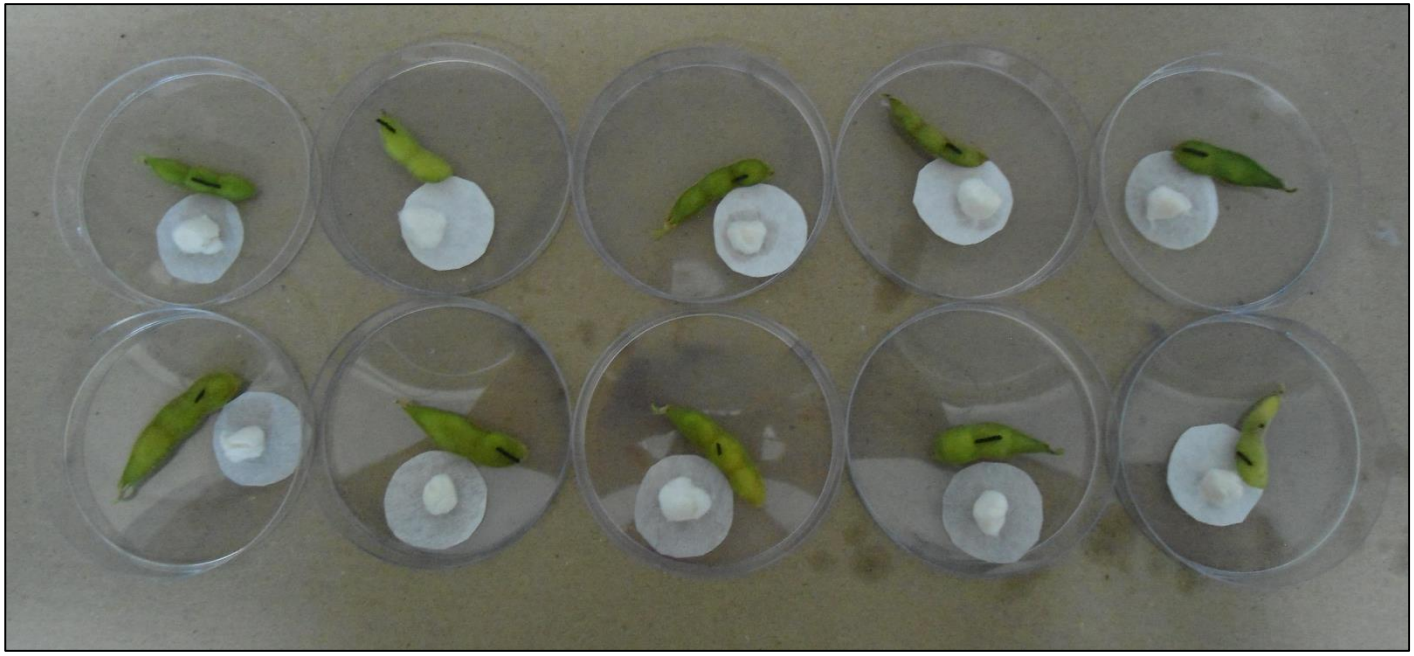


Soja X *Anticarsia gemmatalis*

Antixenose

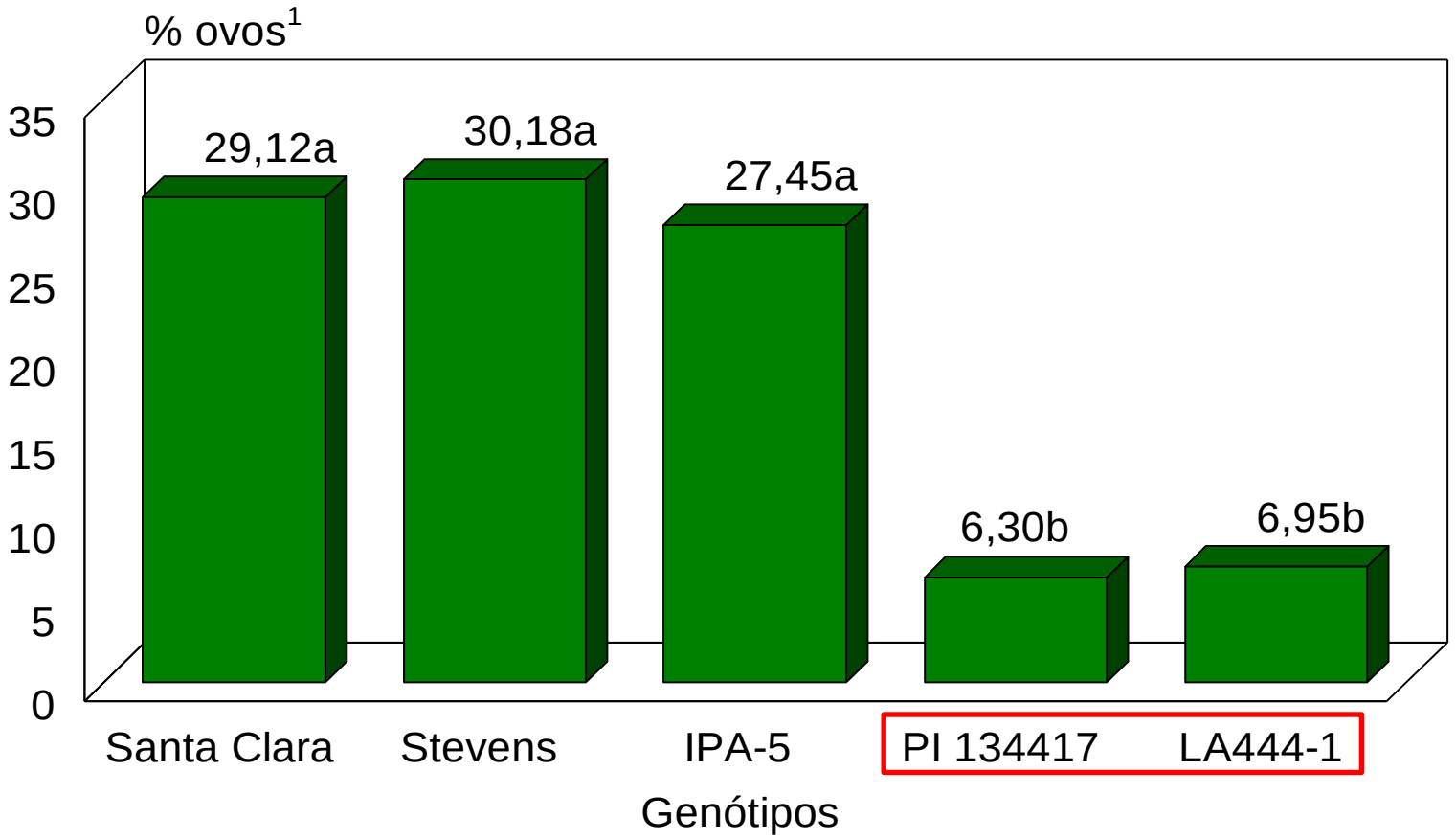
Sem chance de escolha





Sem chance de escolha

Antixenose para oviposição



Oviposição de *Tuta absoluta* em genótipos de tomateiro em teste com chance de escolha (Thomazini et al., 2000)

