

39º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras

Prof. Dr. Pedro Jacob Christoffoleti
ESALQ – USP

Herbicidas na cultura do café – fundamentação sobre os mecanismos de ação e resistência de plantas daninhas



Principais herbicidas recomendados para a cultura do café



Pré-emergentes

Sulfentrazone (**Boral**)
Oxyfluorfen (**Goal**)
Ametryn (**Gesapax**)
Diuron (**Karmex**)
Metribuzin (**Sencor**)
Simazina (**Gesatop**)

- Inibidores da Protox
- Inibidores do PSII

Alachlor (**Laço**) - Inibidores síntese de ác. graxos
Pendimethalin (**Herbadox**) - Inibidores da mitose



Pós-emergentes

Glyphosate (**várias**) - Inibidor da EPSPs

Paraquat (**Gramoxone**)
Paraquat + Diuron (**Gramocil**)
Diquat (**Reglone**)

- Inibidores do PSI

Amônio glufosinato (**Finale**) - Inibidor do GS

Carfentrazone (**Aurora**)
Flumioxazin (**Flumizyn**)
Saflufenacil (**Heat**)

- Inibidor da Protox

Clethodin (**Select**)
Fluazifop-butil (**Fuzilade**)

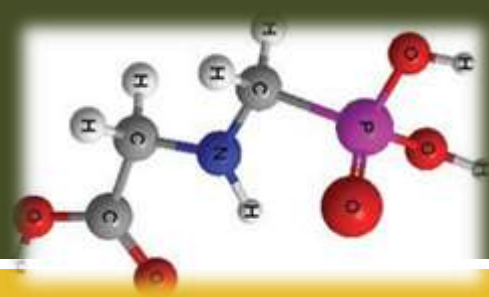
- Inibidores da ACCase

Objetivos da palestra

- ✓ Informações relevantes dos mecanismos de ação
- ✓ Principais mecanismos de resistências
- ✓ Aspectos básicos para pesquisa com plantas daninhas resistentes

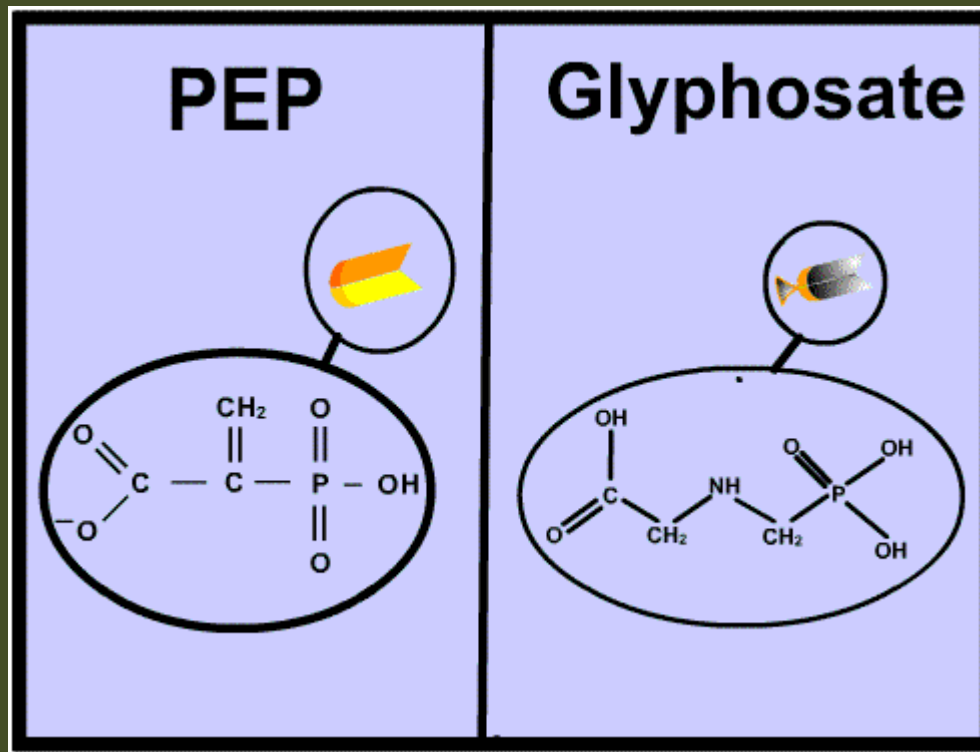


Glifosato



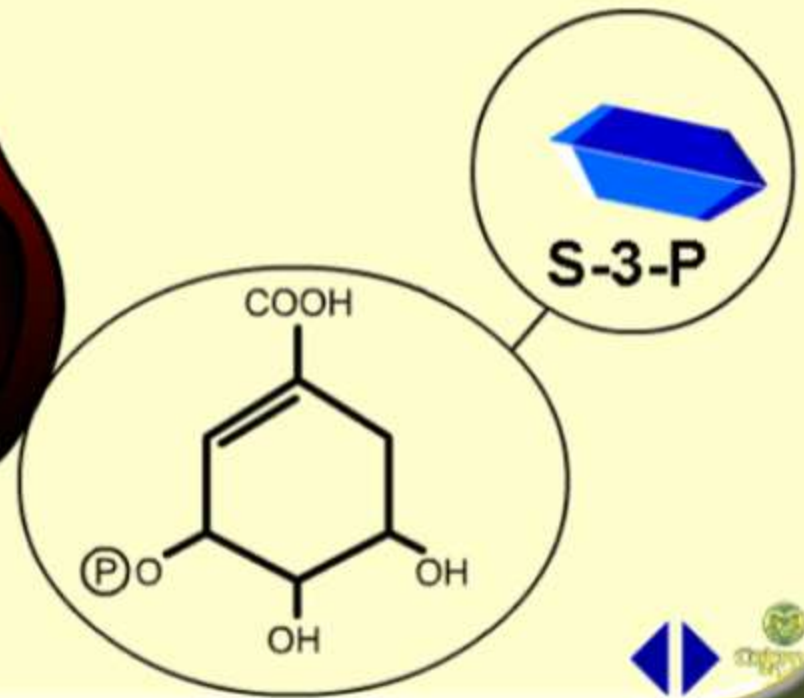
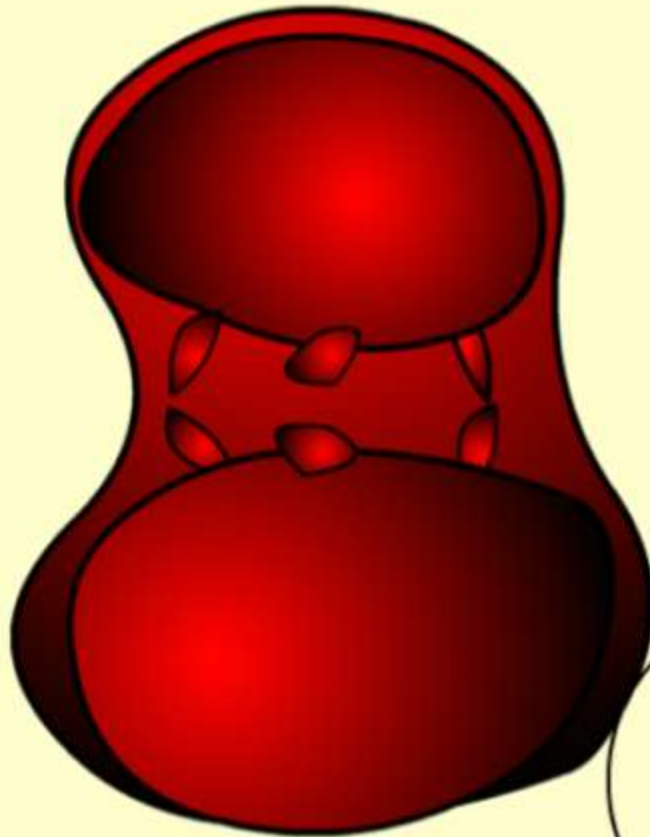
- ✓ Inibe a Produção de aminoácidos aromáticos
- ✓ Inibição competitiva com a PEP pela 5-enol-piruvilshikimato-3-fosfato sintase ou EPSP sintase.
- ✓ Não seletivo, sem atividade no solo
- ✓ A Monsanto desenvolveu culturas resistentes como soja, milho, beterraba açucareira, alfafa e algodão.

