



## Controle Químico de Pragas

**Pedro Takao Yamamoto**  
Departamento de Entomologia e  
Acarologia  
ESALQ/USP



## O que é inseticida?



São compostos químicos que aplicados direta ou indiretamente sobre os insetos, em concentrações adequadas, provocam a sua morte.



## Requisitos para Escolha do Inseticida



- 1) Alvo de controle (identificação);
- 2) Modo de ação do agroquímico;
- 3) Época do ano;
- 4) Nível populacional;
- 5) Formulação mais adequada;
- 6) Seletividade aos inimigos naturais;
- 7) Equipamento disponível.



## Mecanismo de Ação dos Inseticidas



## Mecanismo de Ação dos Inseticidas



- Grupos de Inseticidas por MOA (Omoto, 2002)
  - Neurotóxicos
  - Reguladores de Crescimento de Insetos
  - Inibidores da Respiração Celular
  - Outros
    - Fagoderretes
    - Desintegradores do mesêntero



## Mecanismo de Ação dos Inseticidas



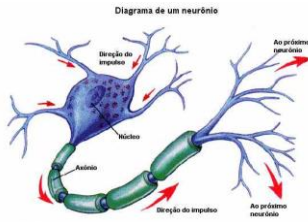
➔ Que atuam no sistema nervoso dos insetos

1. Elementos do sistema nervoso de insetos
  - Elemento básico: célula nervosa (= neurônio)





### Mecanismo de Ação dos Inseticidas



### Mecanismo de Ação dos Inseticidas



#### Transmissão de impulso nervoso

#### • Processos Elétricos: Transmissão Axônica



#### • Processos Químicos: Transmissão Sináptica

**SINÁPSE:** A fenda que separa dois neurônios



### Mecanismo de Ação dos Inseticidas



#### • Neurotóxicos

– Atuam na Transmissão Sináptica

- ♦ **Inibidores da enzima acetilcolinesterase**
  - organofosforados e carbamatos
- ♦ **Agonistas da acetilcolina**
  - nicotina, neostigmina e fisostigmina
- ♦ **Antagonistas da acetilcolina**
  - curap
- ♦ **Agonistas do GABA**
  - avermectinas e milbemecinas
- ♦ **Antagonistas do GABA**
  - ciclodios e fenil-pirazóis



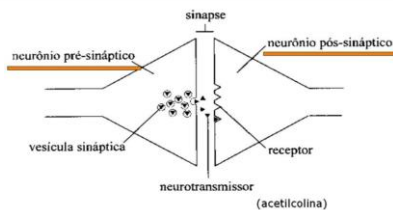
### Mecanismo de Ação dos Inseticidas Neurotransmissores



- **Acetilcolina:** Excitatório, presente no sistema nervoso central
- **Glutamato:** Excitatório, presente em junções neuromusculares
- **Octapamina:** Excitatório, associados a neurônios dorsal mediano despareado
- **GABA:** Inibitório, presente no sistema nervoso central de insetos e junções neuromusculares