Antixenose para alimentação

a) Nº de insetos que procuram (se dirigem) a cada variedade

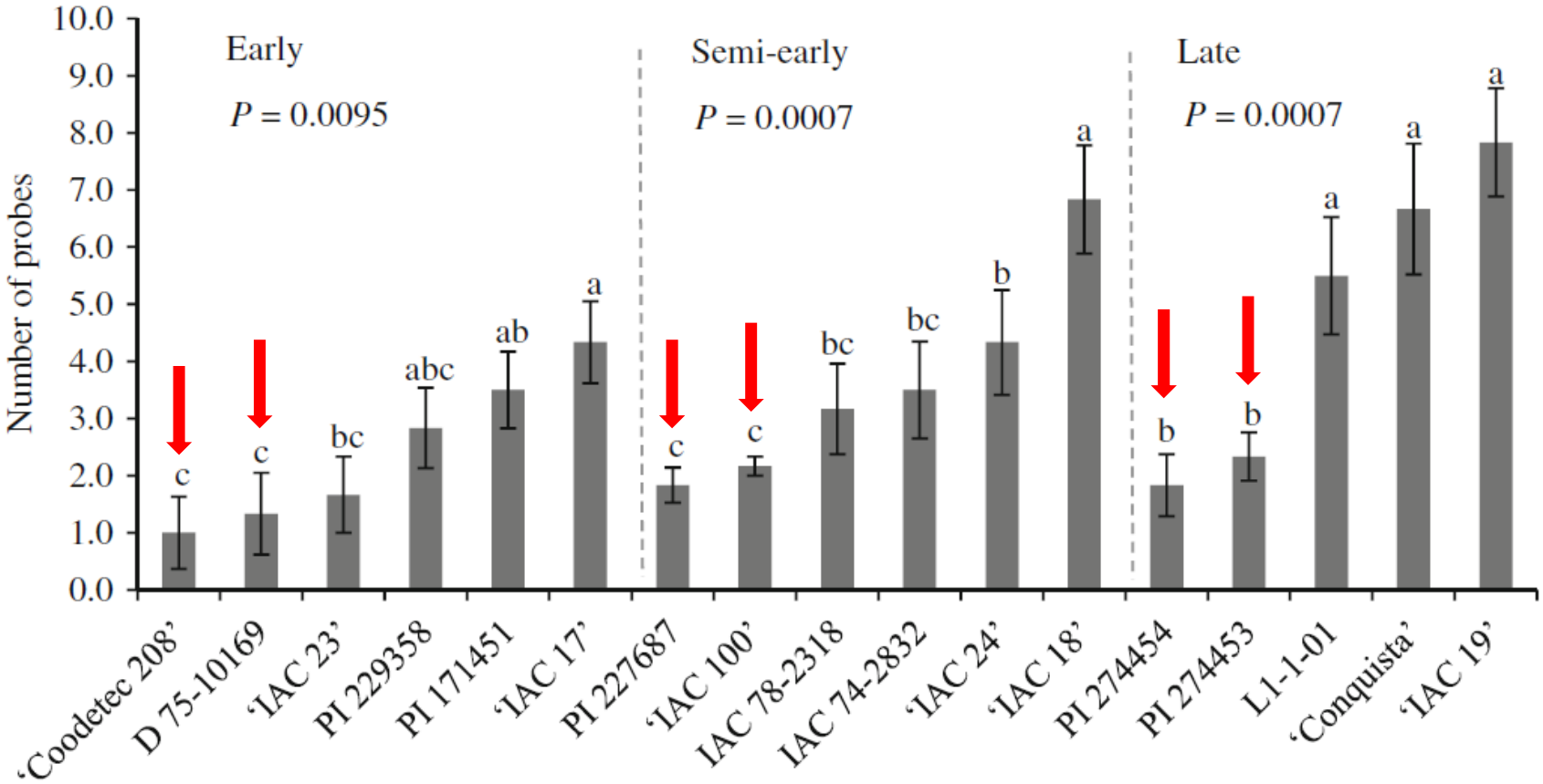
Número de pulgões dos cereais[1] (*Schizaphis graminum*) em plantas de genótipos de sorgo em teste com livre escolha (Cruz & Vendramim, 1989)

Genótipo	N.º médio de pulgões/planta
GR	0,5
TX 2567	3,4
TX 2568	3,9
IS 3422	4,1
IS 3236	4,1
IS 2293	4,8
BR 602	5,8
BR 601	6,3
TX 430	8,0

[1]Liberação de 45 pulgões adultos por vaso contendo os 9 genótipos. Avaliação após 4 dias.

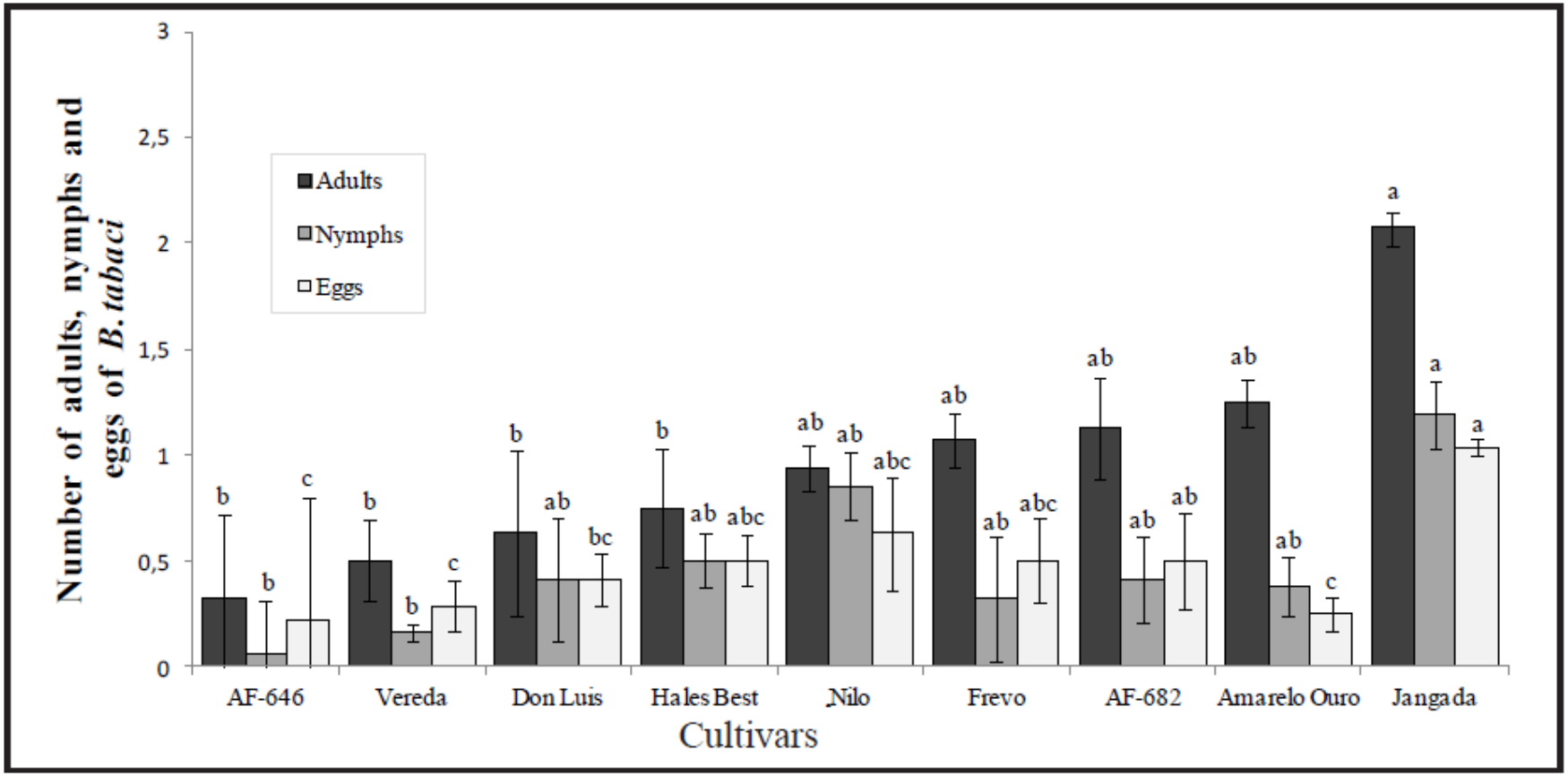
Antixenose para alimentação

b) Consumo



Número de picadas de *Piezodorus guildinii* em genótipos de soja em teste com chance de escolha (Bentivenha et al., 2013)

Antixenose



Oviposição, ninfas e adultos de *Bemisia tabaci* em genótipos de melão em teste com chance de escolha (Baldin et al., 2012).

