

Herbicidas: Conceitos e Mecanismos de Ação Parte 2

Profa. Dra. Naiara Guerra

Inibidores do Fotossistema I (FS I)

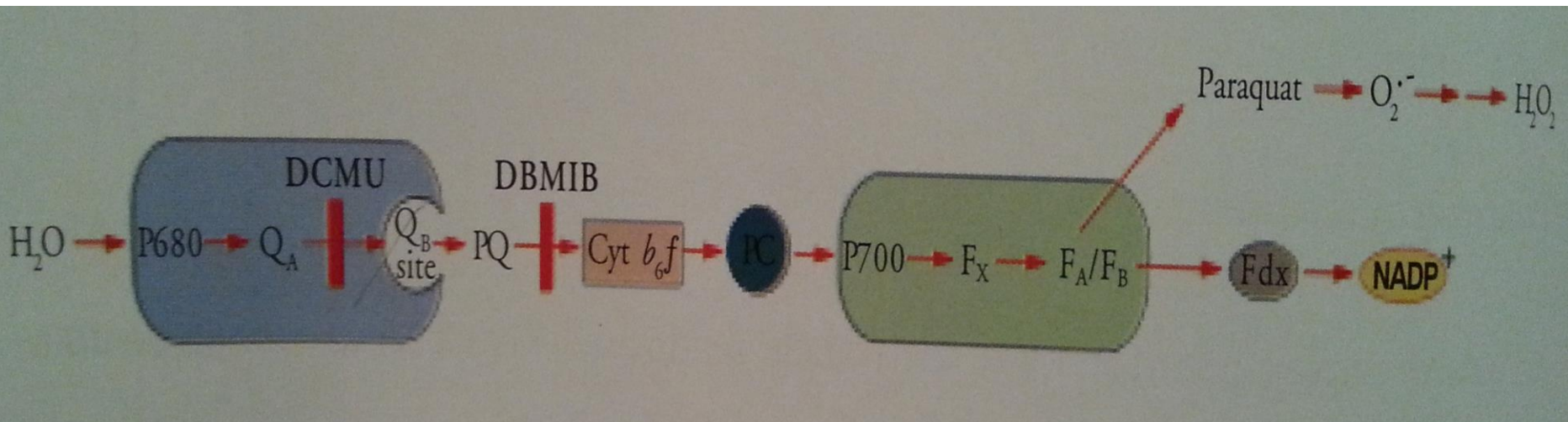
Características Gerais

- Herbicidas não seletivos
- Dessecantes
- Considerados produtos de contato
- Sintomas fitotoxicidade: manifestam-se rapidamente – morte após 1 a 2 dias
- Produtos altamente tóxico para mamíferos, inclusive humanos
- Necessitam de boa cobertura, espalhantes adesivos

