



USO DE HERBICIDAS

Prof.^a Héli da Campos de Mesquita

Herbicidas

- São compostos químicos aplicados em pequenas quantidades que tem a capacidade de matar ou inibir drasticamente o crescimento de certas plantas.
- Os herbicidas são substâncias químicas capazes de **selecionar** populações de plantas. O termo “seleção” se refere à atuação desses produtos, provocando a morte de certas plantas e de outras não.

Seletividade



Herbicidas



Classificação dos Herbicidas

- “Os herbicidas são classificados de acordo com características de cada um, permitindo estabelecer grupos afins com base na **seletividade**, **época de aplicação**, **translocação**, **estrutura química** e o **mecanismo de ação**.”





Classificação dos Herbicidas

- SELETIVIDADE:

Seletivos: Sob algumas condições são mais tolerados por determinadas espécies ou variedades de plantas (culturas) do que por outras. Ex: **2,4-D** pela cana-de-açúcar, **atrazine** pelo milho.

Não-seletivos: Atuam indiscriminadamente sobre todas as espécies de plantas. Ex: **diquat, praquat, glyphosate.**

Como utilizar esses produtos?

Classificação dos Herbicidas

- Não seletivos: Dessecação e aplicação dirigida



Aplicação dirigida, com o uso de proteção. Foto: Francisco Claudio L. de Freitas.

Classificação dos Herbicidas

- Não seletivos: **Biotecnologia – Culturas transgênicas**

Soja RR – Resistente ao Glyphosate



Classificação dos Herbicidas

- Resistência de plantas a herbicidas





Classificação dos Herbicidas

- ÉPOCA DE APLICAÇÃO:

Pré-plantio: Pré-plantio, pré-plantio incorporado (PPI). A finalidade é controlar a população inicial de plantas daninhas. A maioria produtos não seletivos para a cultura, produtos voláteis, de curto residual. Muito utilizados como dessecantes.

Pós-plantio: Pré-emergência, pós-emergência (cultura e plantas daninhas). Seletivos ou não: Forma de absorção do produto (raiz ou folhas).



Classificação dos Herbicidas

- ABSORÇÃO:

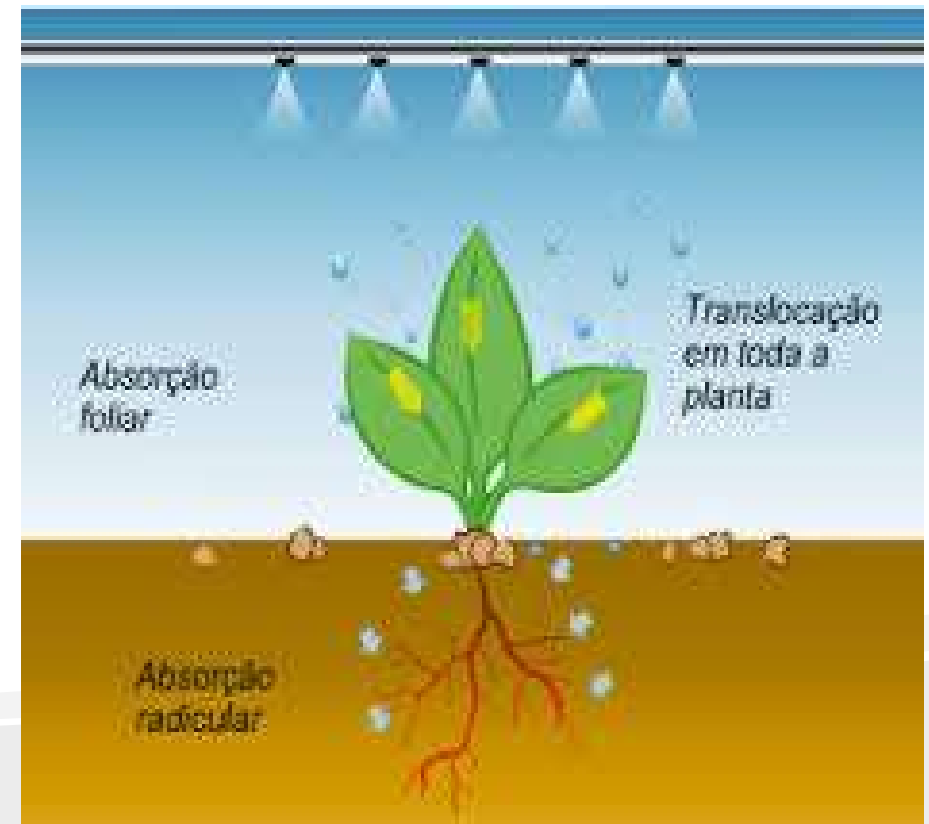
Absorção → translocação → sítio de ação

Classificação dos Herbicidas

- **ABSORÇÃO: Local?**
 - **Folha, flor, fruto, caule.**
 - **Raiz, caulículo, semente.**

- **APLICAÇÃO:**

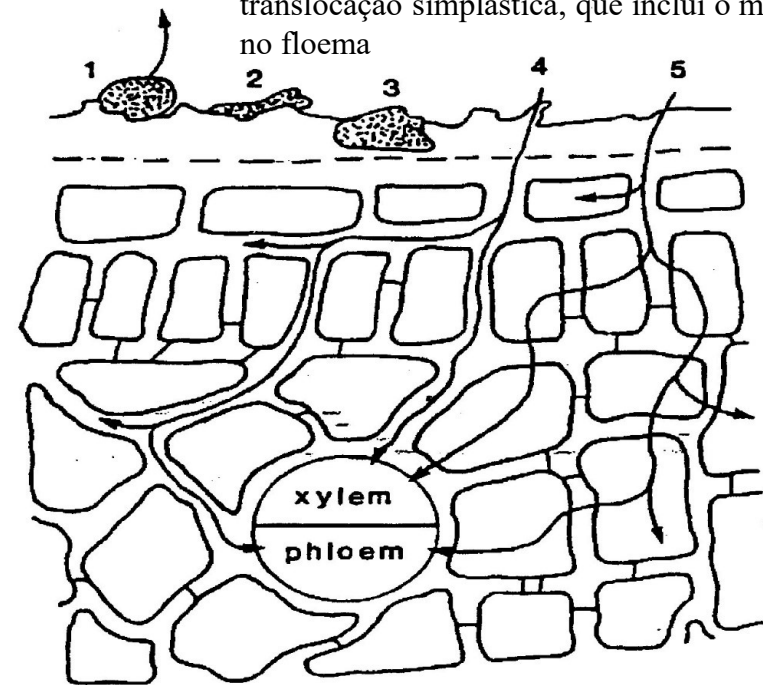
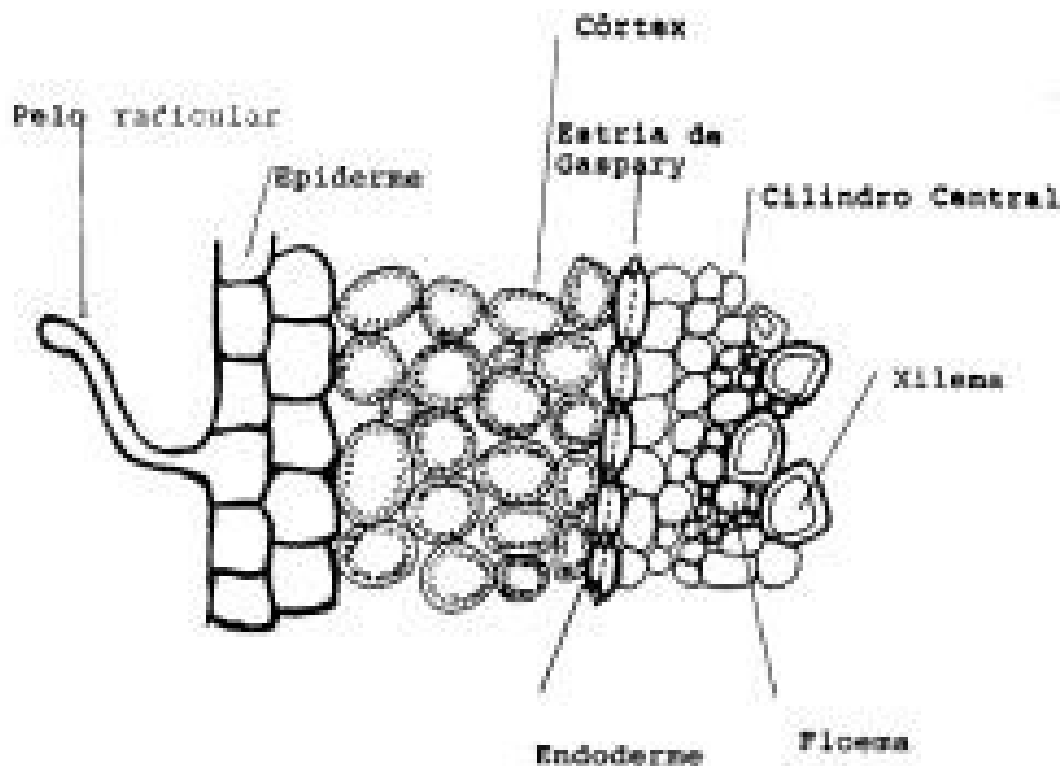
Folha;
Caule;
Solo.



Classificação dos Herbicidas

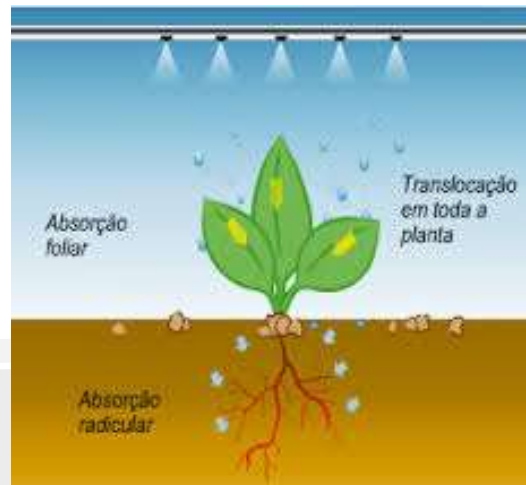
- ABSORÇÃO:

1. volatilizar e perder para atmosfera ou ser lavado pela chuva;
2. permanecer sobre a superfície como um líquido viscoso ou na forma de cristal;
3. penetrar, mas permanecer absorvido nos componentes lipofílicos da cutícula;
4. penetrar na cutícula, na parede celular e então translocar antes de atingir o simplasto - esta é chamada translocação apoplástica, que inclui o movimento no xilema;
5. penetrar na cutícula, na parede celular e atingir o interior da célula (pela plasmalema) - é a translocação simplástica, que inclui o movimento no floema



Classificação dos Herbicidas

- **TRANSLOCAÇÃO NA PLANTA:** como os herbicidas se movimentam na planta?
 - Atuam próximo ao local onde penetrou na planta: **CONTATO**.
 - Necessitam movimentar-se na planta até chegar ao sítio de atuação. Translocam-se via xilema e/ou floema: **SISTÊMICOS**.