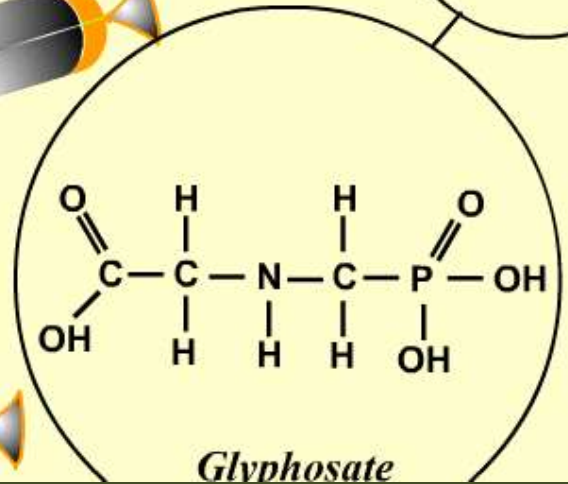
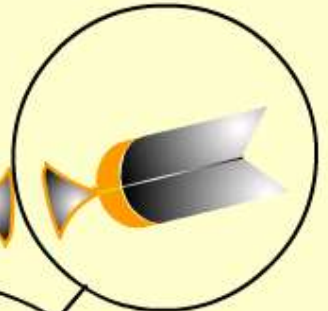
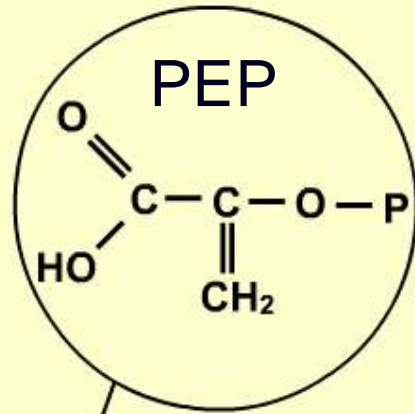
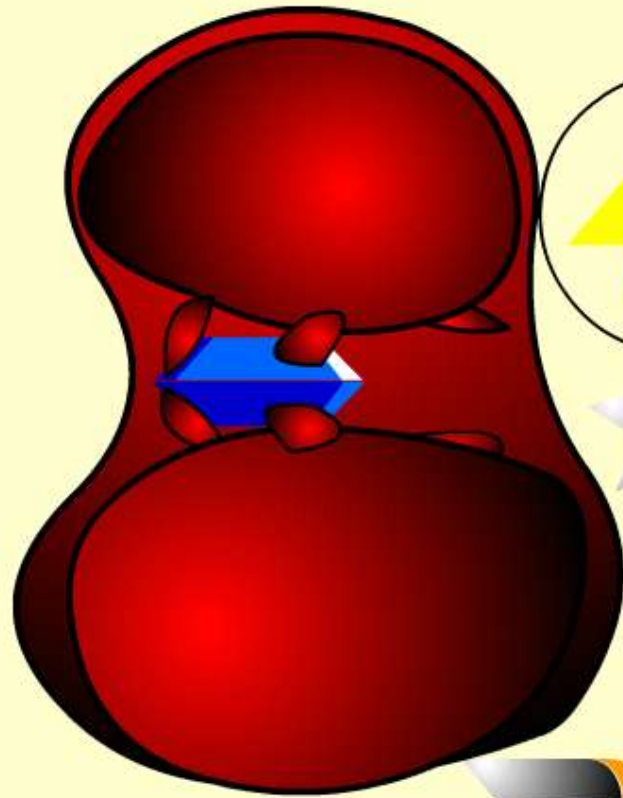
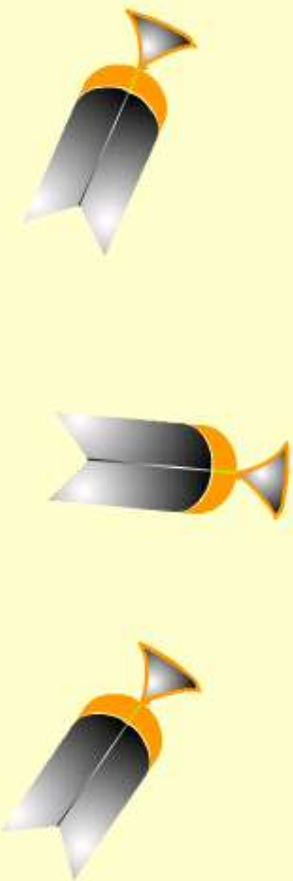