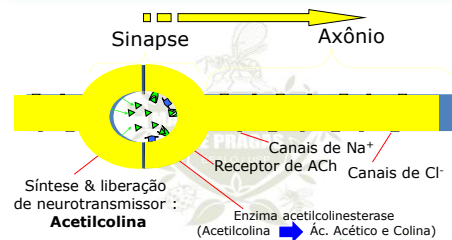
### Mecanismo de Ação dos Inseticidas



Fonte: Celso Omoto



### Transmissão do Impulso



**Inibidores de Acetilcolinesterase**

Enzima: Acetilcolinesterase

Membrana Pré-sináptica

Síntese & liberação de neurotransmissor: Acetilcolina

Receptor de ACh

**Fosforados e Carbamatos ligam-se à Acetilcolinesterase, inibindo a sua ação**

⇒ **excitação - tremores - morte!**

**Agonistas da Acetilcolina**  
Ex.: imidacloprid

Enzima: Acetilcolinesterase

Membrana Pré-sináptica

Síntese & liberação de neurotransmissor: Acetilcolina

Receptor de ACh

**Os neonicotinoides imitam o neurotransmissor excitatório (acetilcolina)**

**Acetilcolinesterase não consegue degradar as moléculas de neonicotinoides.**

⇒ **excitação - tremores - morte!**

**Agonistas de Acetilcolina**  
Ex.: spinosad

Enzima: Acetilcolinesterase

Membrana Pré-sináptica

Síntese & liberação de neurotransmissor: Acetilcolina

Receptor de ACh

**O spinosad liga-se ao receptor nicotínico de acetilcolina (em sítio distinto da ligação por neonicotinoides) provocando uma mudança na conformação**

⇒ **excitação - tremores - morte!**

**Mecanismo de Ação dos Inseticidas**

- **Antagonistas** da acetilcolina – Cartap
- Cartap tem ação contrária à da acetilcolina
- **Compete com a acetilcolina pelos seus receptores**
- Conhecidos também como bloqueadores dos receptores nicotínicos da acetilcolina
- A intoxicação é observada a partir da interrupção da transmissão de impulso nervoso.
- Principais sintomas: **parálisia e eventual morte.**

**Inibidores de Acetilcolinesterase**

Enzima: Acetilcolinesterase

Membrana Pré-sináptica

Síntese & liberação de neurotransmissor: Acetilcolina

Receptor de ACh

**Cartap compete com a acetilcolina pelos seus receptores e tem ação contrária à da acetilcolina interrompendo a transmissão de impulso nervoso**

⇒ **Parálisia e eventual morte!**

**Transmissão do Impulso**

Sinapse

Axonio

Canais de Na<sup>+</sup>

Receptor de ACh

Canais de Cl<sup>-</sup>

Síntese & liberação de neurotransmissor: Acetilcolina

Enzima acetilcolinesterase (Acetilcolina → Ác. Acético e Colina)



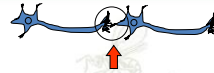
### Mecanismo de Ação dos Inseticidas Neurotransmissores



- **Acetilcolina:** Excitatório, presente no sistema nervoso central
- **Glutamato:** Excitatório, presente em junções neuromusculares
- **Octapamina:** Excitatório, associados a neurônios dorsal mediano desapareado
- **GABA:** Inibitório, presente no sistema nervoso central de insetos e junções neuromusculares



### Mecanismo de Ação dos Inseticidas



- **Processo Normal:** Após a ligação normal de GABA ao seu receptor pós-sináptico, há um aumento na permeabilidade da membrana aos íons cloro (Fluxo de  $Cl^-$  para dentro da célula nervosa), o que desencadeia o mecanismo inibitório do sistema nervoso.



### Mecanismo de Ação dos Inseticidas



- **Antagonistas do GABA**  
– Ciclodienos e fenilpirezóis
- Antagonizam a ação do neurotransmissor **inibitório** GABA (ácido  $\gamma$ -amino butírico).
- Impedem que, após a transmissão normal de um impulso nervoso, se desencadeie o processo normal de inibição que restabelece o estado de repouso do sistema nervoso central.
- Os **ciclodienos** e **fenilpirezóis** afetam este mecanismo fisiológico, **impedindo a entrada de íons  $Cl^-$**  no neurônio e assim antagonizando o efeito "calmante" do GABA.
- Sintomas de intoxicação: **tremores, convulsões e, eventualmente, colapso do sistema nervoso central e morte.**



### Mecanismo de Ação dos Inseticidas



- **Agonistas do GABA**  
– avermectinas e milbemicinas
- Agem de forma diferente dos antagonista do GABA.
- Super-inibem o sistema nervoso central.
- As avermectinas competem com o GABA, ligando-se ao seu receptor específico na membrana pós-sináptica e estimulando o fluxo de  $Cl^-$  para o interior da célula nervosa, desta forma "imitando" o efeito calmante do GABA.
- Ligação irreversível.
- **Sintomas: Ataxia e paralisia**
- Alimentação e oviposição cessam pouco tempo após a exposição, mas a morte propriamente dita ocorre depois de alguns dias.