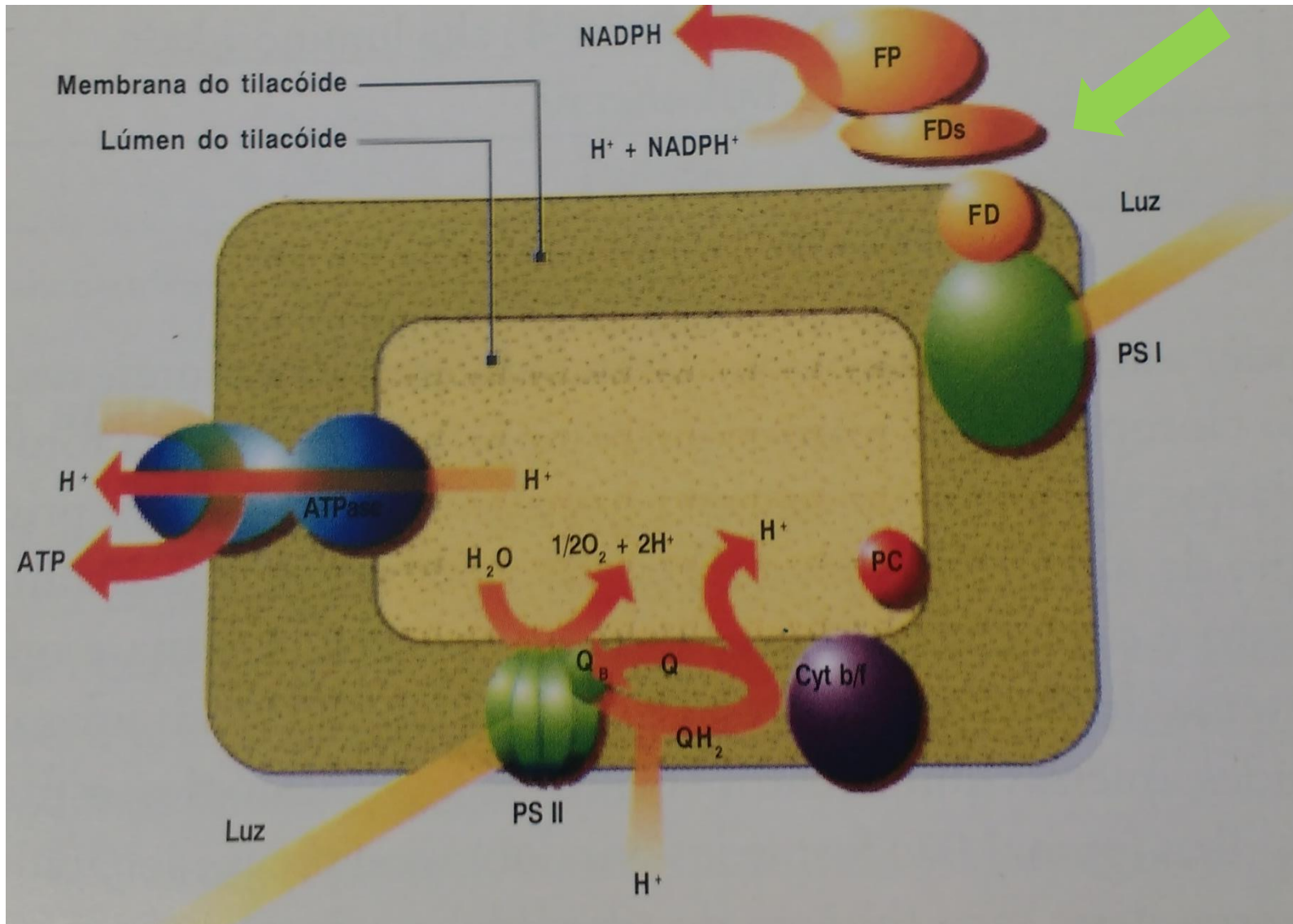
-
- **ABSORÇÃO: Produtos de contato.** São rapidamente absorvido pelas folhas, não sendo afetados por chuvas que ocorram 2 horas após a aplicação
 - Não são absorvidos pelas raízes devido a forte adsorção as argilas
 - **TRANSLOCAÇÃO:** Limitada exclusivamente via xilema, a rápida ação dessas moléculas limita a sua própria translocação

Modo de ação

- Funcionam como aceptores de elétrons no FS I
- Formam radicais livres
- Interceptação de elétrons = paralisa a redução de ferredoxina e demais reações



Inibidor do FSI



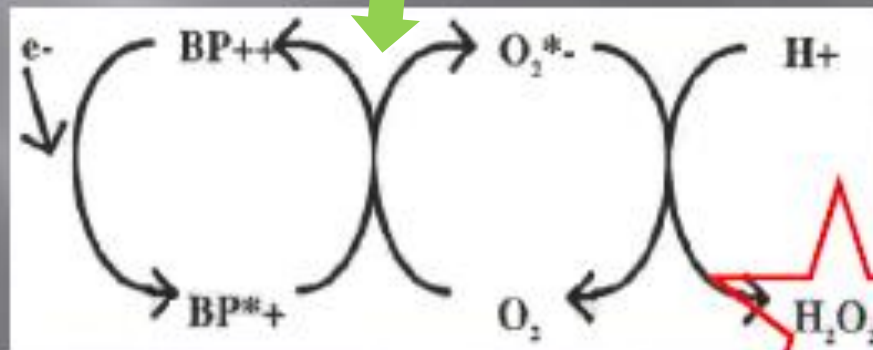


A morte da planta ocorre devido a soma de inúmeros processos de desequilíbrio bioquímico

- Produção de radicais livres
- Ruptura de membranas
- Oxidação de clorofilas
- Destruição dos ácidos graxos no tilacóide

CLOROSE
NECROSE
MORTE

BP repassa os elétrons para o oxigênio



Efeito de bupiridíliuns
na formação de
peróxido de
hidrogênio.

Sintomas

- São observados poucas horas após a aplicação, principalmente se as plantas estiverem expostas a incidência direta do solo

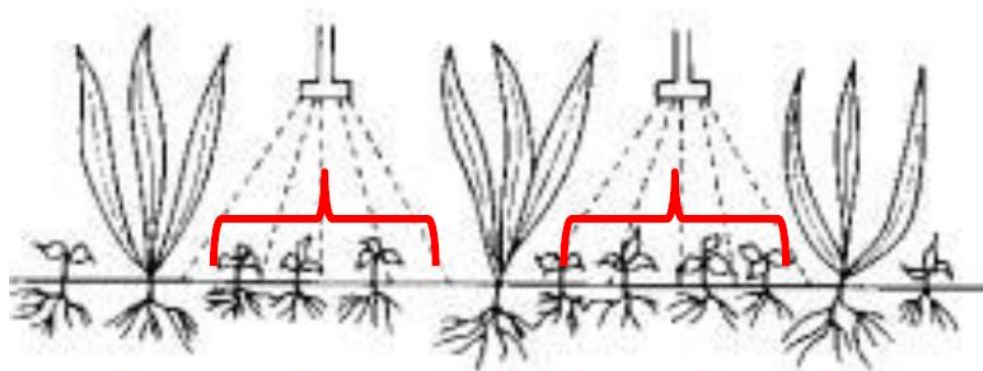


Maciel, 2002

Vídeo Paraquat

Seletividade

- Não são seletivos
- Possibilidade de serem seletivos através da aplicação em jato dirigido
- Paraquat – maior ação em folhas estreitas
- Diquat – maior ação em folhas largas