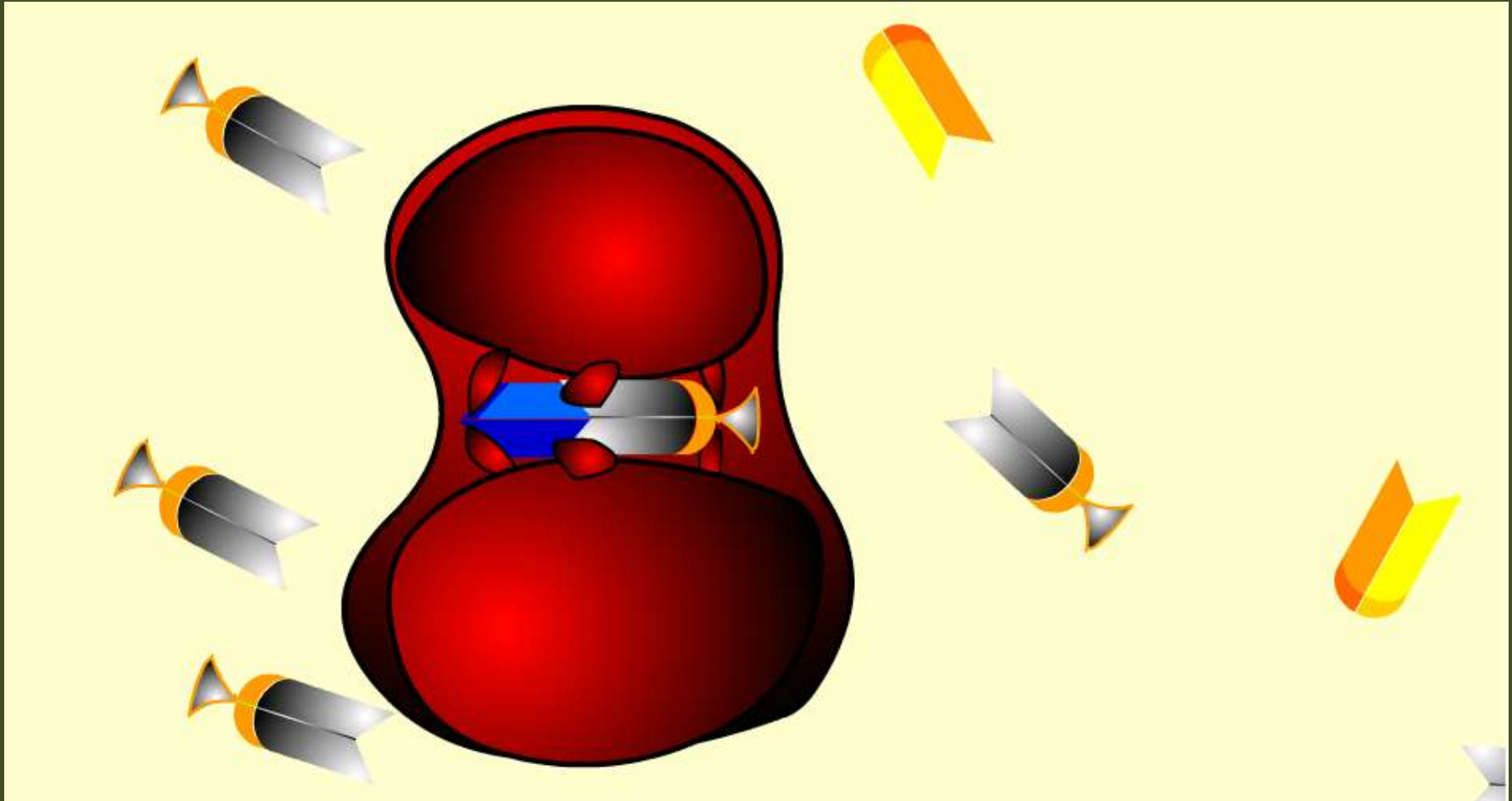
- ✓ Estruturalmente são similares
- ✓ A dissociação do glyphosate da EPSP é 2.300 vezes mais lenta que a PEP!

A molécula de shiquimato-3-fosfato liga-se primeiro a EPSPS sintase





Neste caso, o glifosato compete com a PEP e liga-se à EPSP sintase



Descobertas recentes sobre os mecanismos de resistência de plantas daninhas ao glifosato

Devido a pressão de seleção, e o número de ha tratados com glifosato; mecanismos de resistência incomuns têm sido descobertos



buva



C. amargoso



azevém

Resistência da *Ambrosia trifida* nos Estados Unidos

Vink, UG



0 Dias após a aplicação do glifosato

Resistência da *Ambrosia trifida* nos Estados Unidos

Vink, UG



1 dia depois da aplicação de glifosato

Resistência da *Ambrosia trifida* nos Estados Unidos

Vink, UG



7 dia depois da aplicação de glifosato

Resistência da *Ambrosia trifida* nos Estados Unidos

Vink, UG



28 dia depois da aplicação de glifosato



Kochia resistente ao glifosato – Yuma, CO (USA) – 2011 (P. Westra)