Antibiose

Inseto se alimenta normalmente da planta, mas esta causa um efeito adverso sobre a biologia inseto.

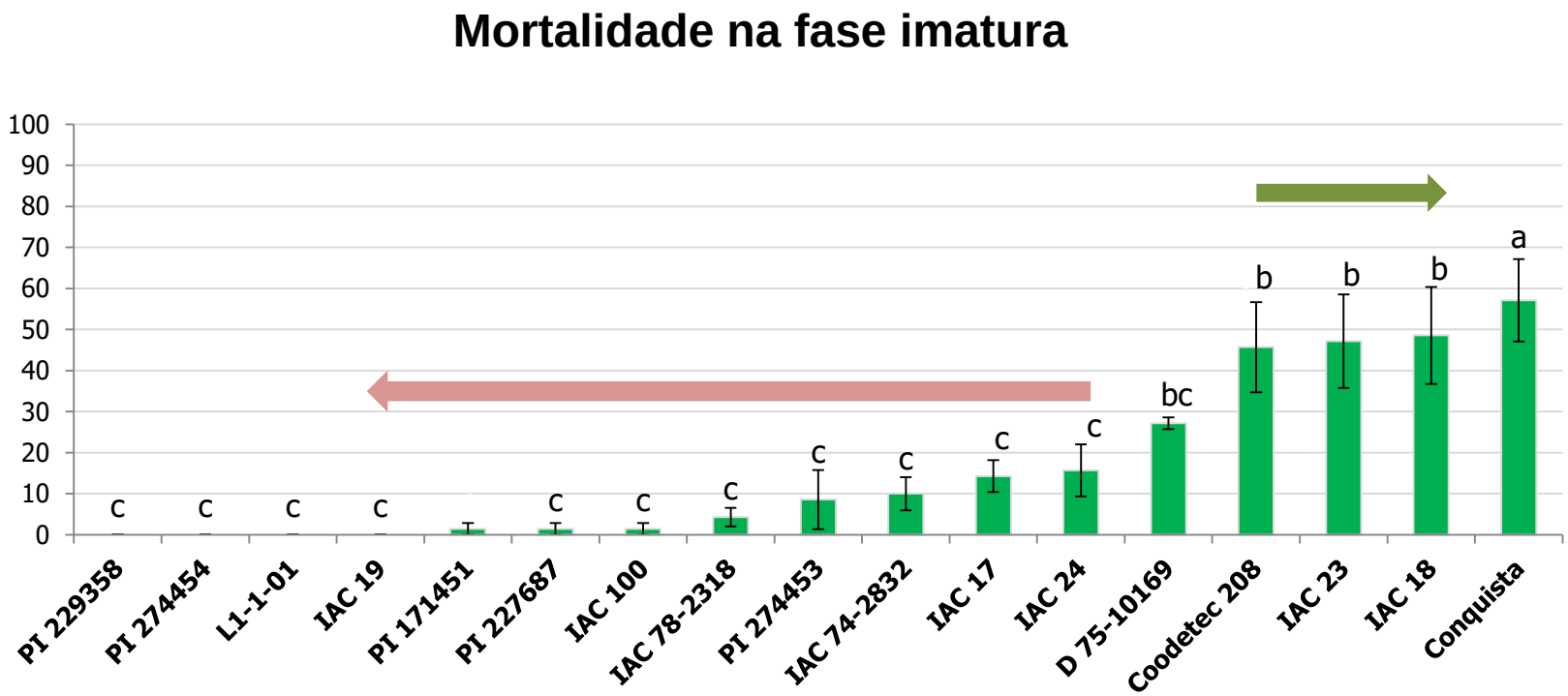
Smith, 2005

Antibiose

- **Prolongamento no período de desenvolvimento (imaturo);**
- **Menor longevidade em adultos;**
- **Redução do tamanho e peso;**
- **Adultos e/ou pupas defeituosas;**
- **Mortalidade na fase imatura e adulta;**
- **Redução da fecundidade (ovos/fêmea).**

Smith, 2005

Antibiose



Viabilidade ninfal (% ± EP) de *E. heros* em genótipos de soja sob condições de laboratório (Souza et al., 2017).

Antibiose

Resistência de genótipos de sorgo a *Schizaphis graminum* (Schuster & Starks, 1973)

Genótipos	Peso do pulgão * (mg)	Período pré-reprodutivo * (dias)	Período reprodutivo* (dias)	N.º de ninfas/fêmea*
BOK-8	0,161 a	6,7 a	23,5 a	55,0 a
PI 302178	0,069 b	10,6 c	15,4 ab	7,8 b
PI 302231	0,067 b	10,6 c	13,5 b	16,3 b
PI 226096	0,049 b	9,1 b	9,3 b	6,9 b

* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (P= 5%).

Tolerância

- **Menos danificado em relação aos demais genótipos;**
- **Sob mesmo nível de infestação do inseto;**
- **Sem afetar o comportamento ou biologia deste;**
- **Menor redução na quantidade e/ou qualidade da produção.**

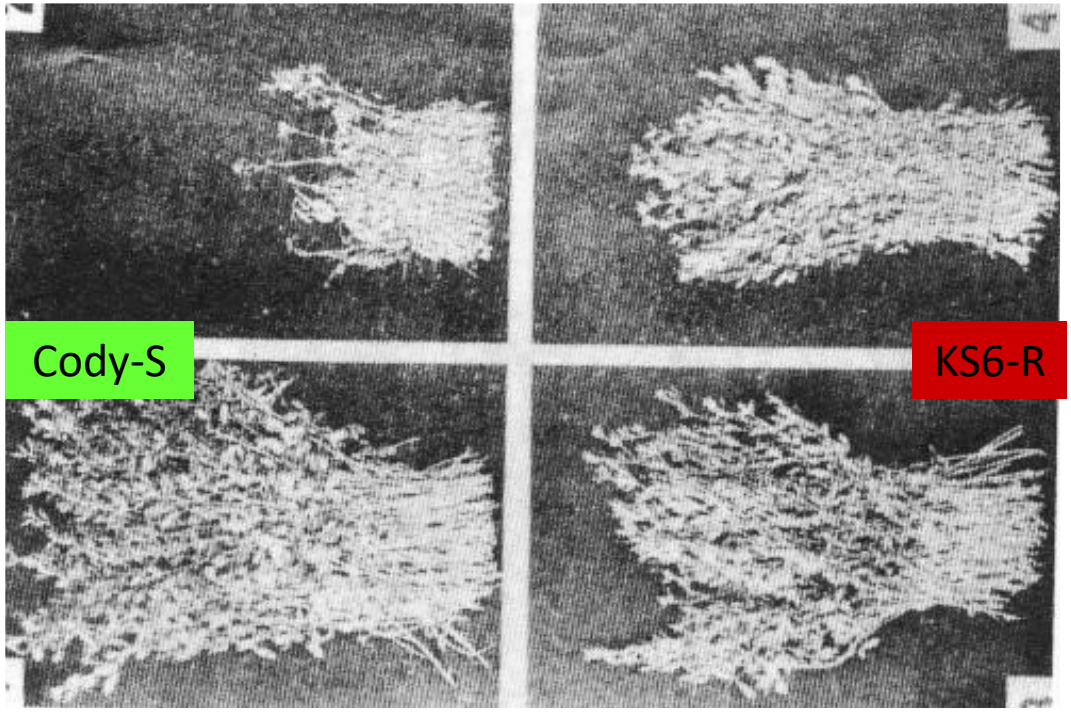
Smith, 2005

Tolerância

- **Regeneração ou formação de folhas, perfilhos ou raízes;**
- **Plantas mais vigorosas;**
- **Maior número de folhas ou frutos;**
- **Capacidade fotossintética, crescimento compensatório e absorção de nutrientes.**

Smith, 2005

Tolerância



Alfafa X *Acyrthosiphum pisum*

Lara, 1991

Tolerância

Produtividade média (Kg/ha^{-1}) de genótipos de soja submetidos ao controle de percevejos e infestação natural. Botucatu, 2011/2012 (Bentivenha et al., 2015).