Classificação dos Herbicidas

- TRANSLOCAÇÃO NA PLANTA



Herbicida paraquat no milho: **Contato**.



Herbicida Ametryn no mamão: **Sistêmico**.

Classificação dos Herbicidas

- A relação do herbicida com o ambiente





O herbicida e o ambiente

- Volatilização
- Evaporação
- Lixiviação
- Adsorção

Classificação dos Herbicidas

- Como e porquê os herbicidas causam a morte das plantas?

Mecanismos de ação

- Primeira lesão bioquímica ou biofísica que resulta na morte da planta ou na ação final do produto.





Herbicidas: Mecanismos de Ação

- PROCESSOS VITAIS (NA PLANTA):

Mitose

Fotossíntese

Síntese de ácidos

Síntese de lípidios

Síntese de pigmentos...

Inibe ou altera

Herbicidas: Mecanismos de Ação

Herbicidas Registrados para Cultura do Algodão

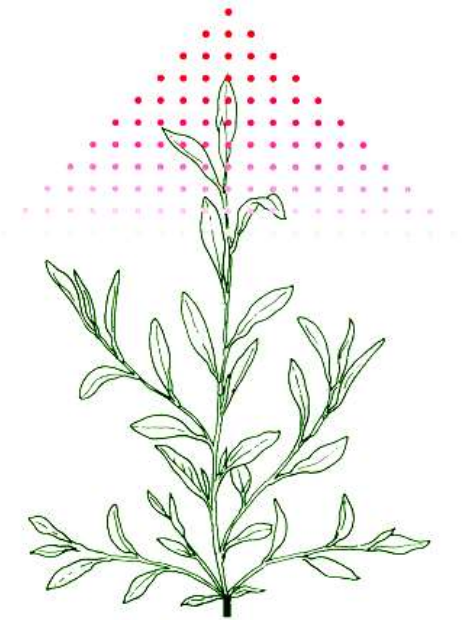
trifluralin, pendimethalin	Mitose
ametryn, diuron	FSII
paraquat	FSI
glyphosate	EPSPs
amônio-glufosinato	GS
pyrithiobac-sodium, trifloxysulfuron-sodium	ALS
clomazone, isoxaflutole	Pigmentos
carfentrazone-ethyl, flumioxazin, oxyfluorfen	PROTOX
fluazifop-p-buthyl, haloxyfop-methyl, quizalofop-p-ethyl, quizalofop-p-tefuryl, sethoxydim, tepraloxydim, clethodim	ACCase
s-metholachlor, alachlor	

Herbicidas: Mecanismos de Ação

- Grupos de produtos químicos que afetam a fisiologia da planta.



© Can Stock Photo - csp5808422



HERBICIDAS DO GRUPO A

INIBIDORES DA ACETIL CoA CARBOXILASE (ACCase)



Grupo A

“FOPs” e “PROPs”

diclofop – Iloxan

fenoxaprop – Whip

fluazifop – Fusilade

haloxyfop – Verdict

propaquizafop – Shogun

quizalofop – Panther

cyhalofop - Clincher



Grupo A

“DIMs”

butroxydim – Falcon

clethodim – Select

sethoxydim – Poast

tepraloxydin – Aramo

clefoxydim - Aura

Grupo A

Mecanismo de ação

Acetil-CoA + CO₂



Acetil CoA Carboxilase (ACCase)

Malonil-CoA



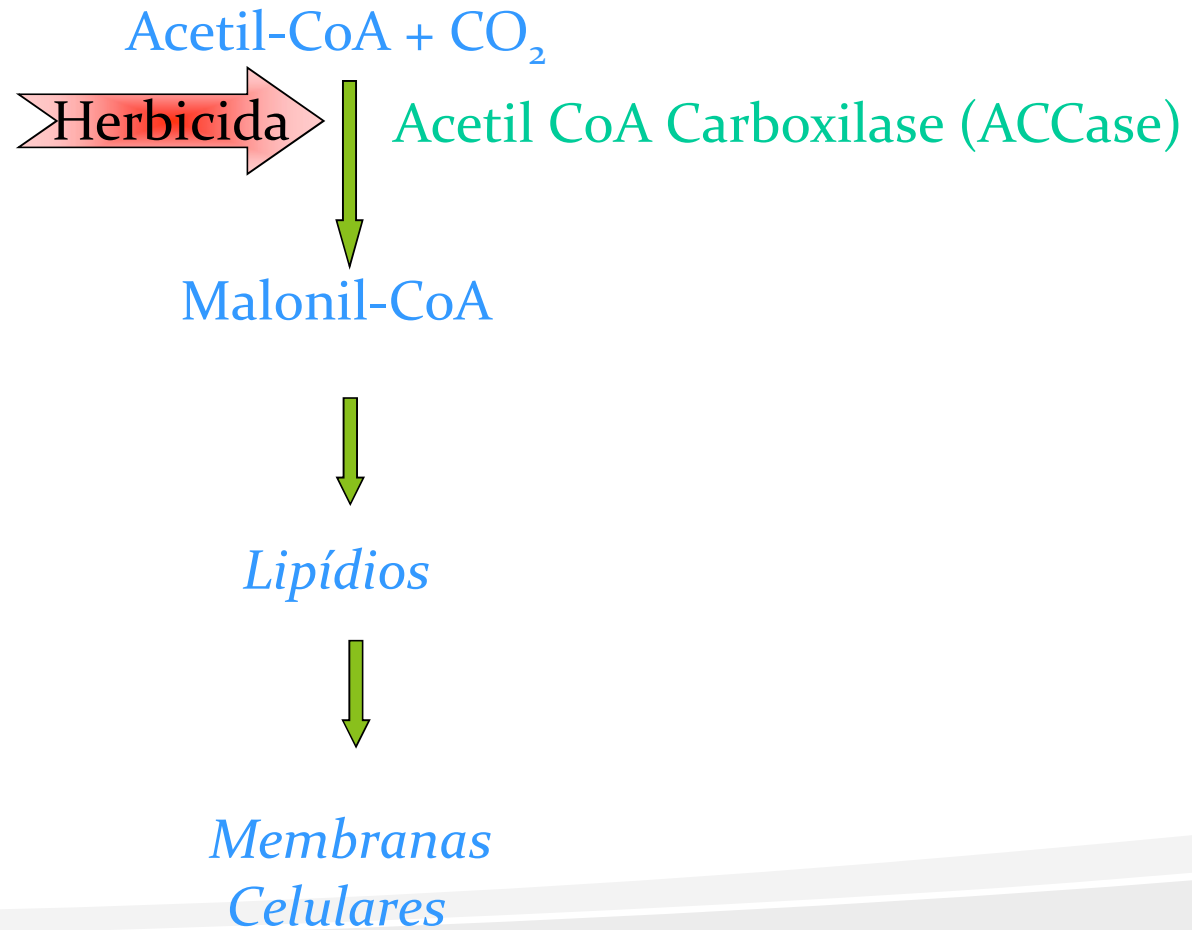
Lipídios



*Membranas
Celulares*

Grupo A

Mecanismo de ação





Grupo A

Características e Sintomas

- ✓ Graminicida
- ✓ Espécies não gramíneas – resistentes
- ✓ Rapidamente absorvido pelas folhas
- ✓ Mais eficaz em plantas não estressadas
- ✓ Morte lenta (≥ 1 semana)
- ✓ 32 spp de plantas daninhas resistentes
- ✓ Rápida paralização de crescimento de raízes e brotos
- ✓ Pigmentação avermelhada (2 a 4 dias)
- ✓ Necrose da região meristemática
- ✓ Degradação lenta no solo
- ✓ Sem atividade no solo
- ✓ Antagônico com herbicidas de folhas largas

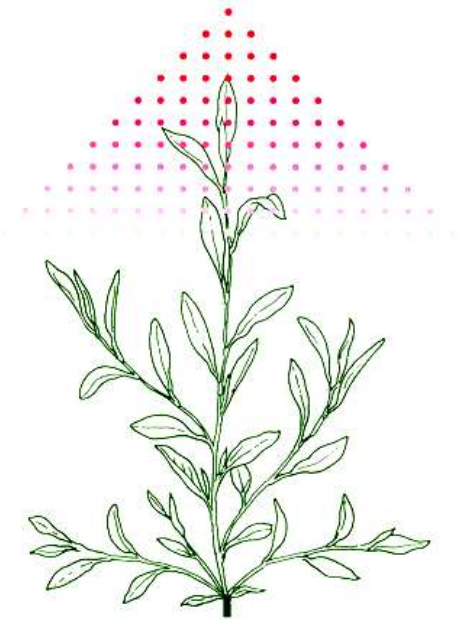
Herbicidas: Mecanismos de Ação



Nicosulfuron na cultura do milho



Clethodim na cultura do milho



HERBICIDAS DO GRUPO B

INIBIDORES DA ACETOLACTATO SINTASE (ALS)