Kochia resistente ao glifosato na região sul de Alberta, Canada

Mecanismos de resistência ao glifosato conhecidos

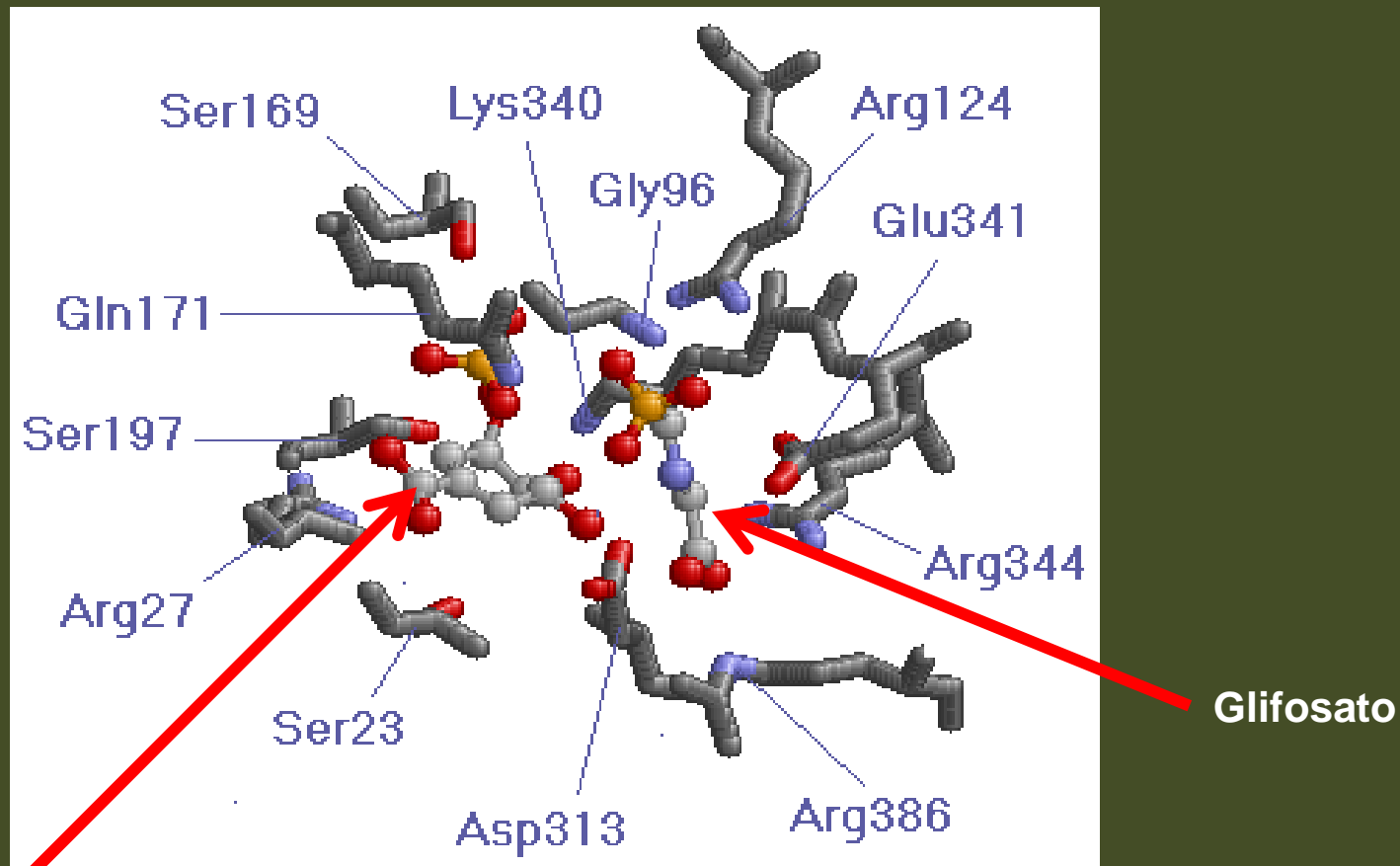
**Alteração no
sítio de ação
(Proline 106)**

Translocação

Sequestração

**Amplificação
gênica**

Alteração no sítio de ação (Ng, 2002)



Shiquimato-3-fosfato

Aminoácidos residuais conservados no sítio ativo do glyphosate e do shiquimato

Modificação do sítio de ação do herbicida (EPSPS) em *Eleusine indica* - Malásia

Número do Aminoácido	106
Aminoácido	Pro
Seqüência de bases	CCA
Chaah (S)†	–
Lenggeng (S)	–
Bidor (S)	–
Temerloh (S)	–
Chaah (R)	ACA Thr
Lenggeng (R)	–
Bidor (R)	TCA Ser
Temerloh (R)	TCA Ser

(Ng, 2002)

Mutação dupla na EPSPs

G T A M R P
↓ ↓
I S

Capim pé de galinha - Malásia

Suscetível

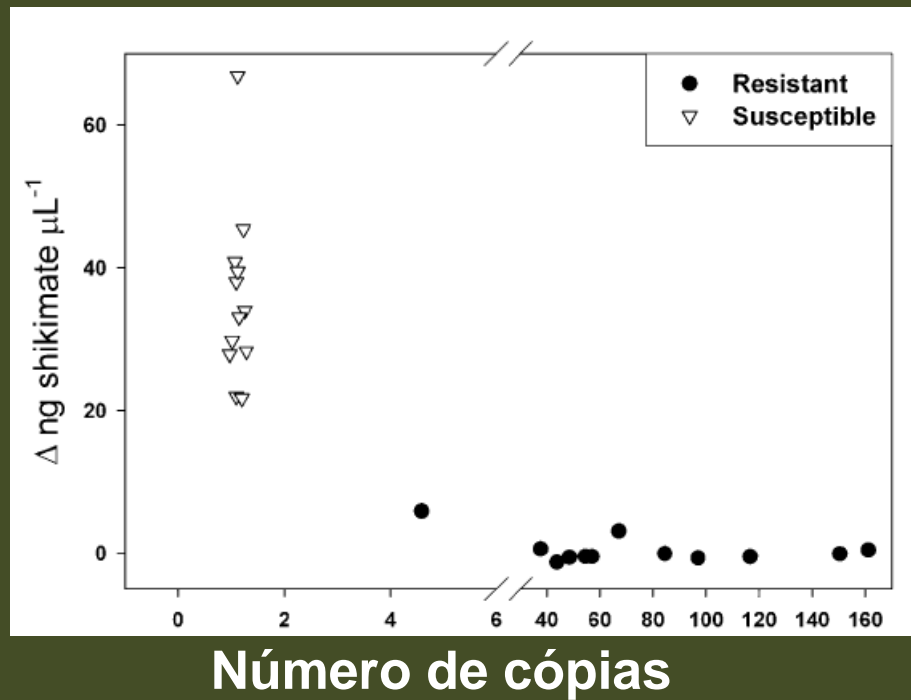
**Resistente
Uma mutação**

**Resistente
Duas mutações**



Gene amplification confers glyphosate resistance in *Amaranthus palmeri*

Todd A. Gaines^{a,1}, Wenli Zhang^b, Dafu Wang^c, Bekir Bukun^a, Stephen T. Chisholm^a, Dale L. Shaner^d, Scott J. Nissen^a, William L. Patzoldt^e, Patrick J. Tranel^e, A. Stanley Culpepper^f, Timothy L. Grey^f, Theodore M. Webster^g, William K. Vencill^h, R. Douglas Sammons^c, Jiming Jiang^b, Christopher Prestonⁱ, Jan E. Leach^a, and Philip Westra^{a,2}