Zonas tratadas com o herbicida sem ação no solo

Utilização

- Operação de manejo em áreas de semeadura direta
- Áreas não cultivadas (rodovias, ferrovias, etc)
- Renovação de pastagens
- Áreas aquáticas (Reglone)
- Dessecação pré-colheita
- Jato dirigido (milho, cana, algodão, culturas perenes)

Herbicidas

Herbicida	Recomendação
Paraquat (Gramoxone)	Dessecação sequencial ou pré-colheita, jato dirigido
Diquat (Reglone)	

Principais misturas formuladas

Herbicida	Recomendação
Paraquat + diuron (Gramocil)	Dessecação sequencial ou pré-colheita, jato dirigido
Paraquat + Bentazon (Pramato)	

Inibidores da PROTOX

Características Gerais

- Inibem a enzima protoporfirinogênio oxidase (PPO ou PROTOX)
- Também são conhecidos como inibidores da síntese de protoporfirina IX
- Destinado ao controle de plantas daninhas com FOLHAS LARGAS
- Muito utilizado em associação com glyphosate
- Requer luz para ser ativado
- Altamente sorvidos a matéria orgânica e altamente resistentes a lixiviação – *Carryover* (fomesafen e sulfentrazone)
- Devido a estes fatores quando aplicados em PRE a atuação ocorre próximo à superfície do solo, durante a emergência