Grupo B

IMIDAZOLINONES

imazapyr - Arsenal

imazaquin - Scepter

imazethapyr - Pivot

imazamox - Sweeper

TRIAZOLOPYRIMIDINES

flumetsulam - Scorpion

diclosulam - Spider

cloransulam - Pacto



Grupo B

SULFONYLUREAS

chlorimuron - Classic

hlosulfuron - Oust

metsulfuron - Ally

nicosulfuron - Sanson

pirazosulfuron - Sirius

oxasulfuron - Chart

flazasulfuron - Katana

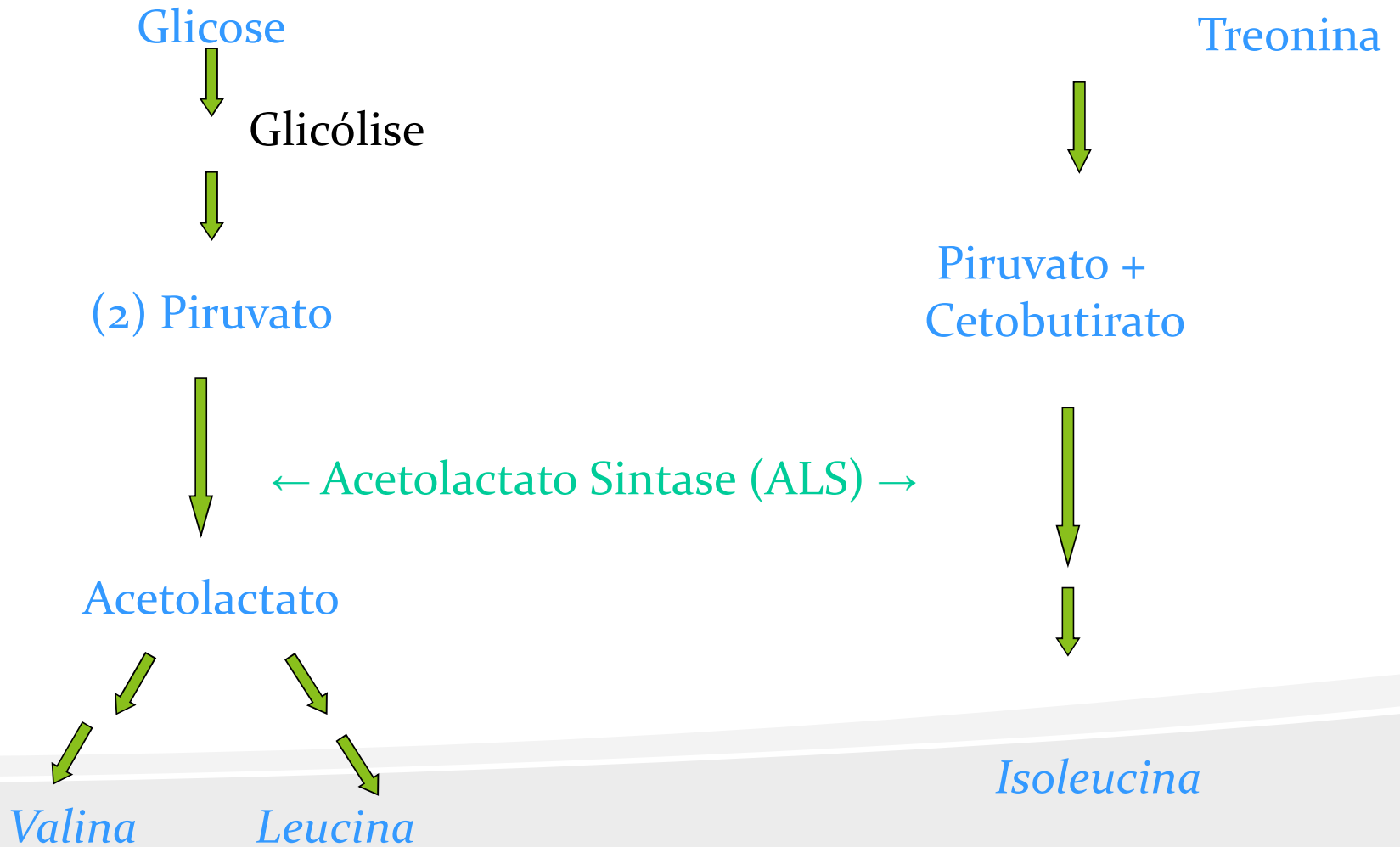
PYRIMIDINYLBENZOATES

pyrithiobac - Staple

bispyribac - Nominee

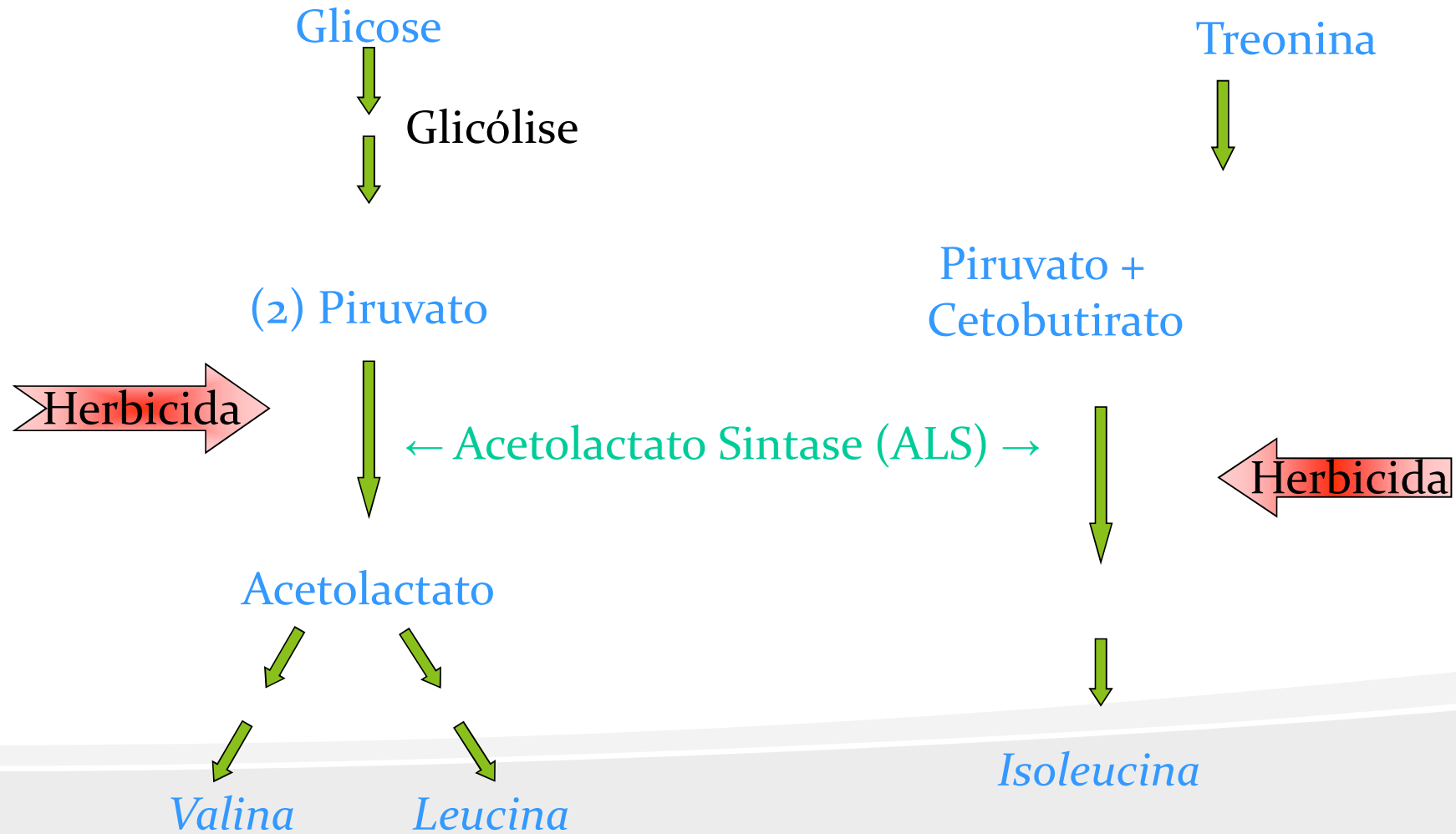
Grupo B

Mecanismo de ação



Grupo B

Mecanismo de ação





Grupo B

Características e Sintomas

- ✓ Usado em baixas doses
- ✓ Controle de gramíneas e folhas largas
- ✓ Atividade no solo e nas folhas
- ✓ Paralisação do crescimento em poucas horas
- ✓ Morte pode levar até semanas
- ✓ Aparecimento de pigmentos vermelhos ou roxos
- ✓ Folhas sofrem abscisão
- ✓ Encurtamento dos entrenós
- ✓ Espessamento da base do caule
- ✓ Pouco desenvolvimento da raiz secundária
- ✓ 80 spp de plantas daninhas resistentes

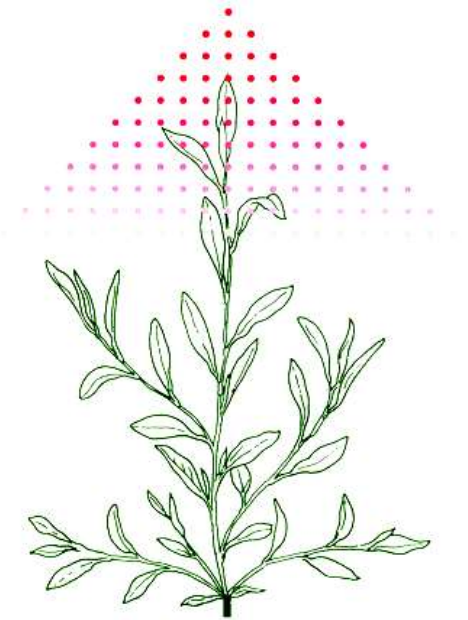
Herbicidas: Mecanismos de Ação



Nicosulfuron na cultura do milho



Clethodim na cultura do milho



HERBICIDAS DO GRUPO C

INIBIDORES DA FOTOSÍNTESE (FOTOSISTEMA II)