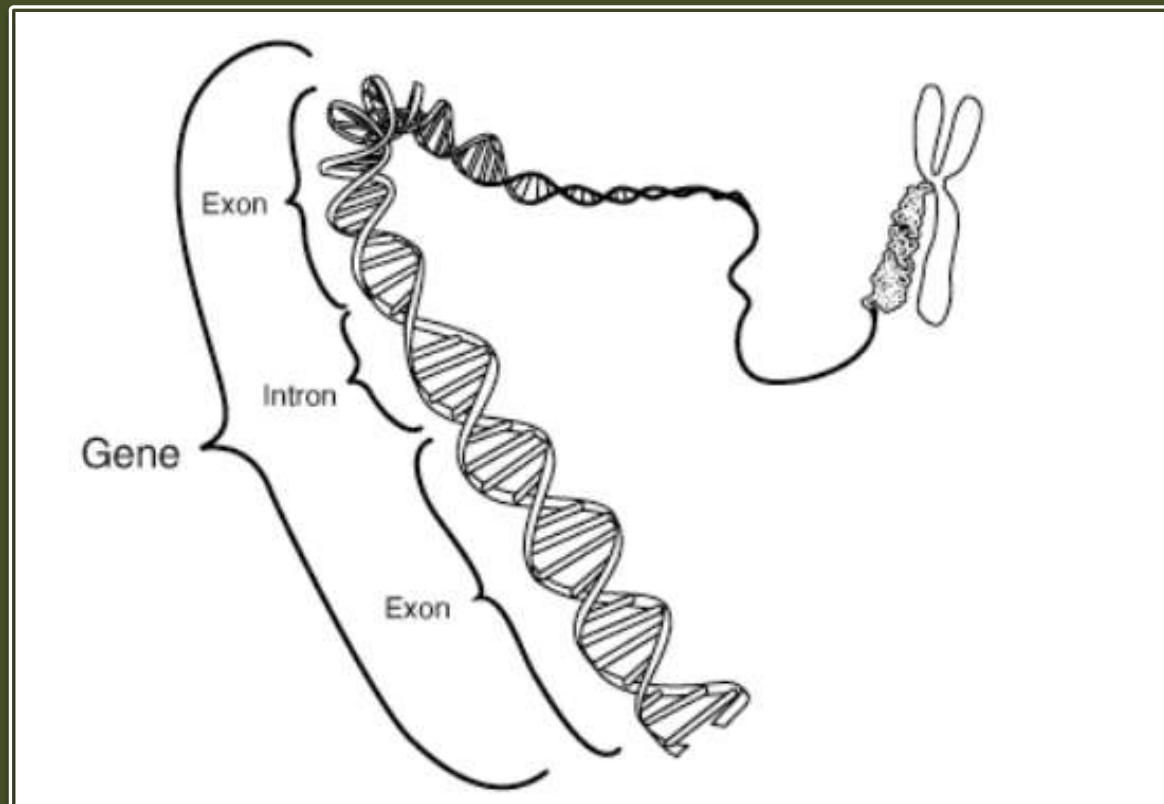
PNAS



Um incremento no número de cópias genômicas da EPSPS correlaciona-se com acúmulo reduzido de shikimate em 12 indivíduos (círculos cheios) e suscetíveis círculos vazios em *Amaranthus palmeri*.

Definição de Introns e exons

Ítrons são regiões não-codificantes do RNA mensageiro, enquanto os éxons são regiões codificantes do RNA m. Eles estão relacionados a uma etapa muito importante do processo de síntese proteica dos eucariontes, denominada “splicing”. Neste processo (cujo nome significa “ato de cortar” em português), regiões específicas do RNA mensageiro (os ítrons) são recortadas e eliminadas.



Número de cópias genômicas medidas usando primers qPCR dentro de um intron é semelhante ao número de cópias medida usando o prime qPCR dentro de um exon de indivíduos R e S

***-EPSPS:ALS* Relative Genomic Copy Number-**

	R1	R2	R3	S1	S2	S3
Exon	108 (4.4)	84 (8.6)	60 (0.5)	1.0 (0.06)	0.9 (0.02)	0.9 (0.01)
Intron	106 (1.2)	73 (3.0)	57 (5.1)	0.8 (0.04)	0.9 (0.07)	1.0 (0.07)

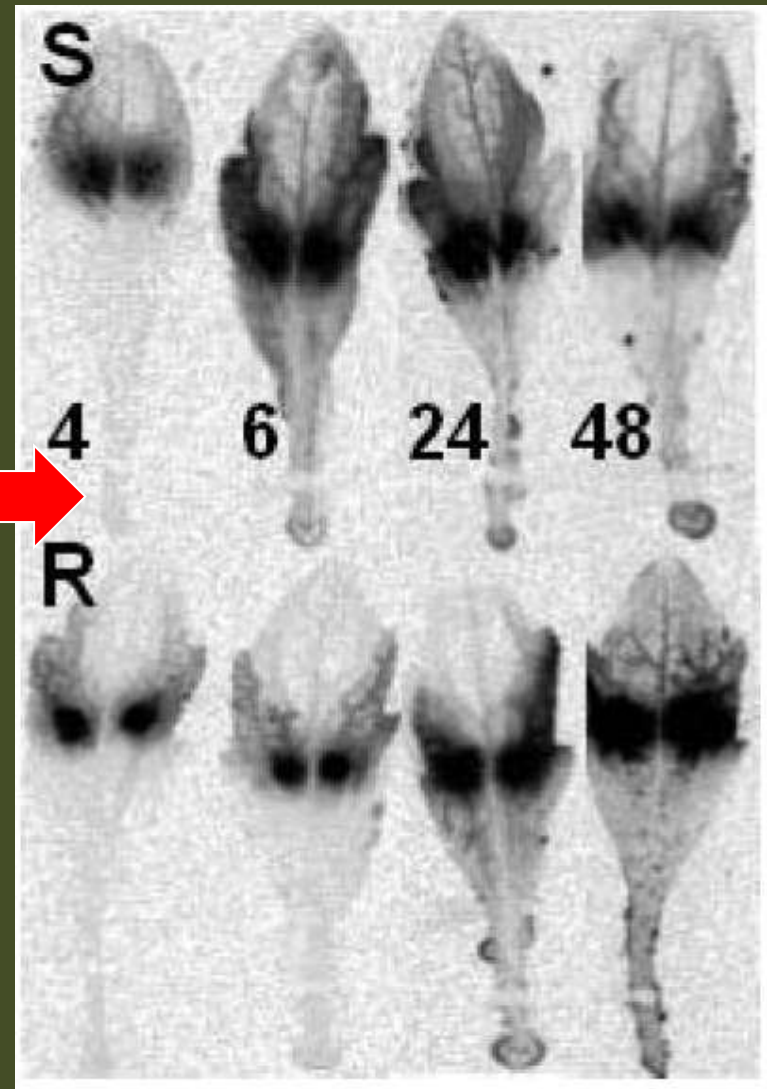
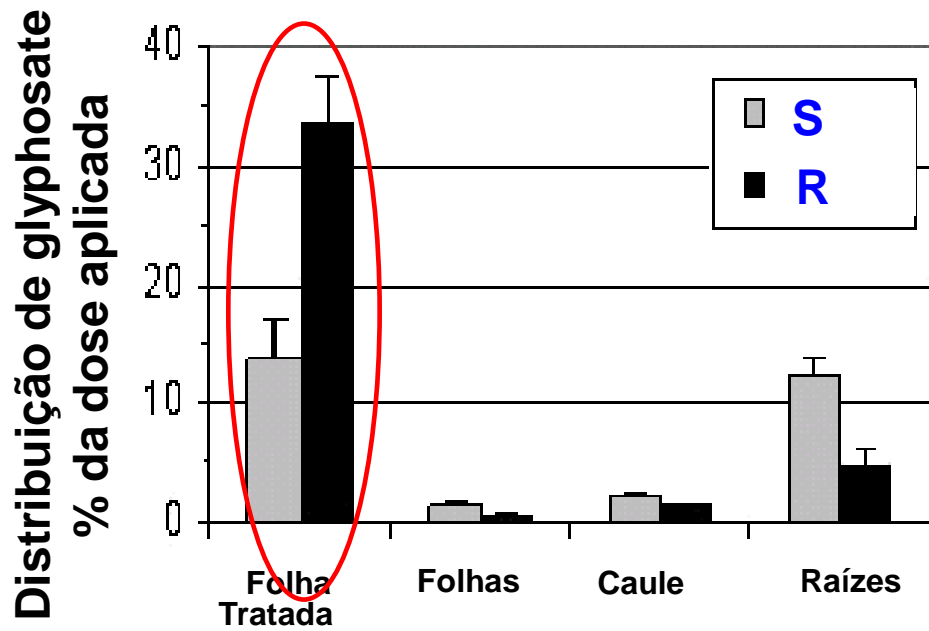
Data are means with standard errors in parentheses.