Genotypes		Yield (kg ha^{-1}) 2011 - 2012		
	Number of stink bugs	Control[1]	Non Control[1]	% Reduction
IAC 18	6.2 ± 0.8a	3555 ± 92 aA	2208 ± 526 aB	43
IAC 24	6.4 ± 0.6a	2900 ± 503 aA	1415 ± 291 aB	51
IAC 100	5.6 ± 0.3a	2379 ± 167 abA	2247 ± 227 aA	05
IAC 74-2832	3.2 ± 0.4b	2484 ± 210 abA	1167 ± 245 aB	53
IAC 78-2318	4.2 ± 0.2ab	2298 ± 281 abA	2239 ± 258 aA	02
PI 227687	2.3 ± 0.2b	1264 ± 95 bA	1032 ± 47 aA	18

[1]/Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram entre si pelo teste de Tukey (*P* > 0,05).

Mecanismos de Resistência

Mecanismos de Resistência

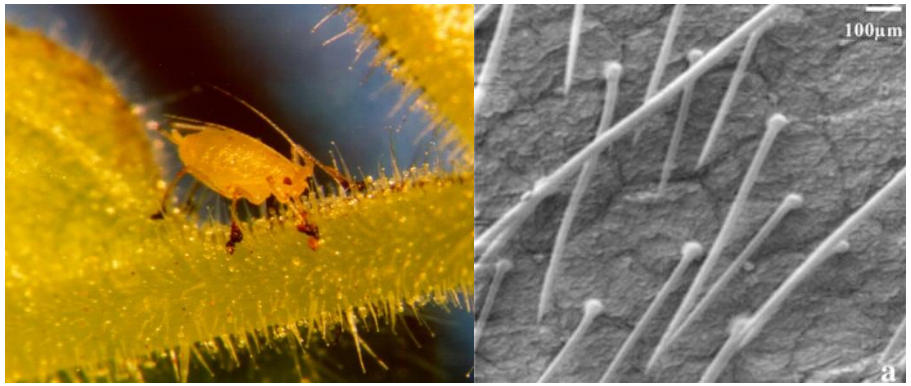
- Físicas:

✓ cores do substrato vegetal;

- Morfológicas:

✓ estruturais:
  - Dimensão
  - Disposição

✓ epiderme:
  - Espessura
  - Dureza
  - Textura
  - Cerosidade
  - Pilosidade



Myzus persicae x tricomas glandulares (A) de *S. berthaultii*

Lara, 1991; Smith, 2005

Físicas

- **Cor do substrato;**

- **Ex: algodão vermelho**

x

Anthonomus grandis

Lara, 1991; Smith, 2005

Morfológicas

- Estruturais:

Bráctea normal

Bráctea frego

Menor ataque de *A. grandis*

Lara, 1991

Morfológicas

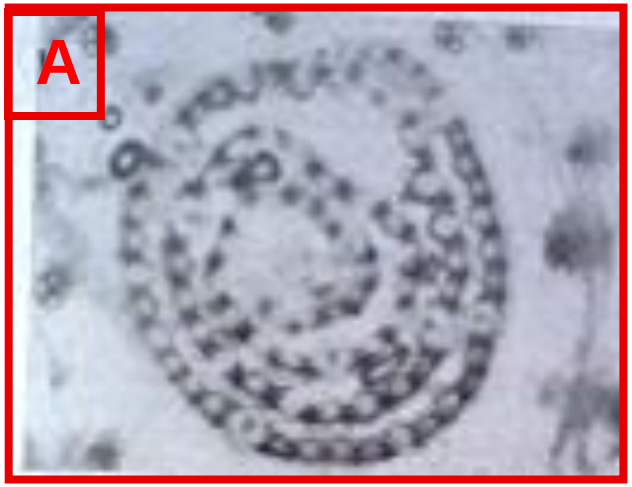
- **Epiderme:**

I. **Dureza**
II. **Espessura**
III. **Pilosidade**

Lara, 1991; Smith, 2005

Morfológicas

- **I e II. Dureza e espessura**



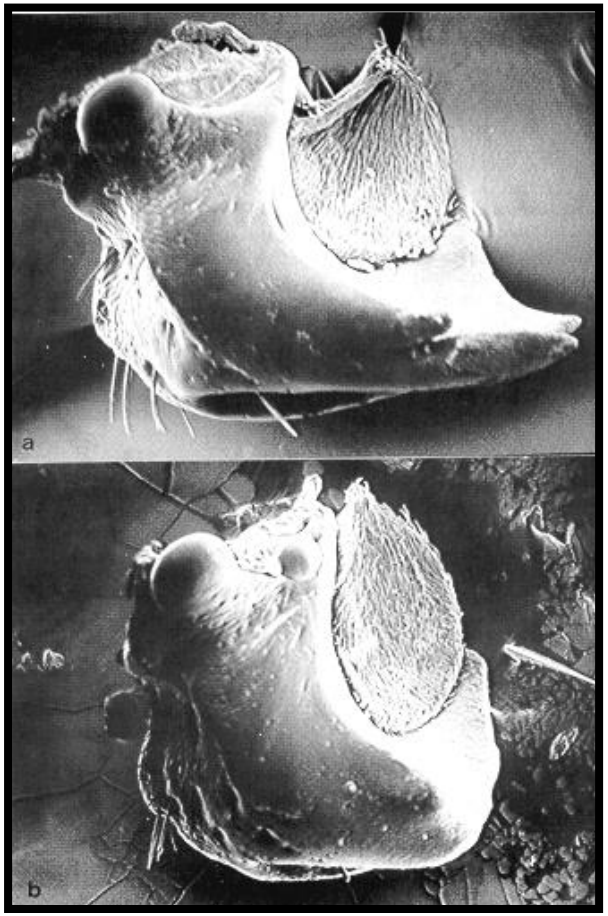
Lignina em plantas de sorgo resistente (A) e suscetível (B) à mosca minadora