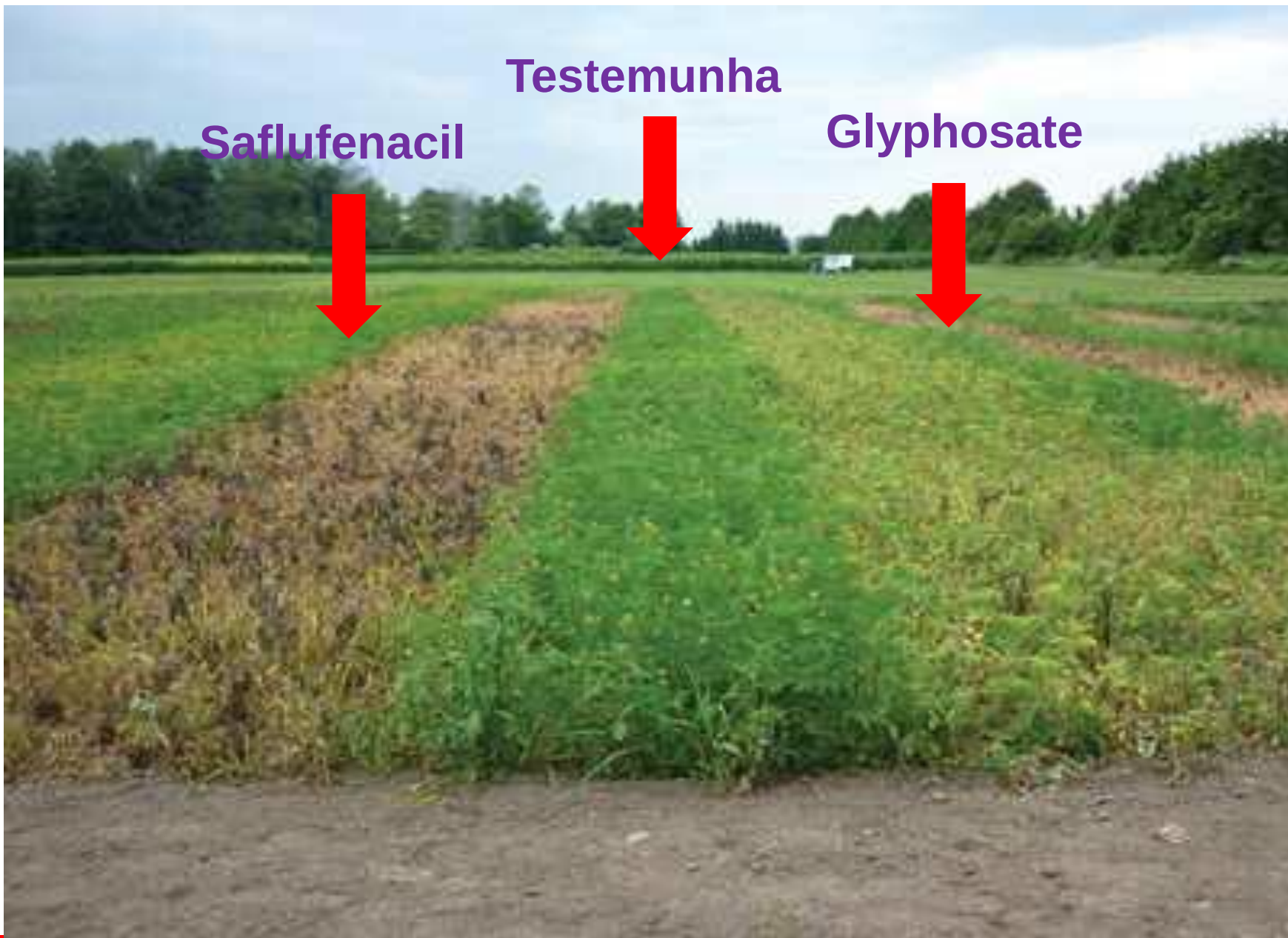
Saflufenacil



Testemunha



Glyphosate



-
- **ABSORÇÃO:** Podem ser absorvidos pelas raízes, caule ou folhas de plantas novas
 - **TRANSLOCAÇÃO:** Geralmente apresentam pouca ou nenhuma translocação na planta. Precisam de boa cobertura foliar
 - **POS** - atuam como herbicidas de contato (pouca translocação, morte rápida após exposição à luz)
 - **PRE** – Necrose rápida quando a planta entra em contato com a camada do solo tratada com herbicida

Sintomas

- **POS:** Necrose foliar da planta tratada em pós-emergência, após 4 – 6 horas de luz solar
- Primeiros sintomas são manchas verde-escuras nas folhas, dando impressão de encharcamento
- Em seguida aparece a necrose dos tecidos
- **PRE:** O tecido é danificado pelo contato com o herbicida no momento em que a plântula emerge
- Necrose semelhante a aplicação em POS

Acifluorfen - Blazer



Oliveira Jr, 2011

Lactofen - Cobra

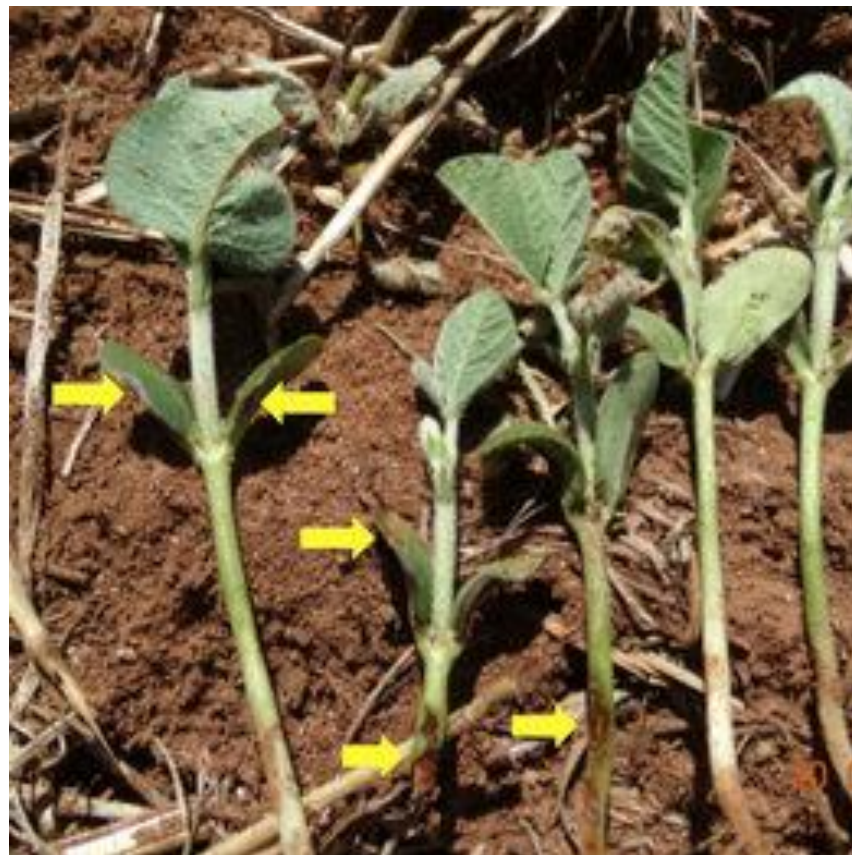


Lactofen (PROTOX) x Paraquat (FSI)