### Mecanismo de Ação dos Inseticidas



#### Transmissão de impulso nervoso

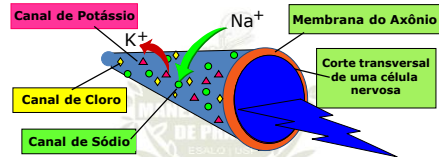
- **Processos Elétricos: Transmissão Axônica**



- **Processos Químicos: Transmissão Sináptica**  
**SINÁPSE:** A fenda que separa dois neurônios



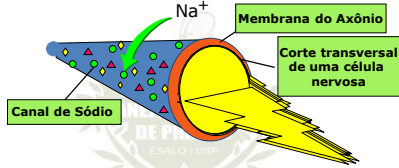
### Transmissão Axônica



**Condição normal:**  $Na^+$  entra na célula, desencadeando a transmissão do impulso nervoso



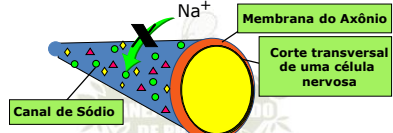
### Moduladores de canais de Na<sup>+</sup> PIRETOIDES e DDT



**Condição alterada:** Na<sup>+</sup> continua entrando na célula nervosa, causando impulsos repetitivos ⇒ exaustão e morte



### Bloqueadores de canais de Na<sup>+</sup> OXADIAZINAS (Indoxacarb)



**Condição alterada:** os canais de Na<sup>+</sup> ficam fechados, bloqueando o fluxo de Na<sup>+</sup> para o interior da célula, impedindo a transmissão dos impulsos nervosos ⇒ **paralisia e morte**



### Mecanismo de Ação dos Inseticidas



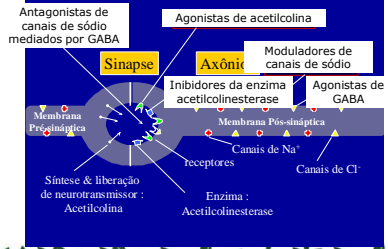
• Neurotóxicos

– Atuam na Transmissão Axônica

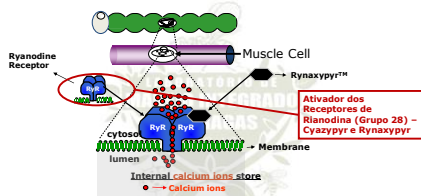
- Moduladores de Canais de Na<sup>+</sup>
  - piretroides e DDT
- Bloqueadores de Canais de Na<sup>+</sup>
  - oxadiazinas



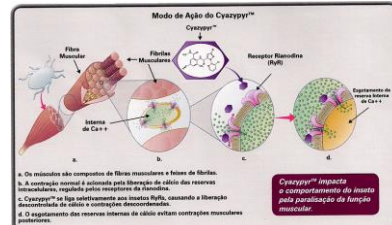
### Mecanismo de Ação dos Inseticidas



### Modo de Ação no Sistema Muscular



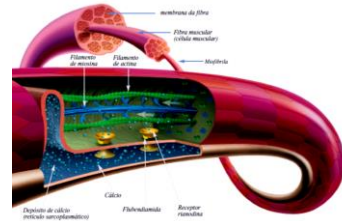
### Modo de Ação no Sistema Muscular





<http://www.dupont.com/products-and-services/crop-protection/vegetable-protection/videos/mode-of-action.html>