Morfológicas

I e II. Dureza e espessura

Mandíbula normal

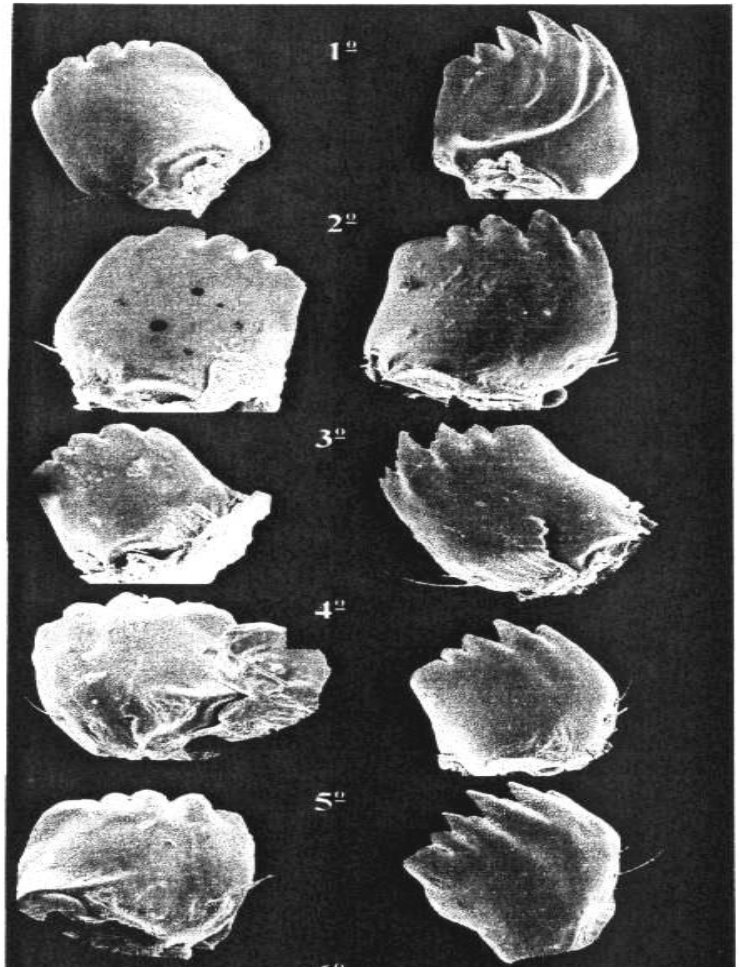
Mandíbula gasta



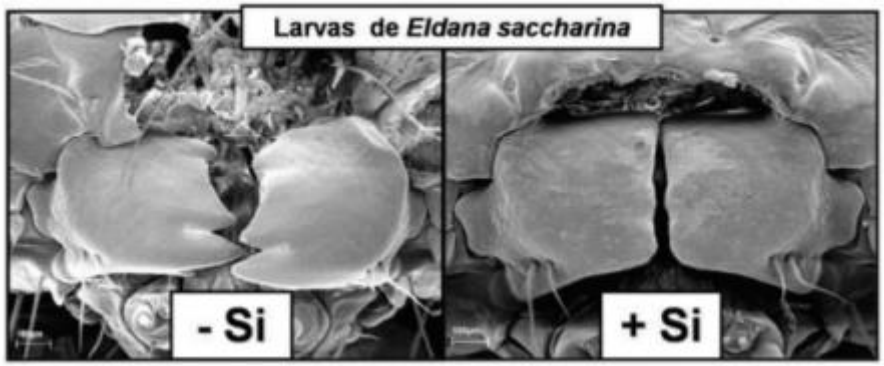
***Plagiodera versicolora* x lignina em plantas de salgueiro (Panda & Khush, 1995).**

Morfológicas

A B

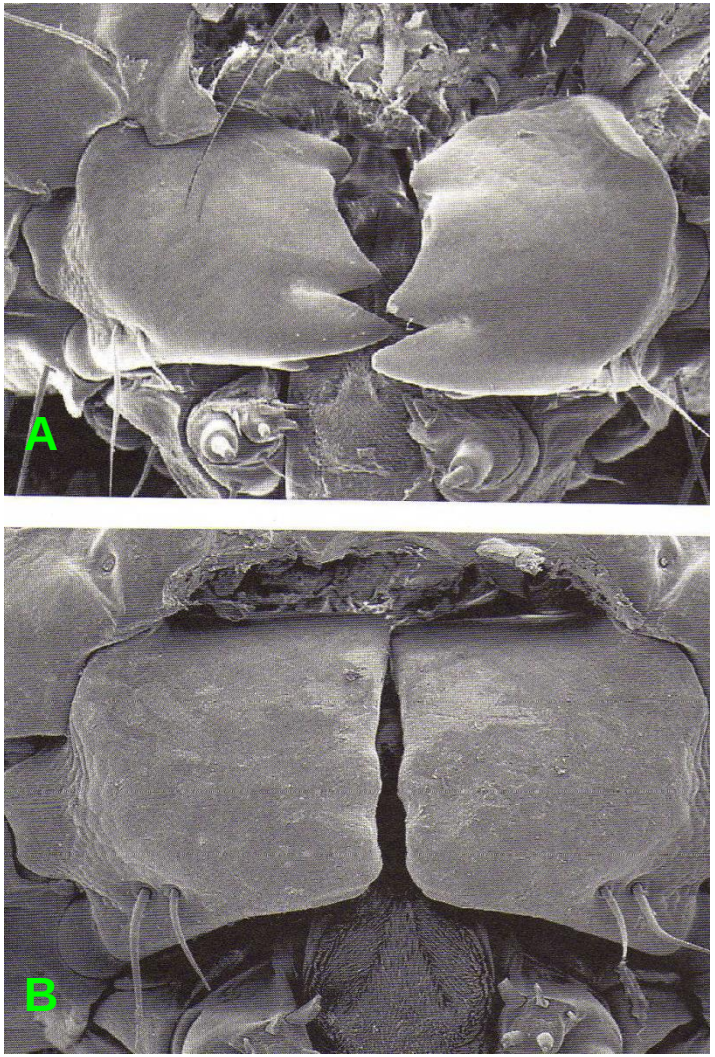


Mandíbulas de *Spodoptera frugiperda* em diferentes ínstares alimentada em folhas de milho com aplicação de sílicio (A) e sem aplicação de silício (B) (Goussain, 2001)



Meyer & Keeping, 2005

Morfológicas



Mandíbulas de lagartas de *Eldana saccharina* alimentadas em colmos de cana-de-açúcar sem (A) e com (B) aplicação de silicato de cálcio.

Keeping & Meyer, 2006

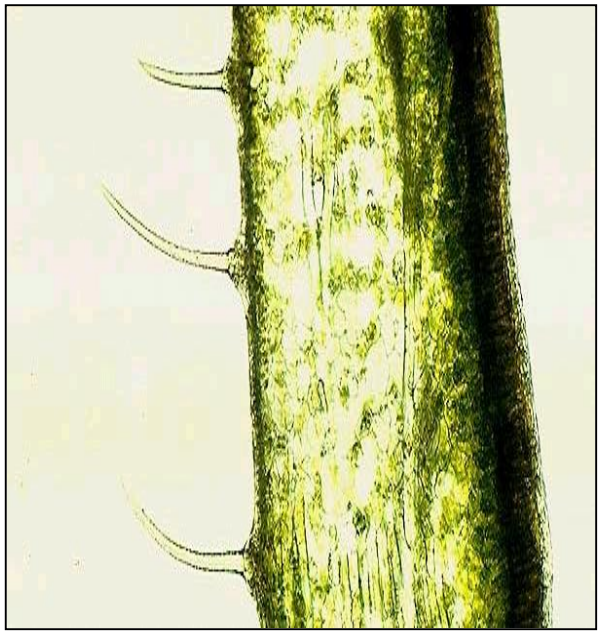
Morfológicas

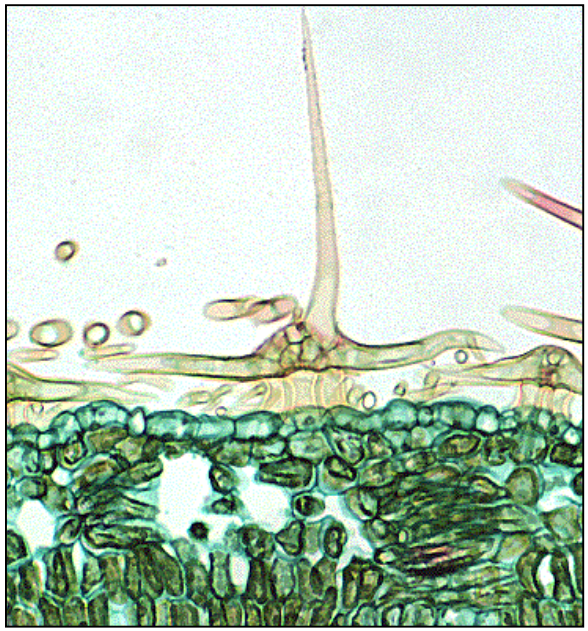
III. Pilosidade:

- **Tamanho e densidade de tricomas;**
- **Tectores**
  - **Locomoção**
  - **Oviposição**
  - **Ingestão e digestão**
- **Glandulares**
  - **Repelência**
  - **Oclusão de peças bucais**
  - **Aderência das pernas ou corpo**

Morfológicas

III. Pilosidade



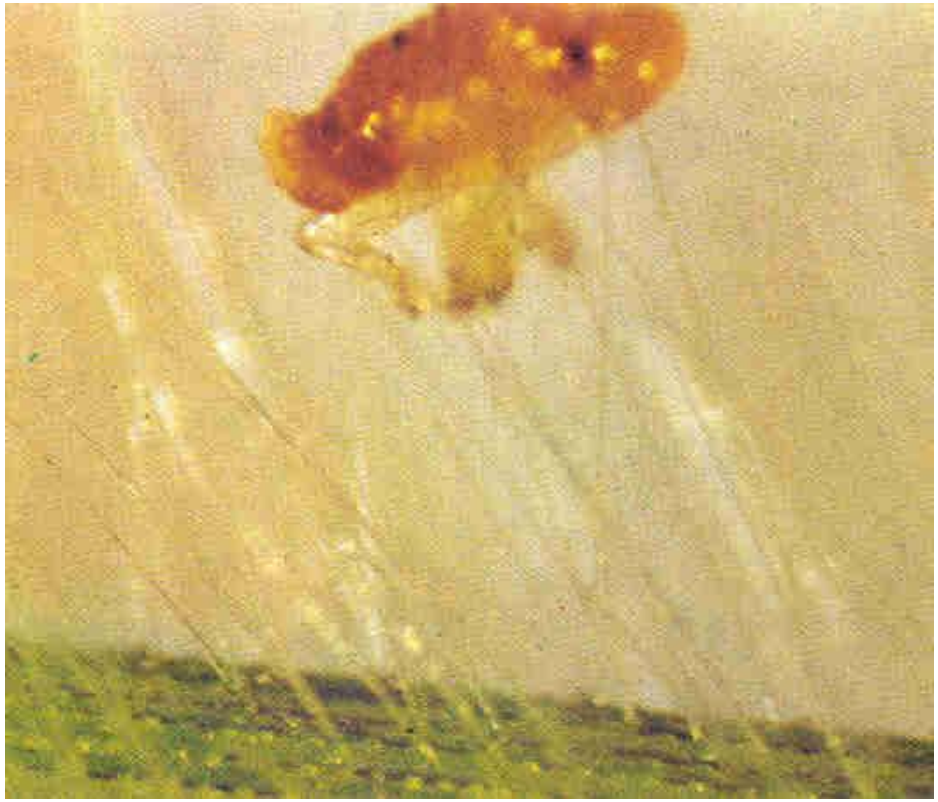


Tricomas tectores aciculares

Prof. Dr. Vendramim

Morfológicas

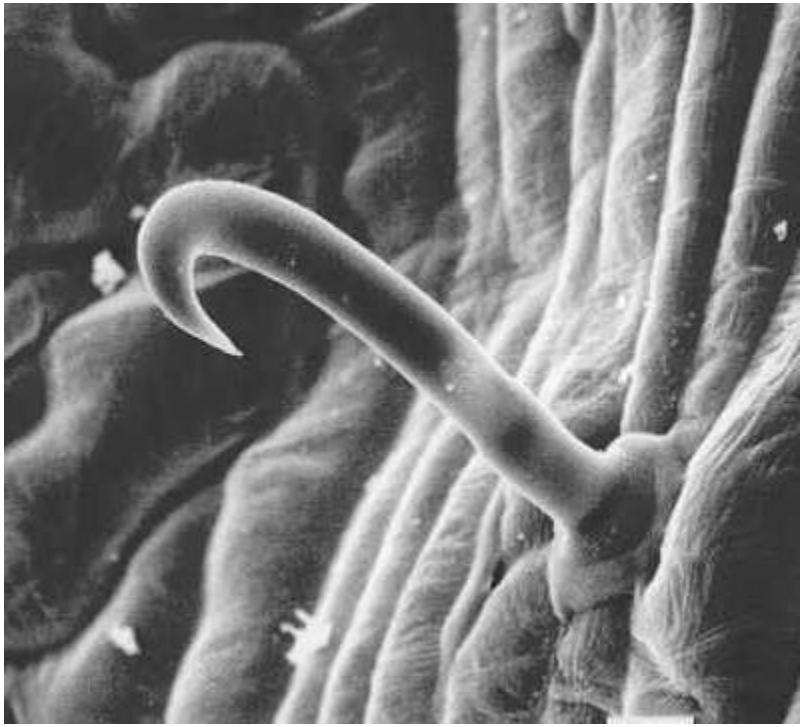
III. Pilosidade

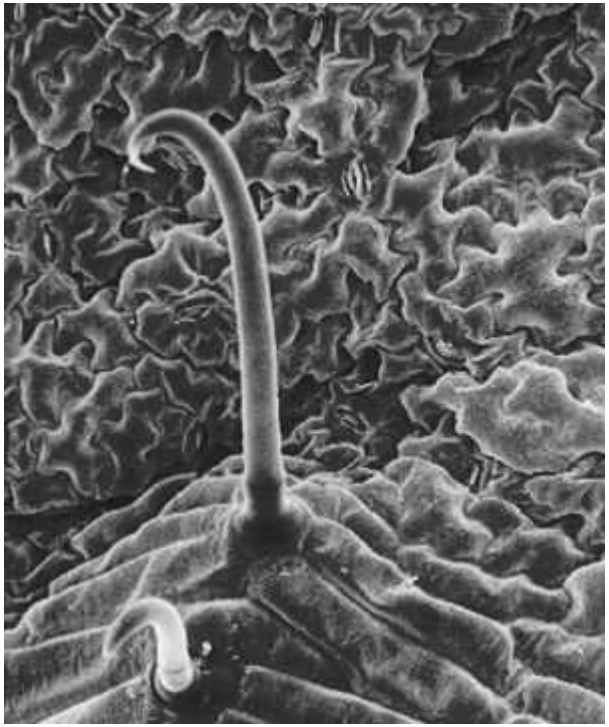


Cigarrinha em capim-andropógon

Morfológicas

III. Pilosidade

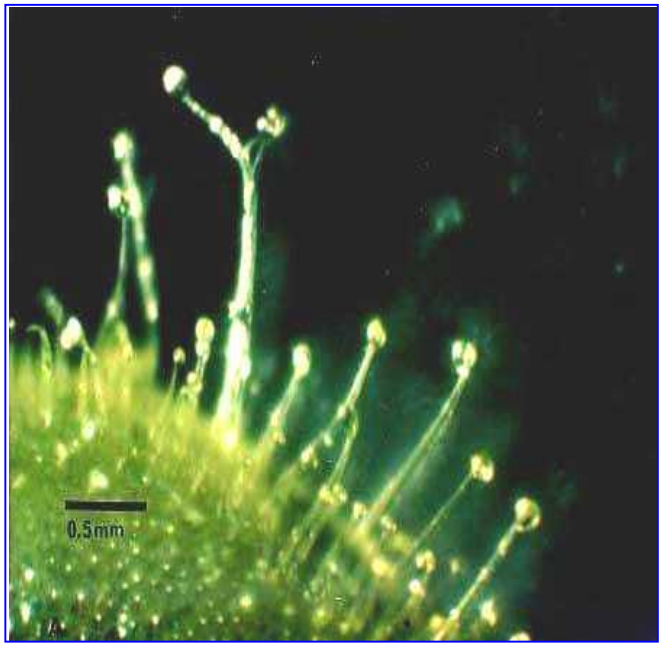


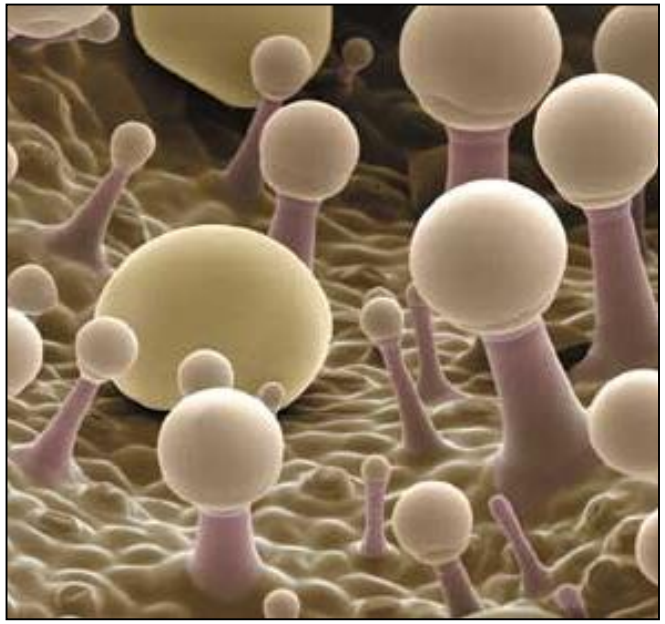


Tricomas tectores unciformes em feijoeiro (Oriani, 2000)

Morfológicas

III. Pilosidade

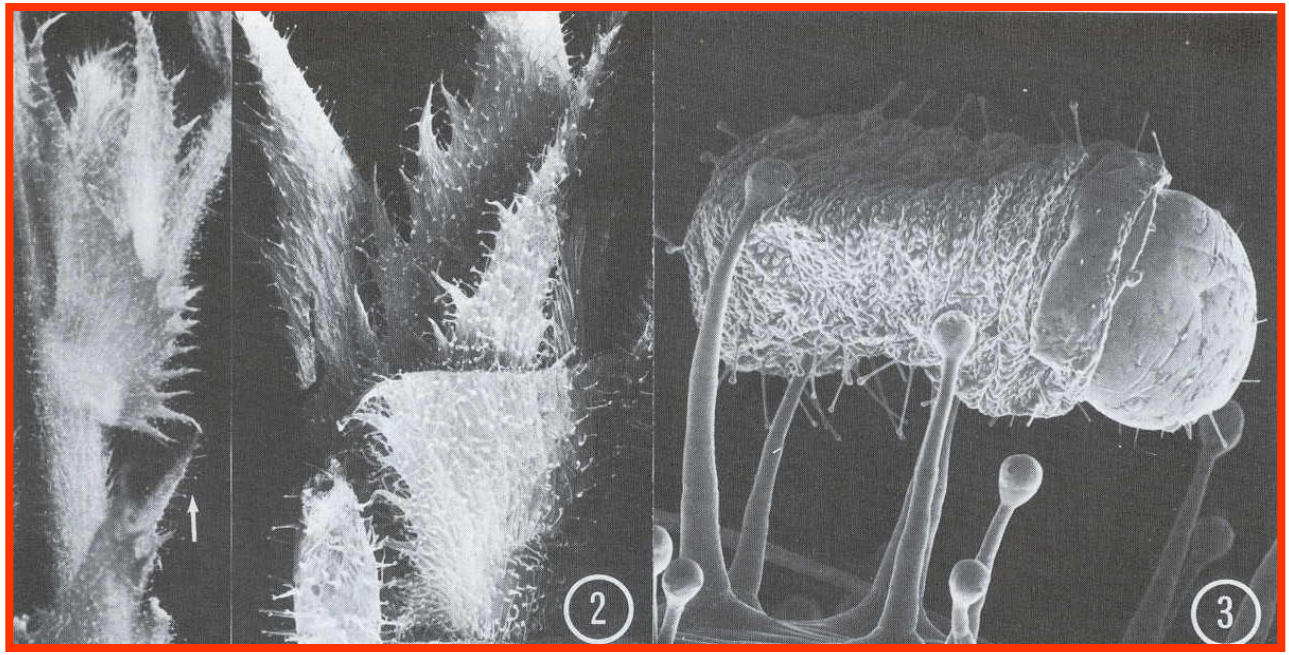




Tricomas glandulares ou secretores

Morfológicas

III. Pilosidade