Madalosso, 2012

Saflufenacil em pré-emergência da soja

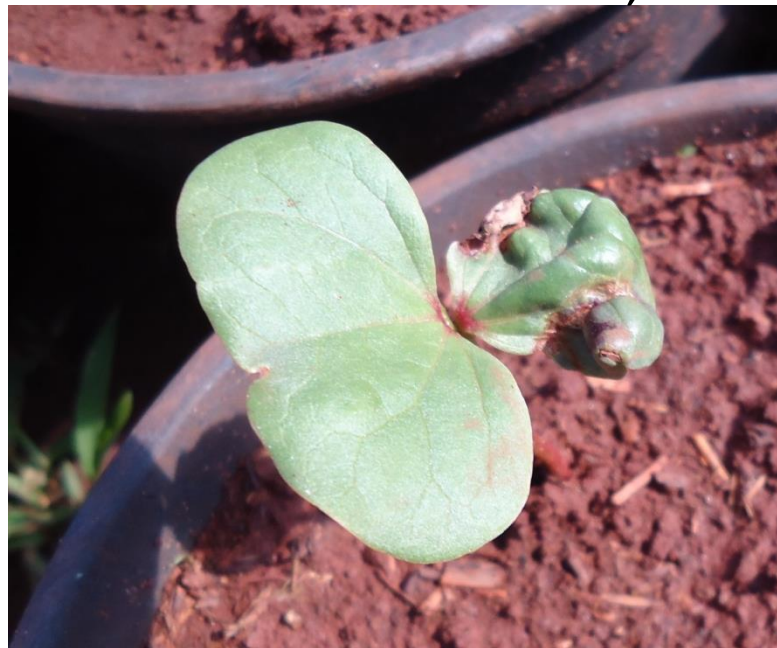


Fomesafem (Flex) em pré-emergência do algodoeiro

Oliveira Neto, 2012



TESTEMUNHA

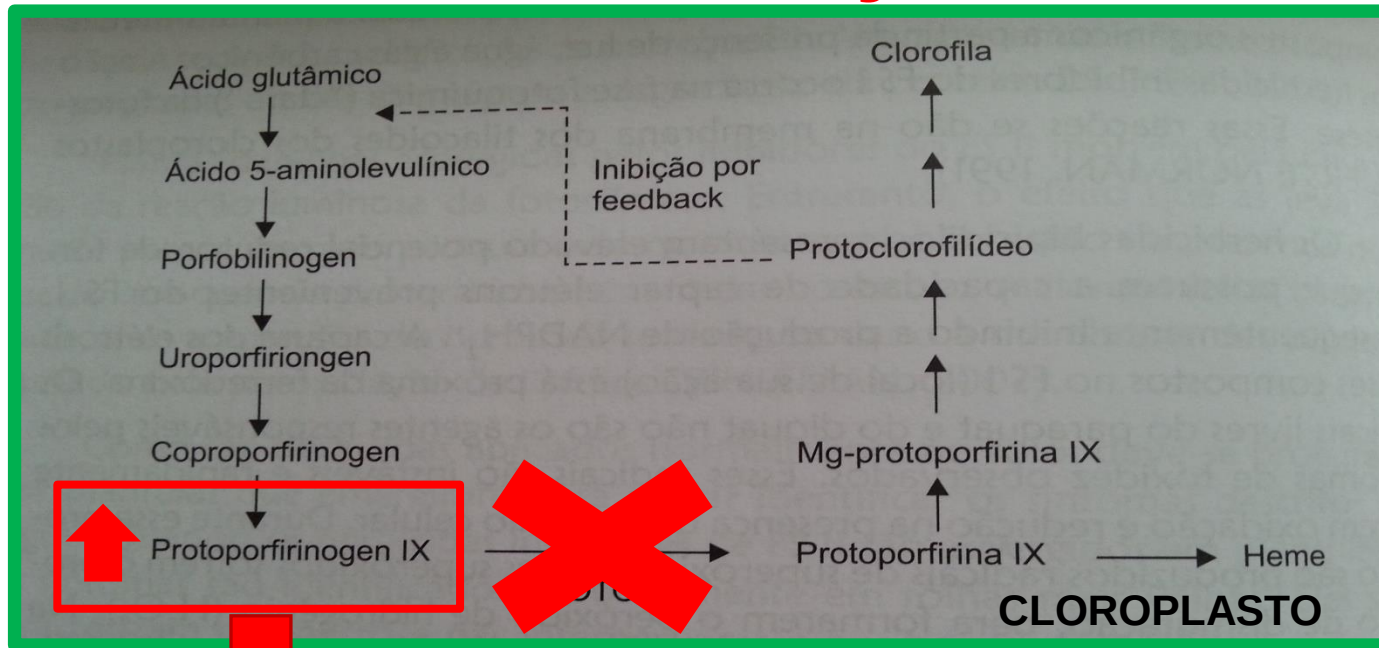


Flex em pré-emergência

Apenas o cotilédone que entrou em contato com o herbicida apresentou sintomas, isso ocorre pois é um herbicida de contato, que apresenta pouca ou nenhuma translocação