doi:10.1371/journal.pone.0065819.t001

Gaines TA, Wright AA, Molin WT, Lorentz L, et al. (2013) Identification of Genetic Elements Associated with EPSPS Gene Amplification. PLoS ONE 8(6): e65819. doi:10.1371/journal.pone.0065819

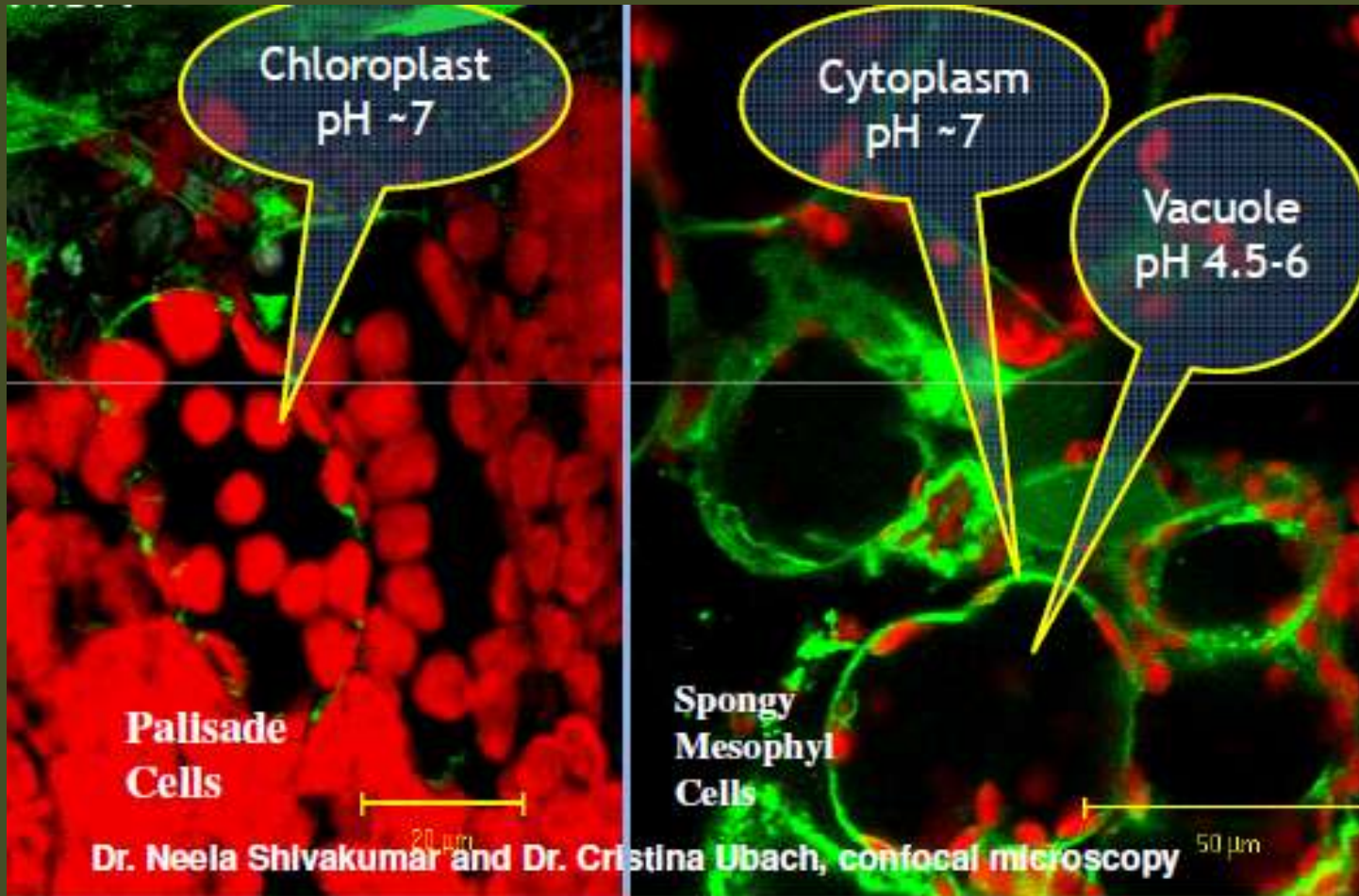
<http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0065819>

Translocação diferenciada do glifosato



Feng et al., 2004 – Weed Sci. v.54, p.498-505

Sequestração através do vacúolo



O mecanismo de resistência não ocorre no frio



Buva resistente é suscetível quando em condições de frio

Há necessidades de mudanças do sistema de produção

O que este pessoal está fazendo?