Tricomas glandulares em ramos de *Medicago sccutellata* (x 6 em 1; x 9,2 em 2) e larva de 1º ínstar de *Hypera postica* aderida (x 140) (Kreitner & Sorensen, 1983)

Morfológicas

III. Pilosidade

Pulgão caminhando sobre folhas de batata contendo tricomas glandulares

Prof. Dr. Vendramim

Químicas

1. Metabolismo do inseto:

✓ afeta a biologia (antibiose);

2. Impropriedades nutricionais da planta:

✓ ausência ou deficiência de nutrientes para o inseto;

3. Comportamento do inseto (aleloquímicos):

Cairomônios;

Alomônios.

Lara, 1991

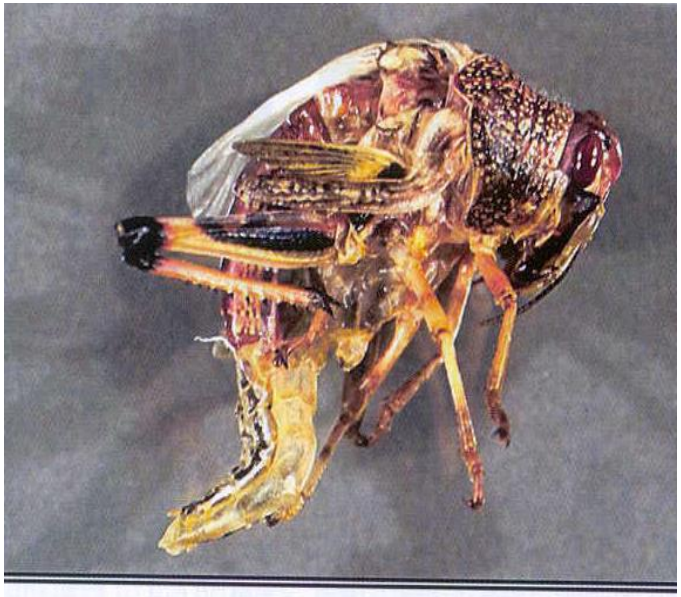
Químicas

1. Metabolismo do inseto:

- ✓ afeta a biologia (antibiose);
- ✓ antibióticos:
- ✓ toxinas (provocam intoxicação aguda ou crônica no inseto);
- ✓ fatores redutores de digestibilidade (interferem nos processos normais de utilização de alimento pelo inseto).