Grupo C

C1 - TRIAZINES

ametryne – Gesapax

atrazine – Gesaprim

cyanazine – Bladex

prometryne – Gesagard

simazine – Topeze

metribuzin – Sencor

hexazinone – Velpar



Grupo C

C2 - UREAS

diuron – Karmex

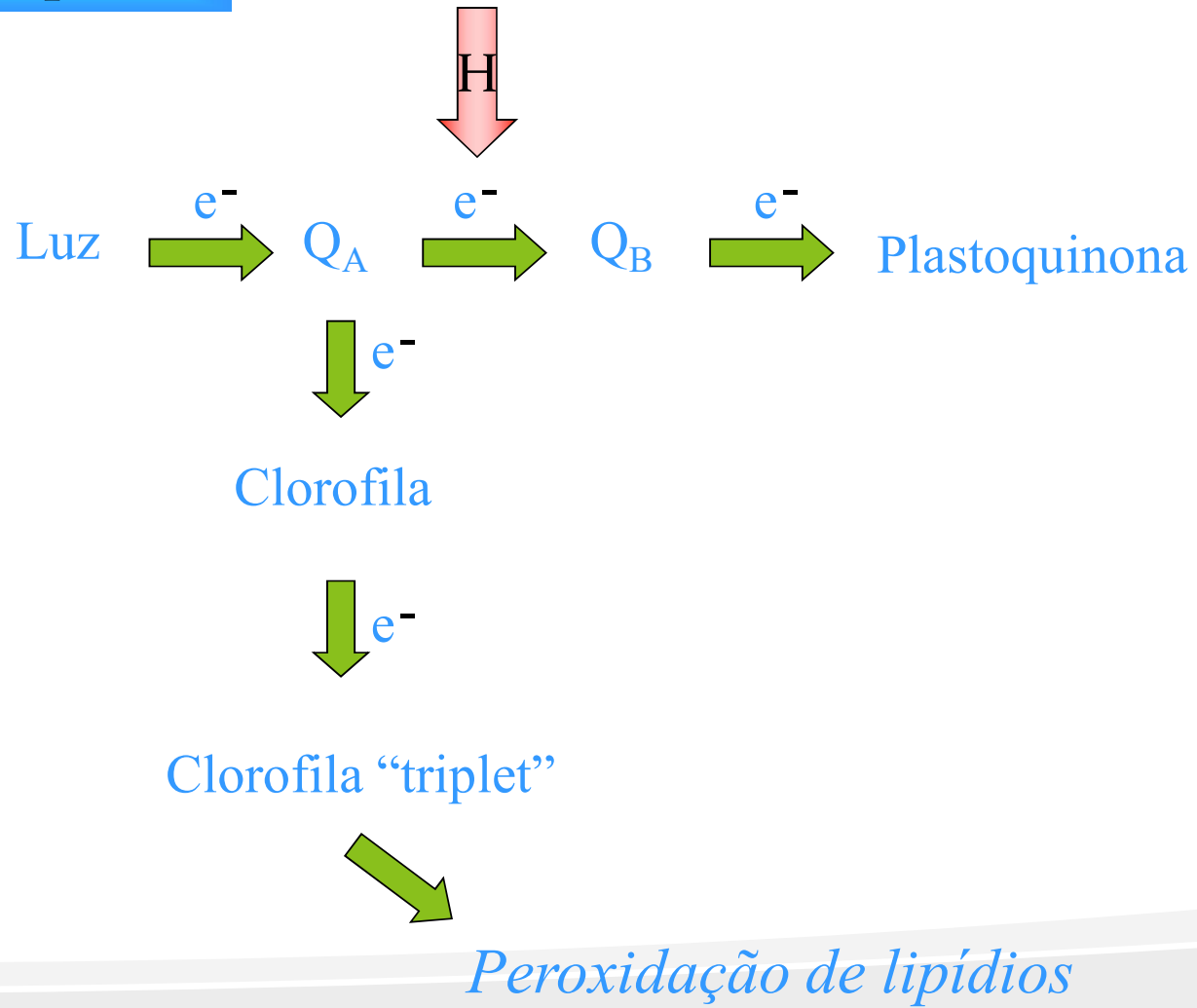
linuron – Lorox

tebuthiuron – Combine

C3 - BENZOTHIADIAZINONE

bentazon – Basagran

Grupo C





Grupo C

Características e Sintomas

- ✓ Clorose foliar → necrose
- ✓ Não tem efeito direto sobre crescimento de raízes
- ✓ Injúria (poucos dias)
- ✓ Inibição do crescimento da planta
- ✓ 86 spp de plantas daninhas resistentes

Classificação dos Herbicidas

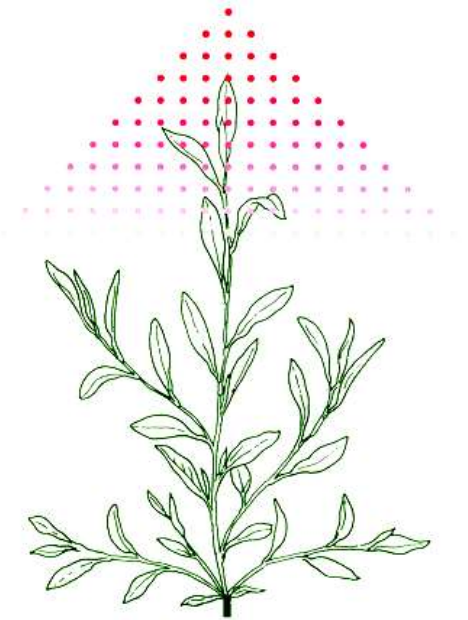
- TRANSLOCAÇÃO NA PLANTA



Herbicida paraquat no milho: **Contato**.



Herbicida Ametryn no mamão: **Sistêmico**.



HERBICIDAS DO GRUPO D

INIBIDORES DA FOTOSÍNTESE (FOTOSISTEMA I)



Grupo D

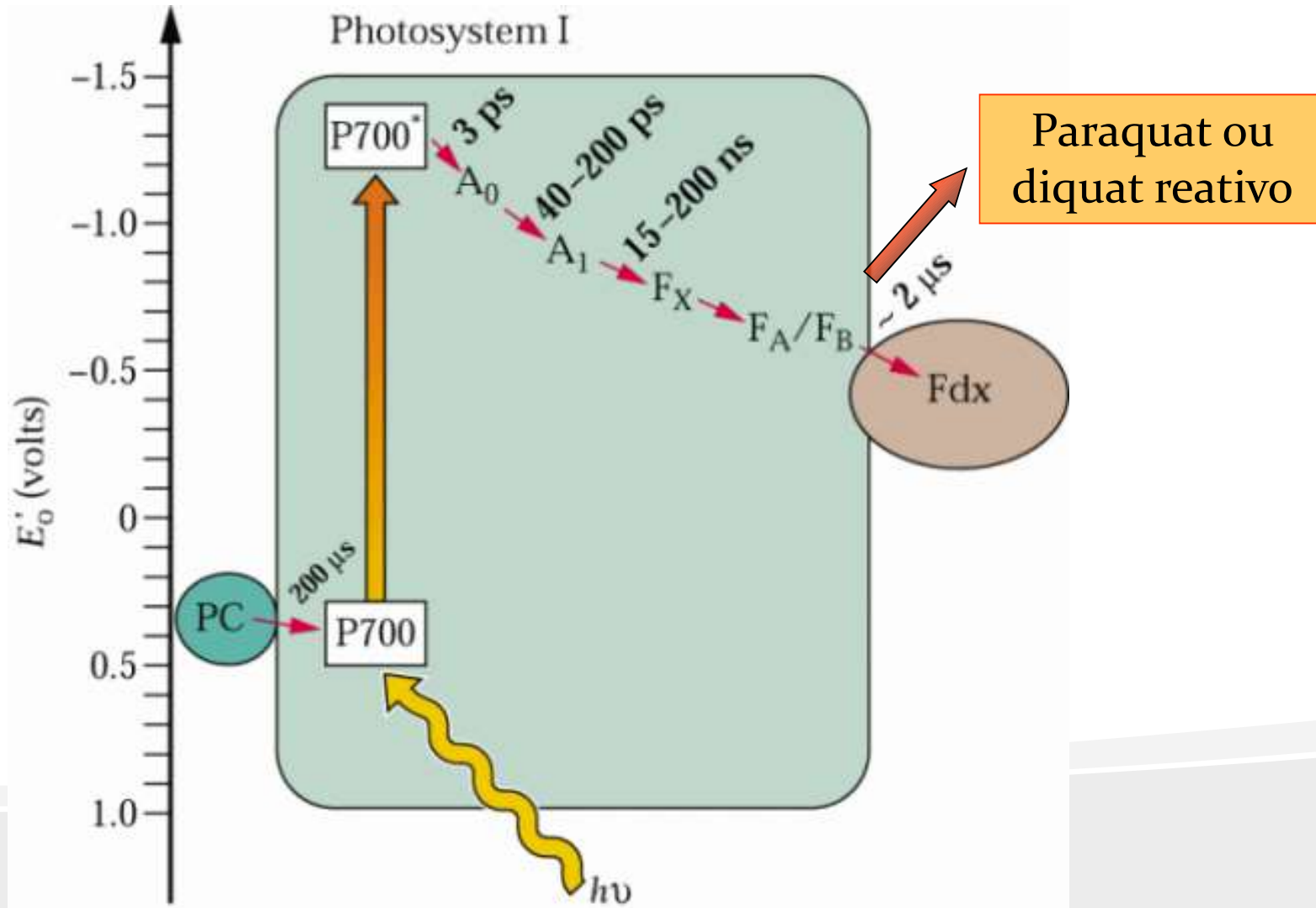
BIPYRIDYLIUMS

paraquat - Gramoxone

diquat - Reglone

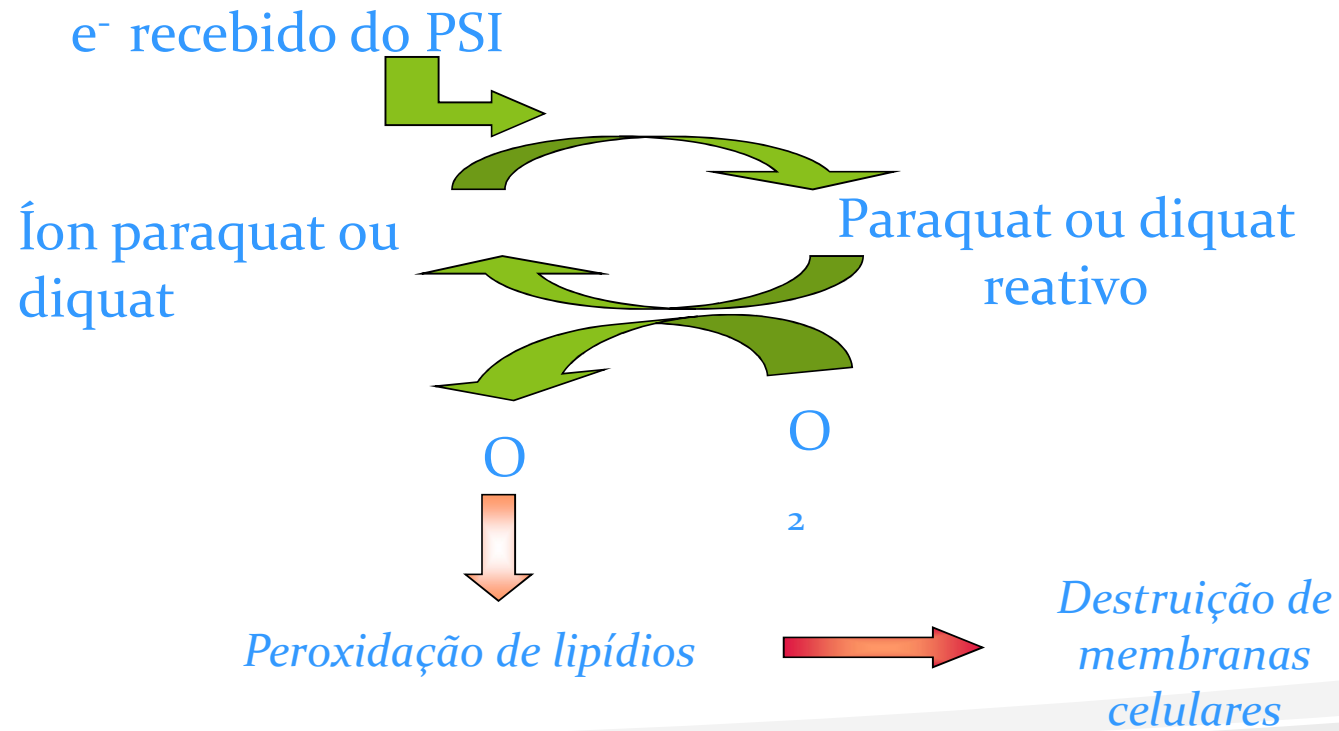


Grupo D



Grupo D

Mecanismo de ação

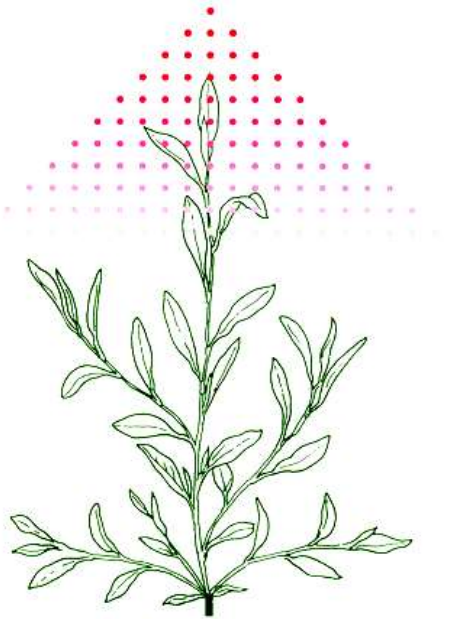




Grupo D

Características e Sintomas

- ✓ Manchas verde escuras → murcha → necrose
- ✓ Herbicida de contato
- ✓ Ação mais rápida na luz do que no escuro
- ✓ Fortemente adsorvido por colóides do solo
- ✓ Plantas são mortas rapidamente (1-2 dias)
- ✓ 22 spp de plantas daninhas resistentes