Sintomas se manifestam nas plantas próximo a superfície do solo, durante a emergência

Modo de ação



Protoporfirinogen IX

Oxidado

Protoporfirina IX

CITOPLASMA

Reage com a luz e O₂,
produzindo oxigênio reativo
(radicais livres, ex. H₂O₂)

Vídeo saflufenacil

Seletividade

- Quando em contato direto com as folhas apresentam pouca seletividade
- Aplicações dirigidas a entre linha (oxyfluorfen - Goal, Galigan no café)
- Seletividade em função da dose (carfentrazone)

Herbicida	Cultura recomendada
Fomesafen (Flex)	Soja, feijão e algodão
Lactofen (Cobra)	Soja
Oxyfluorfen (Goal)	Café, reflorestamento
Flumiclorac (Radiant)	Soja
Flumioxazin (Flumyzin)	Soja, algodão, Manejo, Jato dirigido
Oxadiazon (Ronstar)	Arroz, olerícolas
Saflufenacil (Heat, kixor)	Manejo, Jato dirigido algodão, pós em espécies de difícil controle
Carfentrazone (Aurora)	
Sulfentrazone (Boral)	Cana-de-açúcar, soja, eucalipto

Inibidores da biossíntese de carotenoides

Características Gerais

- Sintoma único e marcante: causam a perda de pigmentos das folhas, resultando em uma aparência “albina”
- Controle de FE e FL nas culturas do algodão, arroz, cana, fumo, soja (**principalmente FOLHAS ESTREITAS**)
- Absorção pelas raízes
- Translocam apenas pelo xilema
- Existem problemas de deriva, principalmente com clomazone
- Sorção a matéria orgânica dos solos
- Baixa toxicidade a mamíferos

Modo de ação

- **Mecanismo:** bloqueio de enzimas na rota de síntese de pigmentos carotenoides
- A ausência de carotenóides leva a foto-oxidação da clorofila
- Sintomas mais visíveis: folhas totalmente brancas
- Tecidos formados antes da aplicação não apresentam sintoma albino típico, pois não afetam os carotenoides pré-existentes

-
- Estes herbicidas não inibem a síntese de clorofila
 - A perda da clorofila é resultado da sua destruição pela luz (fotoxidação)
 - A energia da forma reativa da clorofila é dissipada por meio dos carotenoides
 - Como os carotenoides não estão presentes a clorofila reativa começa a se degradar