Evitar a produção de sementes de infestações tardias

Capina manual



Relatos de biótipos resistentes ao glifosato

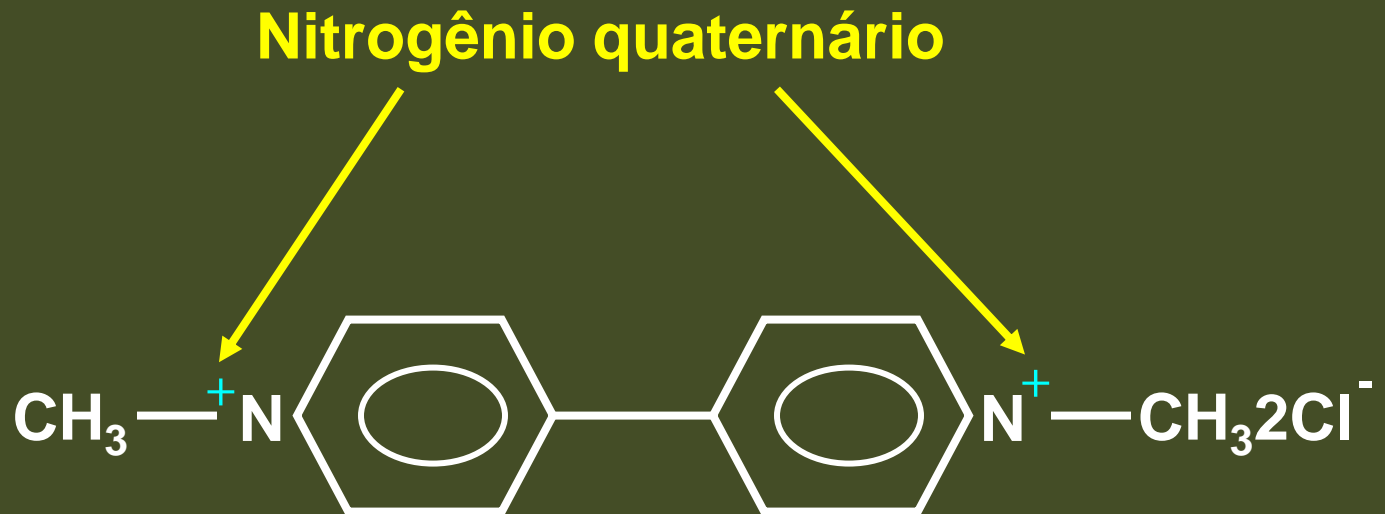
Weeds Resistant to Glycines (G/9) by species and country

#	Species	Country	First Year
1	<i>Amaranthus palmeri</i> Palmer Amaranth	<u>2005 - United States (Georgia)</u> <u>2005 - United States (North Carolina)</u> <u>2006 - United States (Arkansas)</u> <u>2006 - United States (Tennessee)</u> <u>2007 - United States (New Mexico)</u> <u>2008 - United States (Alabama)</u> <u>2008 - United States (Georgia) *Multiple - 2 SOA's</u> <u>2008 - United States (Mississippi) *Multiple - 2 SOA's</u> <u>2008 - United States (Missouri)</u> <u>2009 - United States (Tennessee) *Multiple - 2 SOA's</u> <u>2010 - United States (Illinois)</u> <u>2010 - United States (Louisiana)</u> <u>2010 - United States (Ohio)</u> <u>2011 - United States (Kansas)</u> <u>2011 - United States (Michigan)</u> <u>2011 - United States (Virginia)</u> <u>2012 - United States (Arizona)</u> <u>2012 - United States (California)</u> <u>2012 - United States (Delaware)</u>	2005

Relatos de biótipos resistentes ao glifosato

19	<i>Lolium rigidum</i> Rigid Ryegrass	<u>1996 - Australia (Victoria)</u> <u>1997 - Australia (New South Wales)</u> <u>1998 - United States (California)</u> <u>1999 - Australia (South Australia)</u> <u>1999 - Australia (Victoria) *Multiple - 4 SOA's</u> <u>2001 - South Africa</u> <u>2003 - Australia (Western Australia)</u> <u>2003 - South Africa *Multiple - 3 SOA's</u> <u>2005 - France</u> <u>2006 - Spain</u> <u>2007 - Israel *Multiple - 3 SOA's</u> <u>2007 - Italy</u> <u>2008 - Australia (South Australia) *Multiple - 2 SOA's</u> <u>2010 - Australia (South Australia) *Multiple - 2 SOA's</u>	1996
20	<i>Parthenium hysterophorus</i> Ragweed Parthenium	<u>2004 - Colombia</u>	2004
21	<i>Plantago lanceolata</i> Buckhorn Plantain	<u>2003 - South Africa</u>	2003
22	<i>Poa annua</i> Annual Bluegrass	<u>2010 - United States (Missouri)</u> <u>2011 - United States (Tennessee)</u>	2010
23	<i>Sorghum halepense</i> Johnsongrass	<u>2005 - Argentina</u> <u>2007 - United States (Arkansas)</u> <u>2008 - United States (Mississippi)</u> <u>2010 - United States (Louisiana)</u>	2005
24	<i>Urochloa panicoides</i> Liverseedgrass	<u>2008 - Australia (New South Wales)</u>	2008