HERBICIDAS DO GRUPO E

INIBIDORES DA PROTOPORFIRINOGENO
OXIDASE (PROTOX OU PPO)



Grupo E

DIPHENYLEETHERS

acifluorfen – Blazer

oxyfluorfen – Goal

fomesafen – Flex

lactofen – Cobra

PHTHALIMIDES

flumiclorac – Radiant

flumioxazin – Flumyzin



Grupo E

OXADIAZOLES

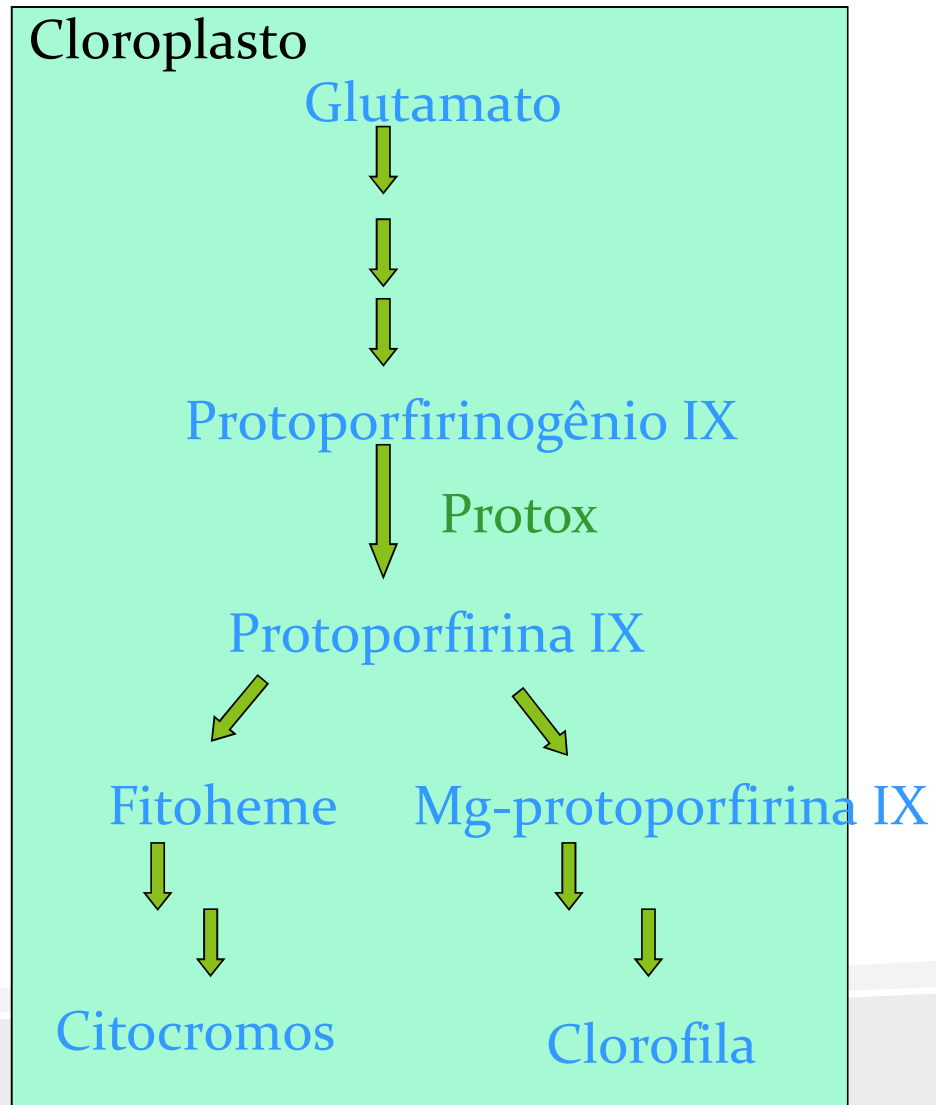
oxadiazon – Ronstar

TRIAZOLINONES

sulfentrazone – Boral
carfentrazone – Aurora
azafenidin – Milestones

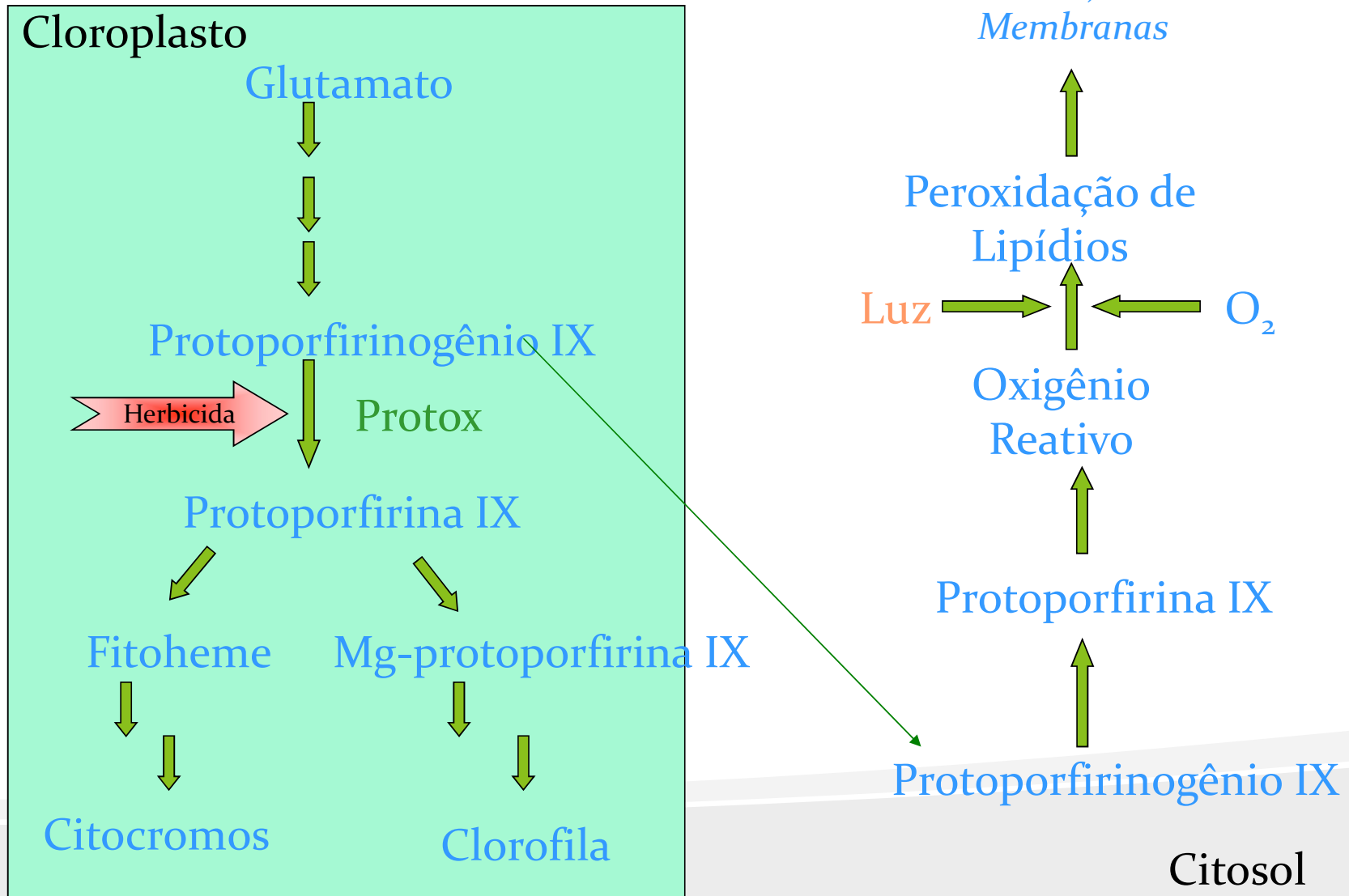
Grupo E

Mecanismo de ação



Grupo E

Mecanismo de ação

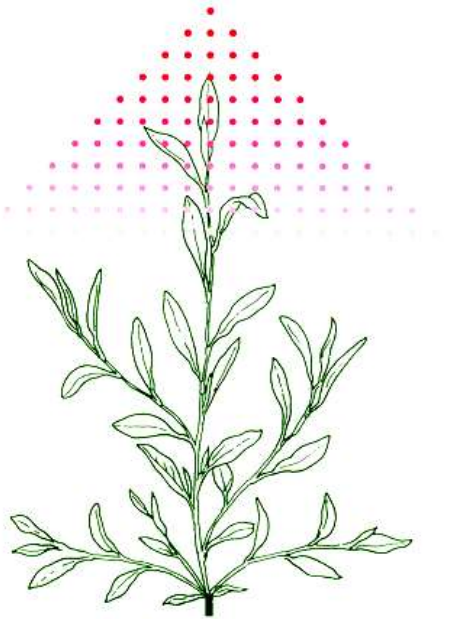




Grupo E

Características e Sintomas

- ✓ Pontos necróticos (2 dias)
- ✓ Herbicida de contato
- ✓ Requer luz para atividade
- ✓ Fortemente adsorvido por matéria orgânica
- ✓ Altamente adsorvido pelo solo
- ✓ 1 sp de planta daninha resistente