Modo de ação

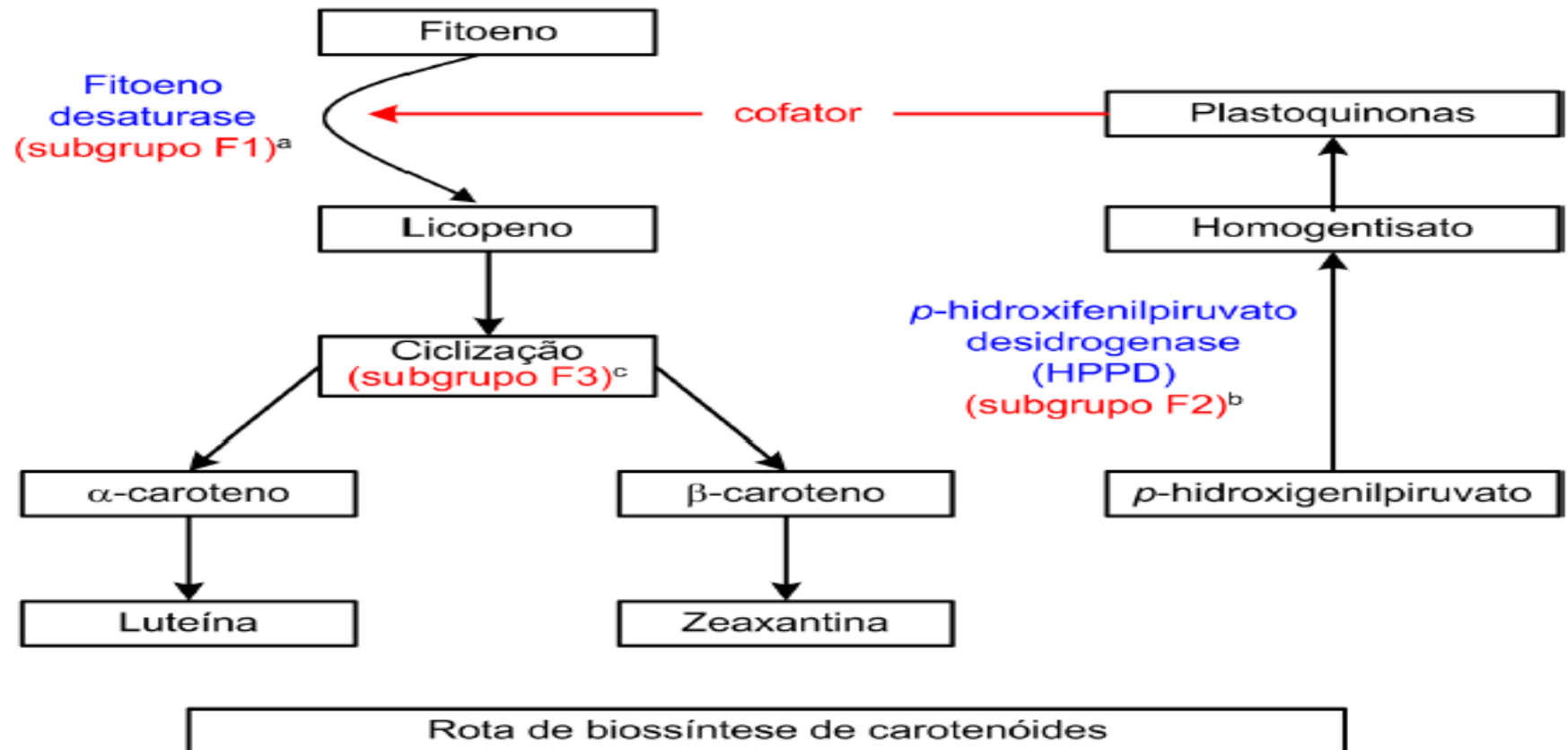


Figura 4. Sítios de atuação dos herbicidas inibidores da síntese de carotenóides. Adaptado de [Retzinger Jr. & Mallory-Smith \(1997\)](#).

^a Subgrupo F1: nenhum herbicida registrado para uso no Brasil.

^b Subgrupo F2: isoxaflutole, mesotrione, tembotrione.

^c Subgrupo F3: clomazone.

Enzima inibida	Herbicidas
DXS	Clomazone (Gamit)
HPPD - FDS	Isoxaflutole (Provence)
	Mesotrione (Callisto)
	Tembotrione (Soberan)

Sintomas



Maciel, 2002



Oliveira Neto, 2012

Isoxaflutole (Provenge)

- O Isoxaflutole (IFT) é considerado um pró-herbicida
- No solo ou na planta este é convertido a diquetonitrila (DKN), que é a molécula biologicamente ativa no controle de plantas daninhas
- A planta absorve tanto o DKN quanto o IFT, no entanto após a absorção do IFT esse se converte em DKN
- No solo quanto maior a umidade maior é a conversão, se o solo estiver seco essa reação não ocorre
- Quando há a precipitação inicia a conversão, normalmente simultaneamente a emergência das PD.

Seletividade

- Clomazone: seletividade (soja, arroz, mandioca, cana, algodão e citrus) ocorre por somatório de fatores
- Hidroxilação, conjugação com metabólitos, menor translocação
- Clomazone no algodão, uso de inseticidas organosfosforados funciona como *safeners* - protetores

Herbicida	Cultura recomendada
Isoxaflutole (Provence)	Cana-de-açúcar, milho, reflorestamento
Mesotrione (Callisto)	Milho
Tembotrione (Soberan)	Milho
Clomazone (Gamit)	Arroz, cana-de-açúcar, soja, mandioca, algodão

Principais misturas formuladas

Herbicida	Cultura recomendada
Ametrina + Clomazone (Sinerge)	Cana-de-açúcar, algodão e mandioca
Clomazone + hexazinona (Discover)	Cana-de-açúcar

Inibidores da ACCase **(Inibidores da síntese de lipídeos)**

-
- 2 grupos químicos: quimicamente diferentes, mas com grande semelhança em relação ao espectro de ação, seletividade, eficiência e modo de ação
 - **Ariloxifenoxipropionatos (FOP's)**: clodinafop – Topik, haloxyfop – Verdict; fluazifop – Fusilade; quizalofop - Targa
 - **Ciclohexanodionas (DIM's)**: cletodim – Select; sethoxydim – Poast; tepraloxydim - Aramo