## Modo de Ação no Sistema Muscular



## Mecanismo de Ação dos Inseticidas



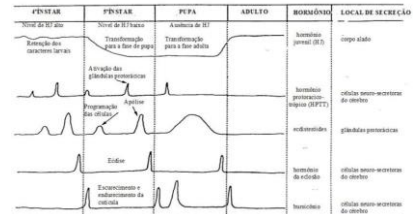
❖ Que atuam como Reguladores de Crescimento de Insetos

### Inibidores da Síntese de Quitina

- QUITINA: principal componente do exosqueleto dos insetos, só é produzida por insetos e por alguns organismos aquáticos
  - interferência na produção de quitina - um alvo seletivo para inseticidas
- Os sintomas se manifestam na muda de pele
- Diflubenzuron (Dimilin) foi o primeiro exemplo
- Outros: Lufenuron (Match), Hexaflumuron (Trueno), etc



## Mecanismo de Ação dos Inseticidas Reguladores de Crescimento de Insetos



Fonte: Celso Omoto



## Mecanismo de Ação dos Inseticidas



➤ Que atuam como Reguladores de Crescimento de Insetos

### Juvenóides (agonistas do HJ)

- Os juvenóides imitam a ação do Hormônio Juvenil (HJ), impedindo que as lagartas empupem (metamorfose incompleta). Ex. Metoprene, piriproxifen

### Anti-Juvenóides (antagonistas do HJ)

- Os anti-HJ interferem na síntese de HJ. Ex. precocenos



## Mecanismo de Ação dos Inseticidas



⊖ Que atuam como Reguladores de Crescimento de Insetos

### Agonistas de Ecdisteróides

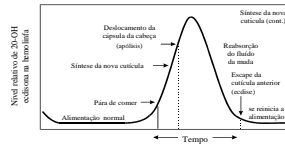
- Provocam uma aceleração no processo da ecdise. Ex. tefubenzozide e methoxyfenozide



## Mecanismo de Ação dos Inseticidas



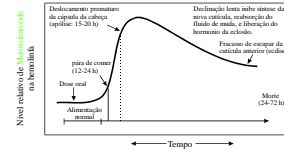
### MUDA TÍPICA (LARVA / LARVA) EM LEPIDOPTERA



## Mecanismo de Ação dos Inseticidas



### MAC MODO DE AÇÃO EM LEPIDOPTERA



## Mecanismo de Ação dos Inseticidas



### • Reguladores de Crescimento de Insetos

- Inibidores da Síntese de Quitina
  - benzofeniluréias, buprofezin<sup>1</sup> e cromoazina<sup>1</sup>
  - <sup>1</sup> = possuem mecanismos diferenciados
- Agonistas do Hormônio Juvenil
  - Juvenóides (p.ex. Piriproxifen, metoprene, fenoxicarb)
- Antagonistas do Hormônio Juvenil
  - anti-juvenóides (precoceos)
- Agonistas de Ecdisteróides
  - MACs (p.ex. tebufenozide e methoxyfenozide)



## Mecanismo de Ação dos Inseticidas



### • Inibidores da Respiração Celular

- Inibidores do Transporte de Elétrons - MET
  - p.ex. rotenona, fenazaquin, piridaben, fenproximate, dicofol<sup>\*\*</sup>
- Inibidores da Síntese de ATP
  - dinitrofenóis (dinocap, binapacril, etc.)
  - organoestânicos (cibaxatin, oxido de fenbutatin, etc.)
  - pirroles (chlorfenvapyr)
- Inibidores da ATPase
  - p.ex. propargite e diafenturion

<sup>\*\*</sup> sitio II



## Mecanismo de Ação dos Inseticidas



- Outros
  - Pimetrozine
    - fagoderrentes - causa bloqueio na alimentação de insetos sugadores, paralisando a glândula salivar dos afídeos.
  - Azadirachtina
    - ação fagoderrente e hormonal
  - *Bacillus thuringiensis* - Bts
    - as endotoxinas de Bt atuam como desintegradores das células epiteliais do mesêntero.