HERBICIDAS DO GRUPO F

INIBIDORES DA BIOSÍNTESE DE CAROTENÓIDES



Grupo F

F1 - PYRIDAZINONE

norflurazon – Zorial

F2 – ISOXAZOLE e TRIKETONE

isoxaflutole – Provence

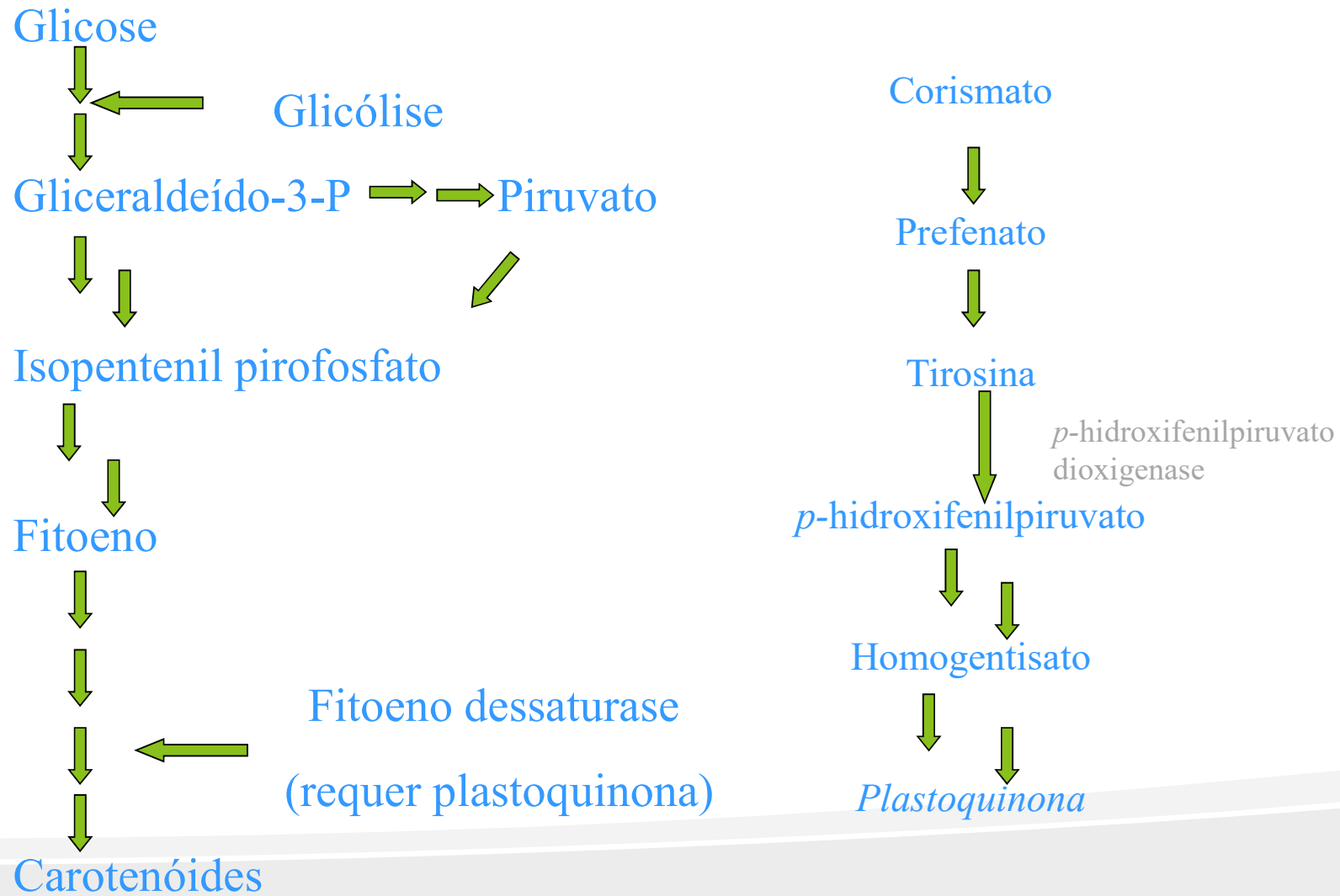
mesotrione - Callisto

F3 - ISOXAZOLIDINONE

clomazone – Gamit

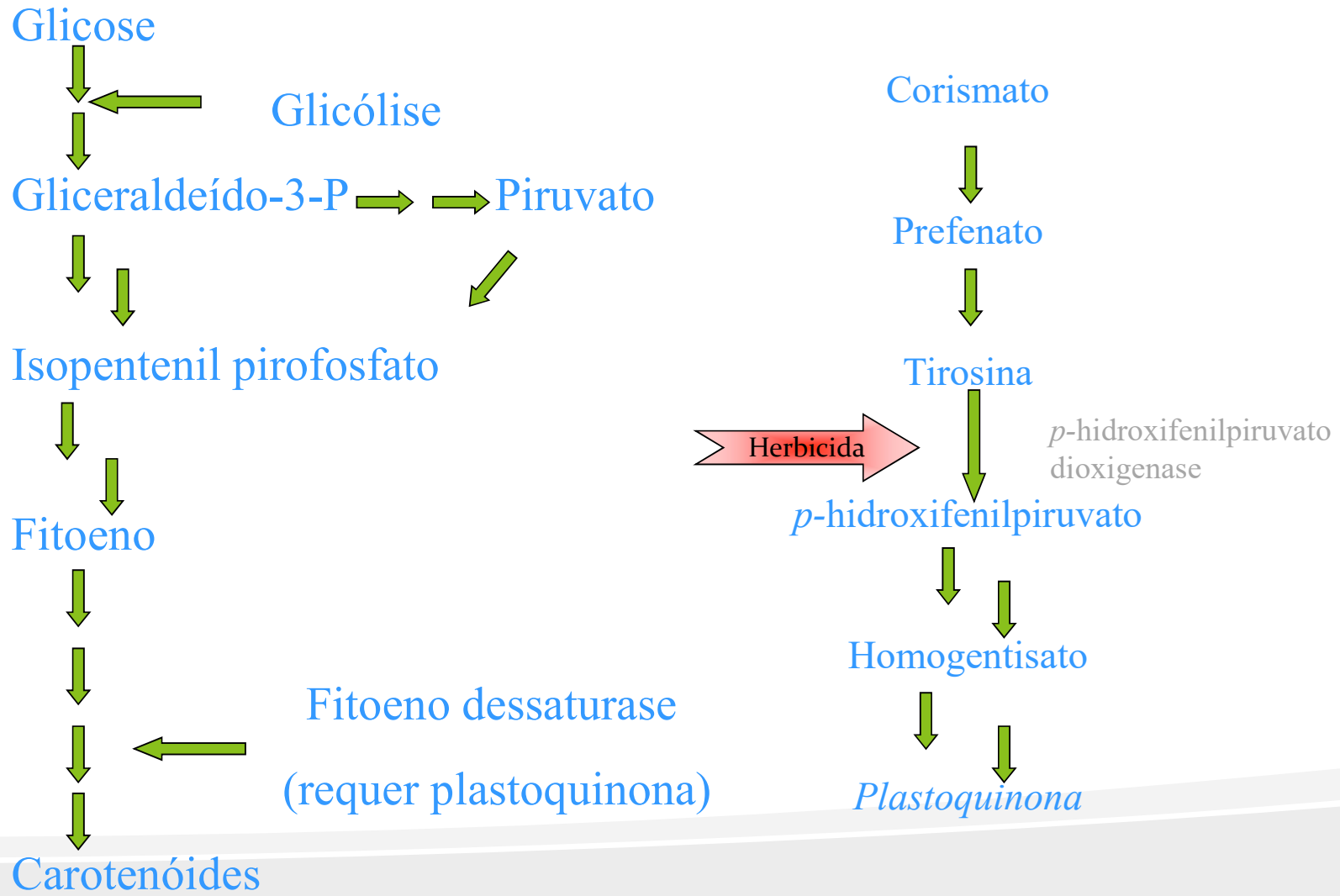
Grupo F

Mecanismo de ação



Grupo F

Mecanismo de ação



Grupo F

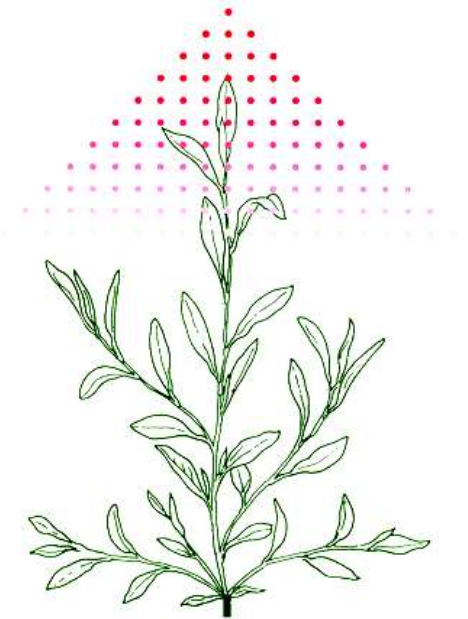
Características e Sintomas

- ✓ Branqueamento das folhas mais jovens → atrofia no crescimento → necrose → morte da planta
- ✓ 6 spp de plantas daninhas resistentes

Herbicidas: Mecanismos de Ação



Herbicida inibidor de pigmento: Clomazone.

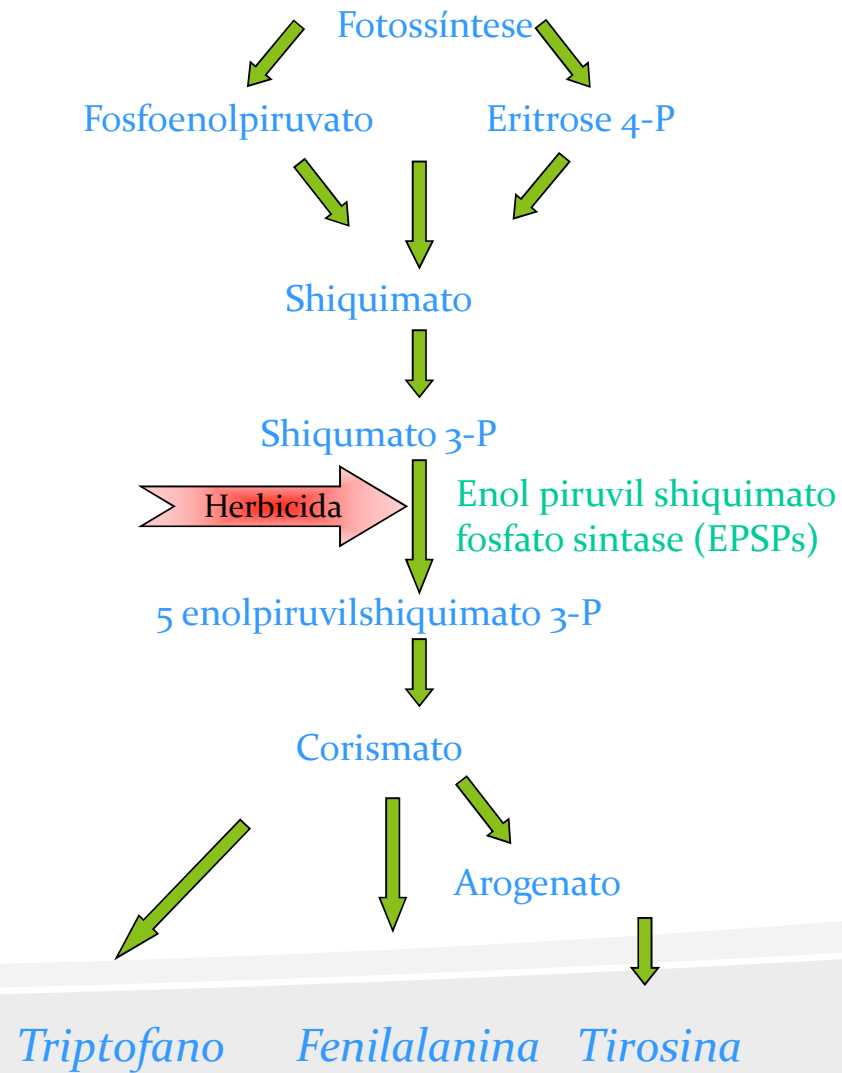


HERBICIDAS DO GRUPO G

INIBIDORES DA ENOIL PIRUVIL SHIQUIMATO
FOSFATO SINTASE (EPSPs)