Características Gerais

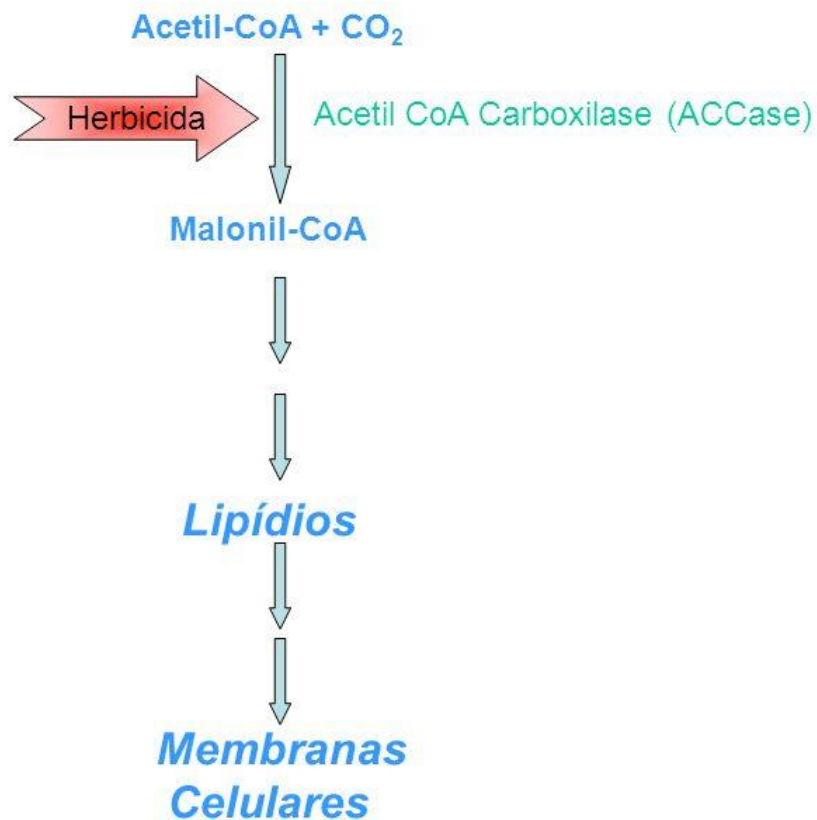
- Controle de gramíneas anuais e perenes
- Enzima: Acetil-coenzima A carboxilase
- Culturas e plantas daninhas folha larga são tolerantes a este mecanismo de ação
- Aplicação em POS
- Flexibilidade quanto à época de aplicação, gramíneas são mais suscetíveis entre 3 e 5 folhas, mas em estágio mais avançado também controla

-
- **ABSORÇÃO** : Foliar
 - **TRANSLOCAÇÃO**: Sistêmicos via floema e xilema
 - Exige adição de adjuvantes
 - Promovem bom controle quando aplicados em plantas não estressadas. Eficácia é reduzida sob estresse hídrico
 - Não possuem atividade residual ou persistência no solo

Modo de Ação

Grupo A

Mecanismo de ação



Modo de Ação

- Atuam na síntese de lipídios (5-10% da MS da planta é composta por lipídios, componentes importantes de membranas , ceras, suberina da cutícula)
- ACCase é muito ativa nas regiões que encontram-se em divisão celular
- A inibição da ACCase ocasiona a paralisação da síntese de membranas necessárias para o crescimento e multiplicação celular

Sintomas

- Crescimento da planta sensível cessa logo após a aplicação
- Primeiros sintomas visíveis levam de 7 – 10 dias para aparecerem
- Sintoma: arroxejamento e morte do ponto de crescimento
- Arroxejamento semelhante a deficiência de P



Maciel, 2002



Clethodim - Select

Oliveira Júnior, 2012

Seletividade

- Absorção, translocação e metabolismo é igual em mono e dicotiledôneas
- **Folhas largas:** a enzima ACCase é insensível a herbicidas destes mecanismo de ação
- **Trigo:** Degrada muito rapidamente os Fops e dims, impedindo que estes herbicidas causem danos à cultura
- Misturas com 2,4-D reduzem a atividade dos inibidores de ACCase devido a redução da translocação

Herbicida	Cultura recomendada
Cyhalofop-butyl (Clincher)	Arroz (1,0 – 1,75 L p.c. ha ⁻¹)
Clodinafop-propargyl (Topik)	Trigo (100- 250 mL p.c. ha ⁻¹)
Diclofop-methyl (Iloxan)	Feijão, soja, cebola e trigo
Fenoxaprop-p-ethyl (Podium)	Soja, batata, feijão, alface, ervilha, cenoura, cebola
Fluazifop-p-butyl (Fusilade)	Algodão, alface, cebola, cenoura, batata, feijão, soja e tomate. Cana (Maturador)
Haloxyfop-p-methyl (Verdict)	Soja, algodão e feijão
Quizalofop-p-ethyl (Targa)	Soja, feijão, tomate, cebola, amendoim, algodão
Quizalofop-p-tefuryl (Panther)	Algodão, feijão e soja

Herbicida	Cultura recomendada
Clethodim (Select)	Soja, feijão, algodão, tomate, batata, cebola, alho, cenoura, café, fumo, mandioca e melancia
Profoxydim (Aura)	Arroz (irrigado e sequeiro)
Sethoxydim (Poast)	Algodão, feijão, soja, fumo, gladiolo e milho
Tepraloxydim (Aramo)	Algodão, feijão e soja

Misturas Formuladas	Cultura recomendada
Clethodim +Fenoxaprop (Podium S)	Batata, cebola, cenoura, feijão, melão e soja
Fluazifop + Fomesafen	Fusiflex - 125 + 125 (soja) Robust - 200+ 250 (soja e feijão)