- ✓ Exemplo: Rutina e genisteína x Desfolhadores da soja

Lara, 1991



Efeito do aleloquímico azadiractina sobre insetos

Prof. Dr. Vendramim

Fatores que afetam a Resistência

Fatores que afetam a Resistência

- Além da genética → Interação Inseto-Planta;

1. Planta;
2. Inseto;
3. Abióticos.

Lara, 1991; Smith, 2005

Fatores que afetam a Resistência

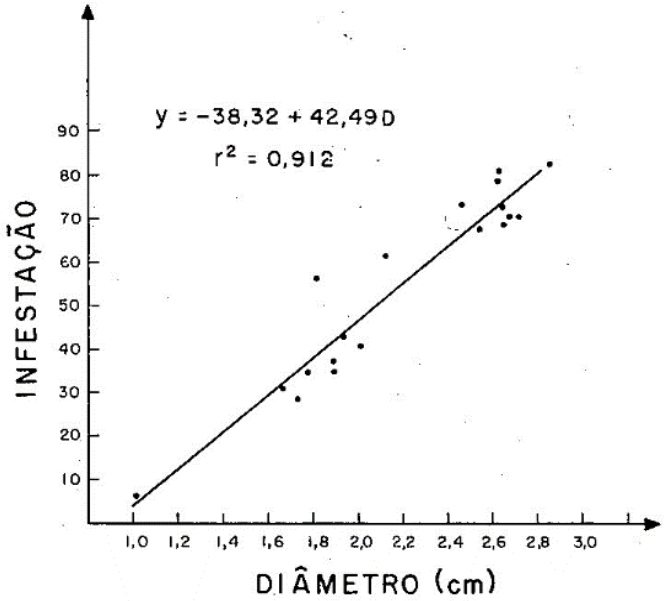
- **Fatores da Planta:**

✓ Idade;
✓ Parte infestada da planta;
✓ Altura;
✓ Diâmetro;
✓ Infestação anterior por doenças ou outras pragas;
✓ Enxertia;
✓ Densidade;
✓ Plantas adjacentes e cultivos anteriores.

Lara, 1991; Smith, 2005

Fatores que afetam a Resistência

A) Diâmetro



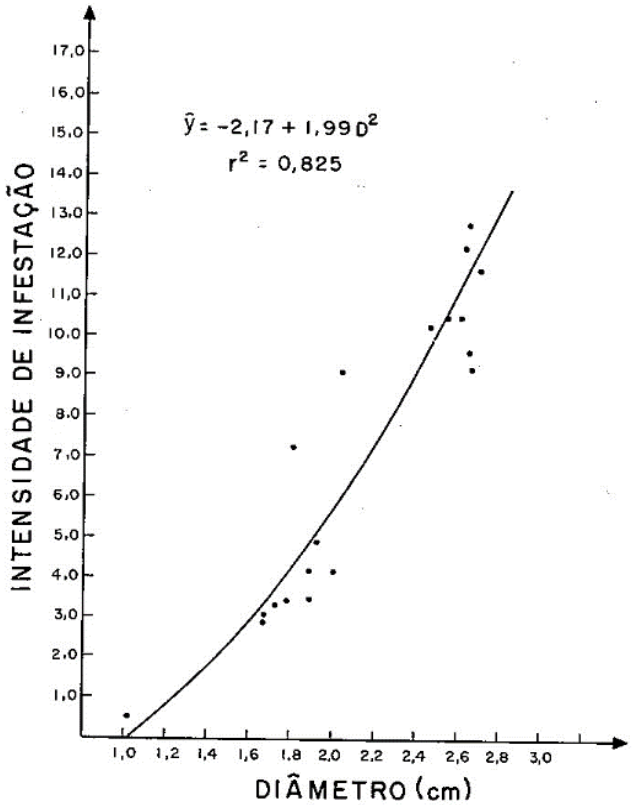


Figura. Regressão de médias de infestação e intensidade de infestação de *Diatraea saccharalis e* diâmetro em clones de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) (Lourenção et al., 1982).

Fatores que afetam a Resistência

B) Infestação anterior por doenças ou outras pragas;

Horas após o dano de *A. flava*	Área foliar consumida por *Helicoverpa zea,* após 48 h (mm^2)		
	N	Plantas atacadas por *A. flava**	Plantas danificadas mecanicamente*
0	15	23,5 ± 0,3 a	45,0 ± 2,1 a
24	15	32,0 ± 0,1 ab	45,1 ± 0,6 a
48	15	30,5 ± 0,3 ab	31,5 ± 2,5 a
72	15	34,9 ± 0,3 ab	36,4 ± 2,5 a
Controle		41,7 ± 1,2 b	41,7 ± 1,2 a

Tabela. Área foliar (±EP) consumida por *Helicoverpa zea* em plantas de algodão previamente danificadas mecanicamente ou atacadas por *Anomis flava* (Kranthi et al., 2003).

Fatores que afetam a Resistência

- **Fatores do Inseto:**

✓ Fase e idade;

✓ Espécie, raça, biótipo;

✓ Condicionamento pré-imaginal;

✓ Tamanho da população (nível e duração da infestação);

✓ Sexo;

✓ Período de atividade.

Lara, 1991; Smith, 2005

Fatores que afetam a Resistência

a) Nível de infestação;

Tabela. Médias (±DP) de massas de ovos de *Spodoptera frugiperda* em plantas de algodão BRS Ita 90, em diferentes densidades de casais (Boiça Júnior et al., 2013).

Número de casais/planta	Massa de ovos
1	6,2 ± 1,0 b
2	7,1 ± 1,3 b
3	14,5 ± 2,0 a
4	20,9 ± 1,5 a
F	18,12**
CV (%)	20,77
DMS	0,87

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Fatores que afetam a Resistência

- Fatores do Ambiente:

✓ Temperatura;
✓ Umidade;
✓ Fertilidade do solo;
✓ Luz;
✓ Tamanho das parcelas.

Lara, 1991; Smith, 2005

Técnicas de pesquisa

1. **Parâmetros relativos aos insetos;**

2. **Parâmetros relativos às plantas.**

Lara, 1991; Smith, 2005

Técnicas de pesquisa

- **1. Parâmetros relativos ao inseto:**

✓ **População;**

✓ **Oviposição;**

✓ **Alimentação (área, peso do alimento, tempo ou resíduos fecais);**

✓ **Peso e tamanho;**

✓ **Duração do ciclo biológico;**

✓ **Mortalidade;**

✓ **Fecundidade.**

Lara, 1991; Smith, 2005

Técnicas de pesquisa

- **2. Parâmetros relativos à planta:**

✓ **Mortalidade;**

✓ **Destruição dos órgãos vegetais;**

✓ **Produtividade;**

✓ **Qualidade do produto.**

Lara, 1991; Smith, 2005

Técnicas de pesquisa

Sem chance de escolha

Técnicas de pesquisa

Com chance de escolha

Considerações finais

- **Resistência de Plantas como tática ao MIP;**
- **Vantagens/Desvantagens:**
- **Integração de áreas de pesquisa;**
- **Pesquisas futuras.**

Obrigado

jpbentivenha@gmail.com

PBL

Avaliando-se a resistência de genótipos de soja frente ao ataque de *Euschistus heros,* foram obtidos os seguintes resultados. Julgue os materiais quanto à suscetibilidade e/ou resistência, indicando o possível tipo de resistência presente em cada genótipo.

Genótipos	Nº de Insetos	Nº de posturas	Mortal. ninfal (%)	Peso Ad.	Vagens danif. (%)	Prod. (Kg/ha)	Redução na produt. (%)
Conquista	25.4 a	15.0 a	12.5 c	0.24 a	35.0 a	1.742 c	52
BMX-Potência	19.3 b	12.0 b	15.3 c	0.23 a	36.4 a	2.742 b	12
IAC-19	9.0 d	6.6 c	45.4 b	0.23 a	11.1 b	2.894 a	17
BRS-242	23.7a	17.2 a	7.9 d	0.26 a	31.0 a	1.847 c	48
PI 227647	14.3 b	9.3 b	87.2 a	0.12 b	12.0 b	2.914 a	16