Grupo G

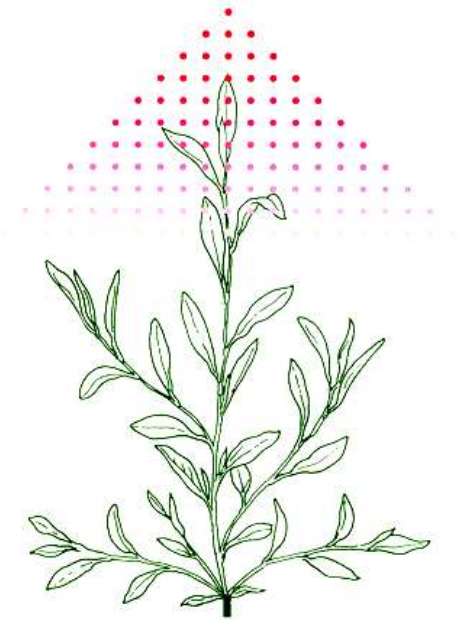
Mecanismo de ação



Grupo G

Características e Sintomas

- ✓ Sintomas aparecem lentamente
- ✓ Temperaturas baixas e tempo nublado – sintomas mais lentos
- ✓ Paralisação do crescimento (horas a dias)
- ✓ Clorose → necrose (↑ 5 dias)
- ✓ Certos fatores afetam aparecimento de sintomas e morte - espécie, dose, condição ambiental e taxa de crescimento da planta
- ✓ 4 spp de plantas daninhas resistentes



HERBICIDAS DO GRUPO H

INIBIDORES DA GLUTAMINA SINTETASE (GS)



Grupo H

ÁCIDOS FOSFÍNICOS

glufosinate – Finale





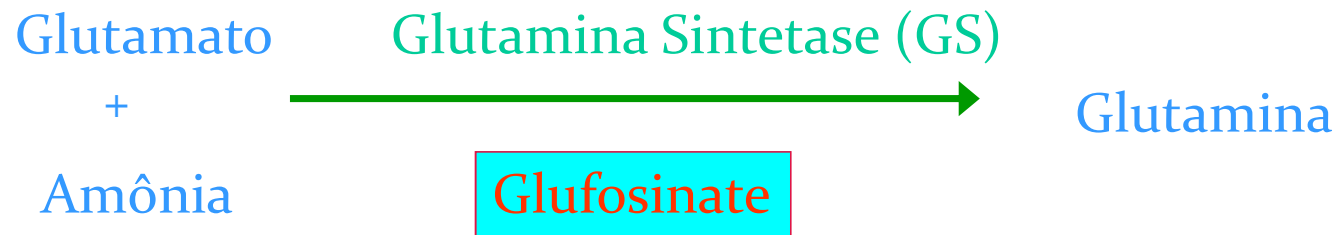
Grupo H

Mecanismo de ação



Grupo H

Mecanismo de ação



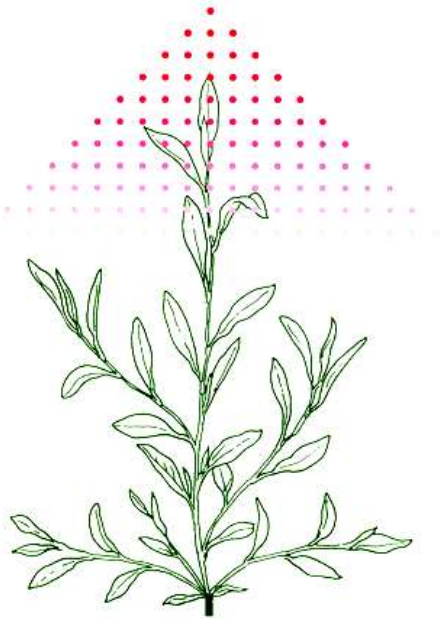
*Acúmulo de amônia,
intoxicação da planta*



Grupo H

Características e Sintomas

✓ Clorose seguida por necrose (3 a 5 dias)



HERBICIDAS DO GRUPO K₁

INIBIDORES DA FORMAÇÃO DOS MICROTÚBULOS



Grupo K₁

DINITROANILINES

trifluralin – Treflan

pendimethalin – Herbadox

oryzalin - Surflan

PYRIDINES

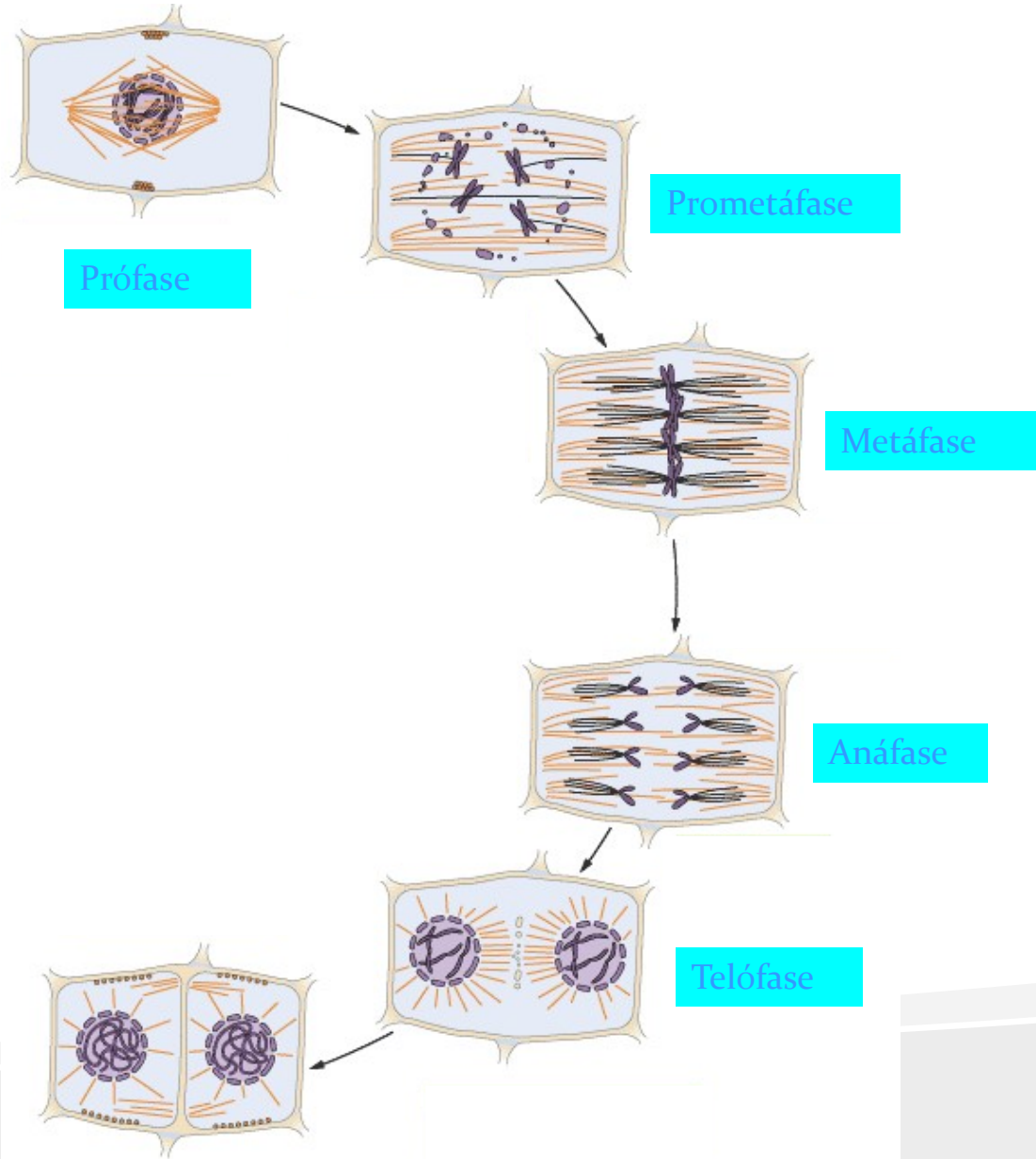
dithiopyr – Dimension

thiazopyr – Visor

ÁCIDOS BENZÓICOS

DCPA – Dacthal

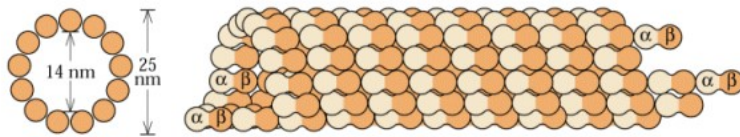
Grupo K₁



Grupo K₁

Mecanismo de ação

Tubulinas – proteínas:
 α e β -tubulinas (dímeros)



Herbicida

União do herbicida
à β -tubulina

Impedimento da formação
dos dímeros

Inibição da formação das
fibras de microtúbulos

*Interrupção da divisão
celular na Prófase*

← Não ocorre movimentação
dos cromossomos



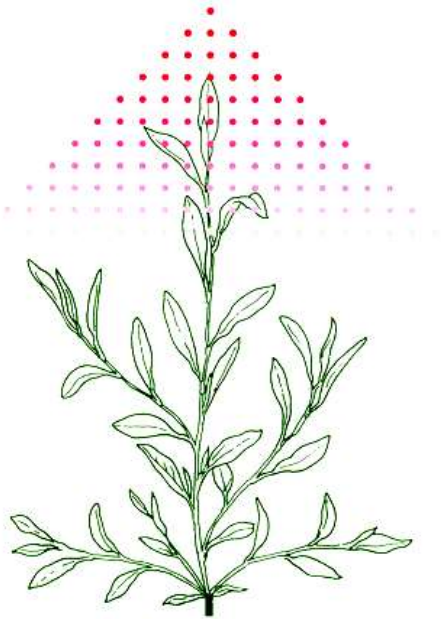
Grupo K₁

Características e Sintomas

- ✓ Inibição do crescimento de raízes secundárias
- ✓ Atrofia da parte aérea
- ✓ Volatilização
- ✓ 10 spp de plantas daninhas resistentes



Herbicida trifluralin inibindo crescimento das raízes.



HERBICIDAS DO GRUPO K₃

INIBIDORES DA DIVISÃO CELULAR



Grupo K₃

ACETAMIDES

acetochlor – Fist

alachlor – Laço

metolachlor – Dual

Mecanismo de ação



Inibição da biossíntese de muitos ácidos graxos de cadeia longa



Paralisação da função da membrana plasmática



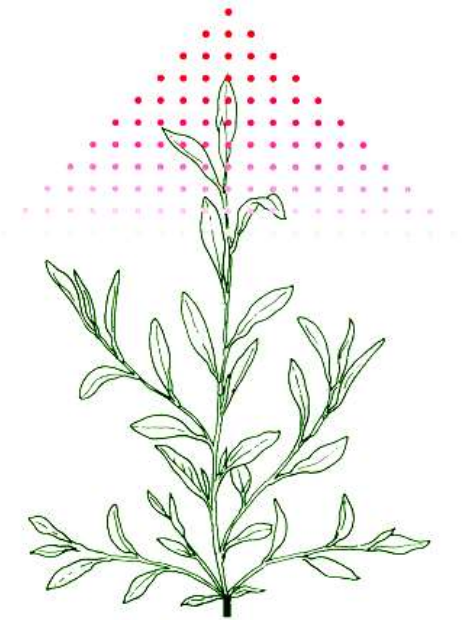
Morte da célula



Grupo K₃

Características e Sintomas

- ✓ Enrolamento das folhas
- ✓ Inibição do crescimento de raízes
- ✓ Coloração verde escura
- ✓ Em gramíneas as folhas não emergem e ficam presas no “cartucho”
- ✓ Em dicotiledôneas as folhas ficam encarquilhadas
- ✓ 2 spp de plantas daninhas resistentes



HERBICIDAS DO GRUPO O

AUXINAS SINTÉTICAS



Grupo O

AUXINAS SINTÉTICAS

2,4-D - DMA

dicamba - Banvel

picloram - Padron

triclopyr - Garlon

fluroxipyr - Starane

quinclorac - Facet

Grupo O

Mecanismo de ação

Auxinas



Ativação de proteínas receptoras na membrana celular



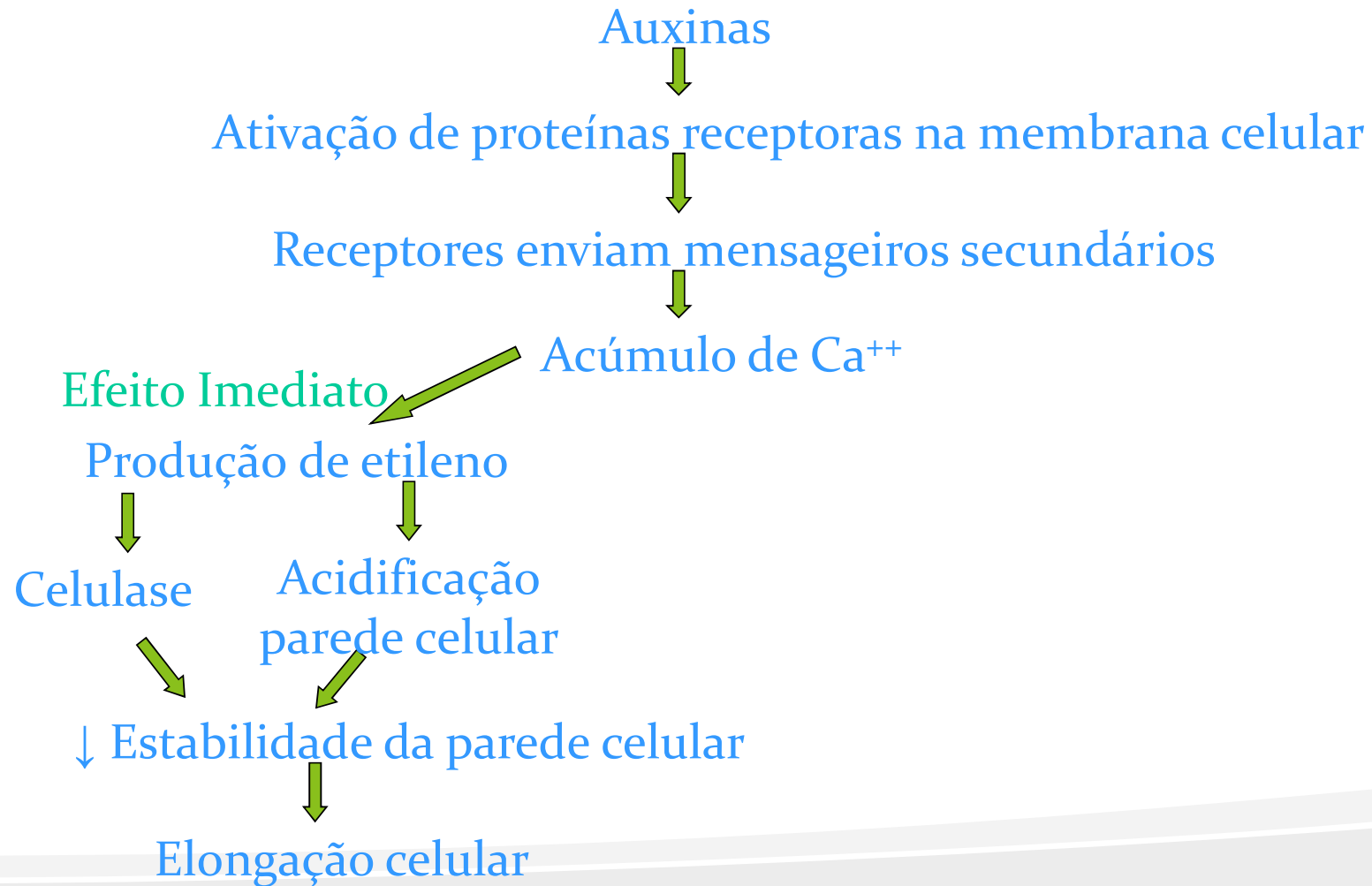
Receptores enviam mensageiros secundários



Acúmulo de Ca^{++}

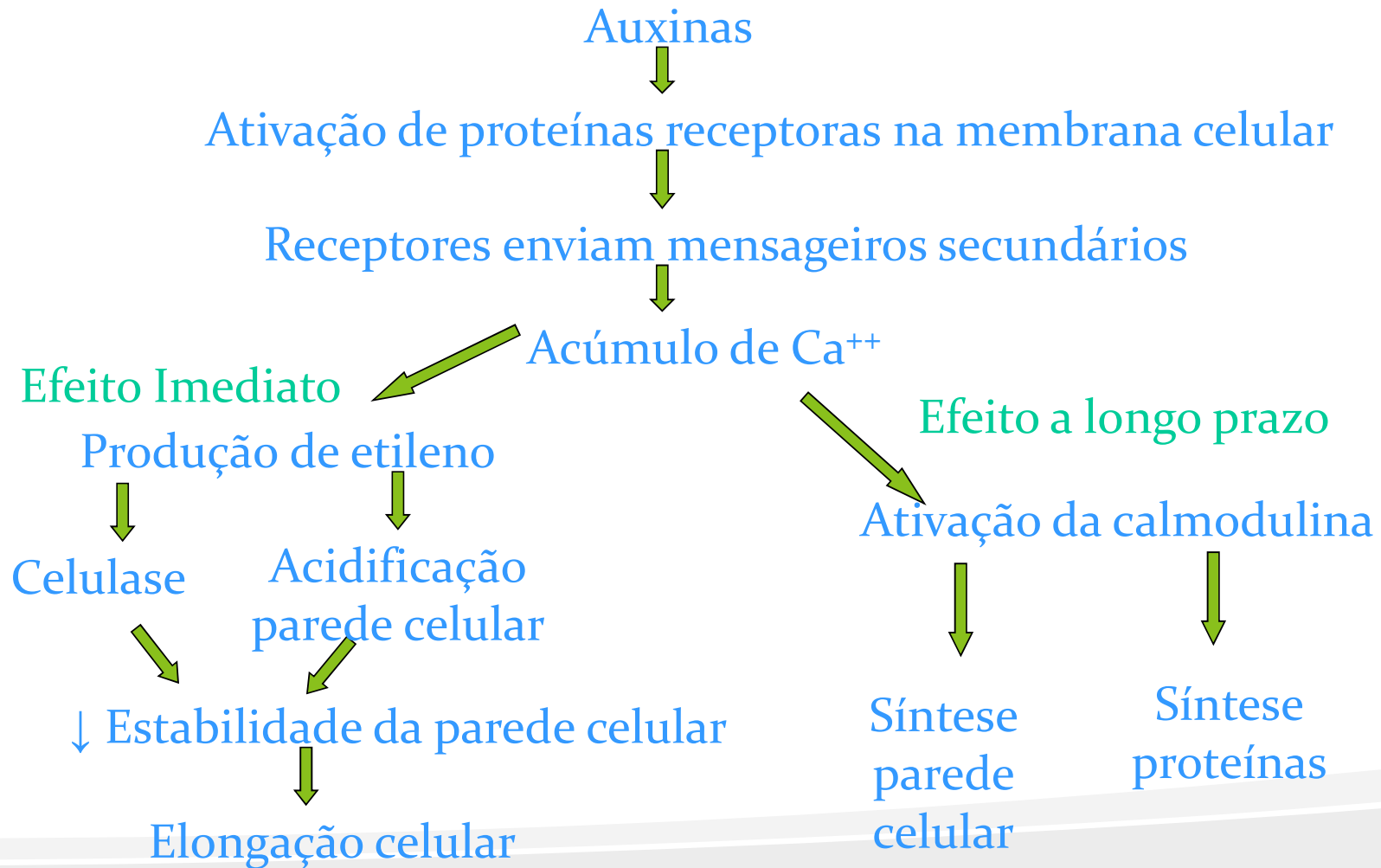
Grupo O

Mecanismo de ação



Grupo O

Mecanismo de ação





Grupo O

Características e Sintomas

- ✓ **Epinastia**
- ✓ **Murchamento**
- ✓ **Clorose**
- ✓ **Queda das folhas**
- ✓ **Enrugamento das folhas**
- ✓ **Formação de tumores no caule**
- ✓ **23 spp de plantas daninhas resistentes**

Herbicidas: Mecanismos de Ação



2,4 - D na cultura do milho..



Resistencia de plantas a herbicidas

- Casos de resistência



Resistencia de plantas a herbicidas

- Como prevenir resistência



Resistencia de plantas a herbicidas

- Plantas resistentes: o que fazer?



USO DE HERBICIDAS

Prof.^a Héliida Campos de Mesquita