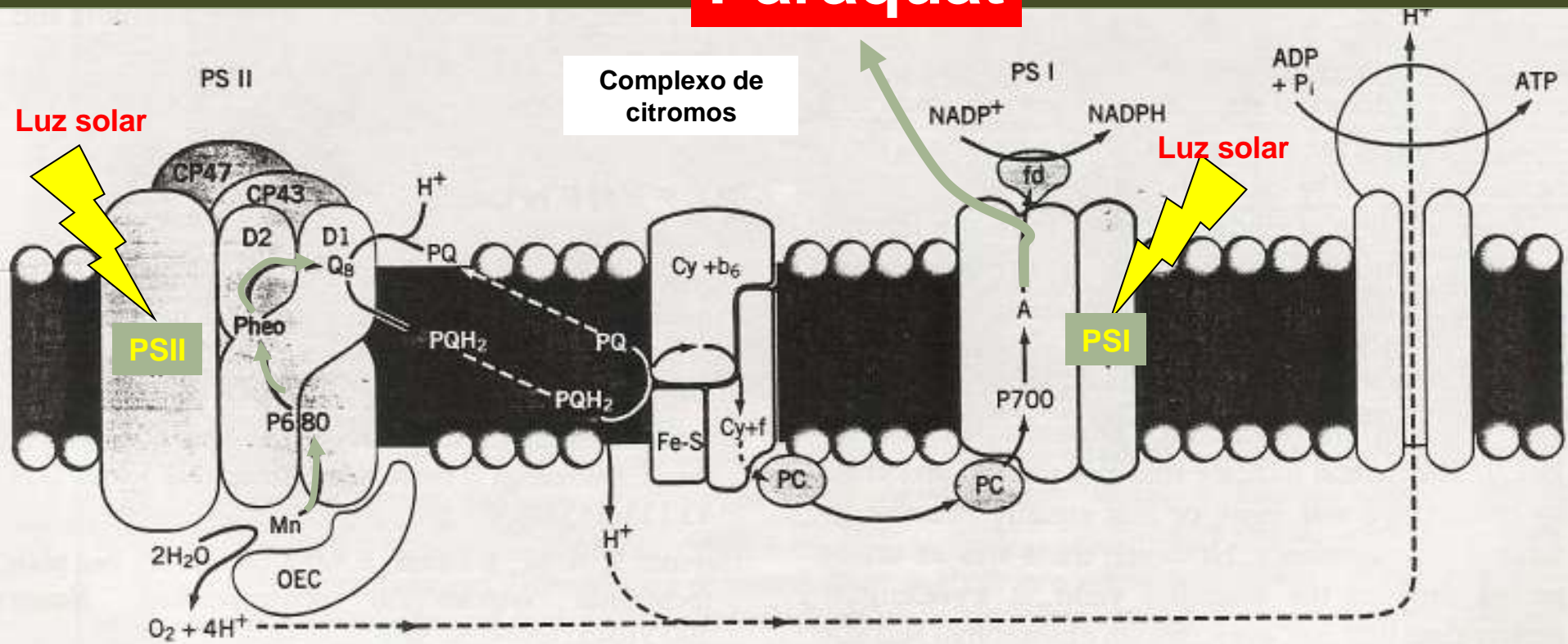
Paraquat



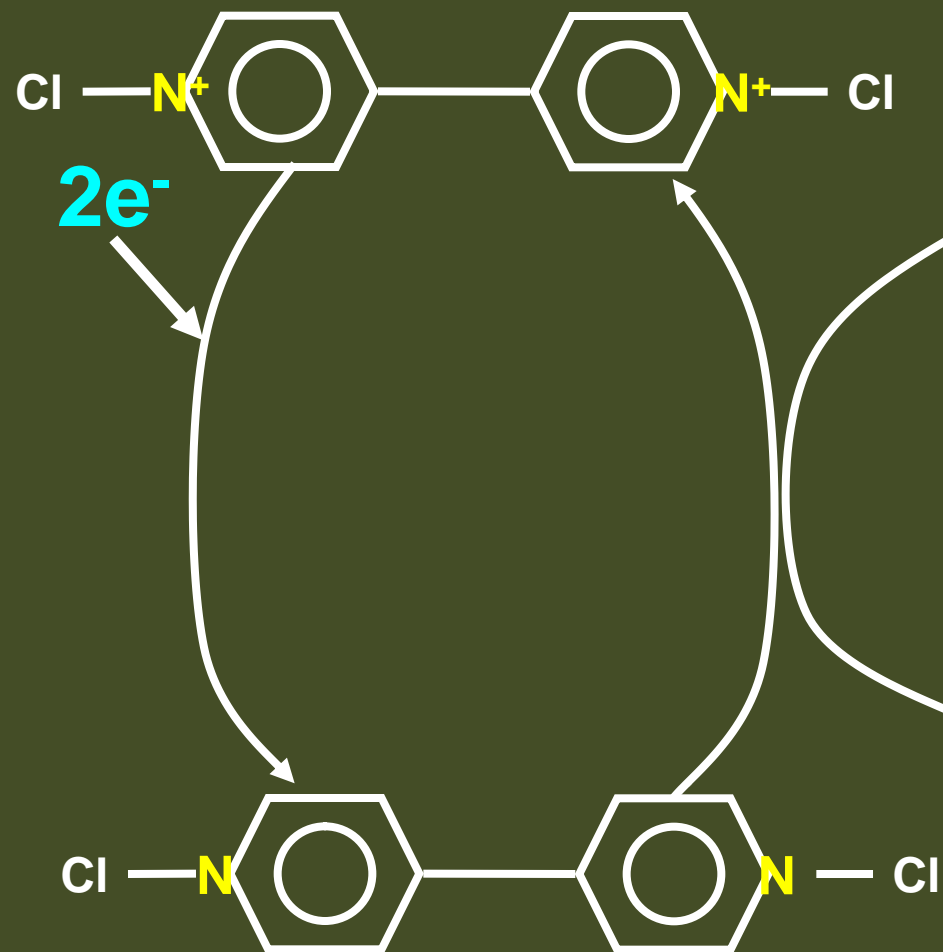
O Nitrogênio quaternário confere:

- Alta adsorvidade $K_{oc} = 1.000.000 \text{ mL/g}$
- Adsorção irreversível aos colóides de argila e M.O.S.
- Alta toxicidade a animais e mamíferos

Paraquat

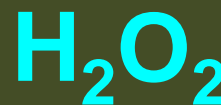


Paraquat⁺⁺ (estável)



2e⁻

Superóxido



Destruição das membranas

As moléculas reativas tais como oxigênio singlet, radical hidroxila e clorofila triplet, são resultantes da interação dos herbicidas. A ação destas moléculas irá resultar na peroxidação das membranas e consequente destruição

Oxigênio
singlet



Radical
hidroxila



Clorofila
triplet



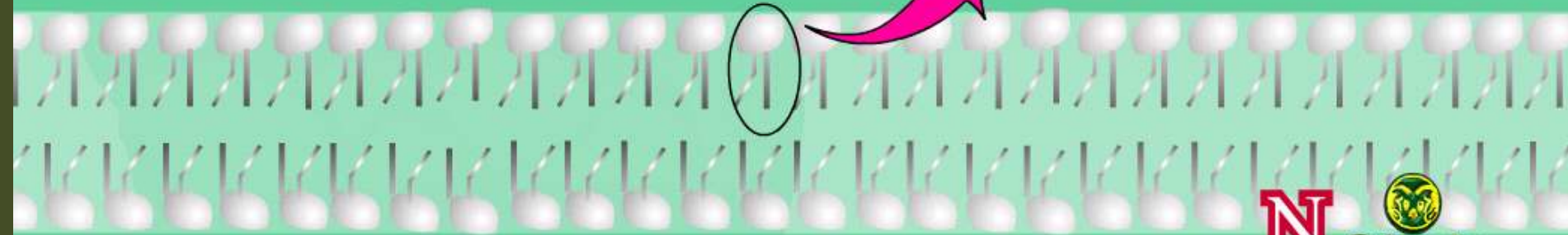
Lipid



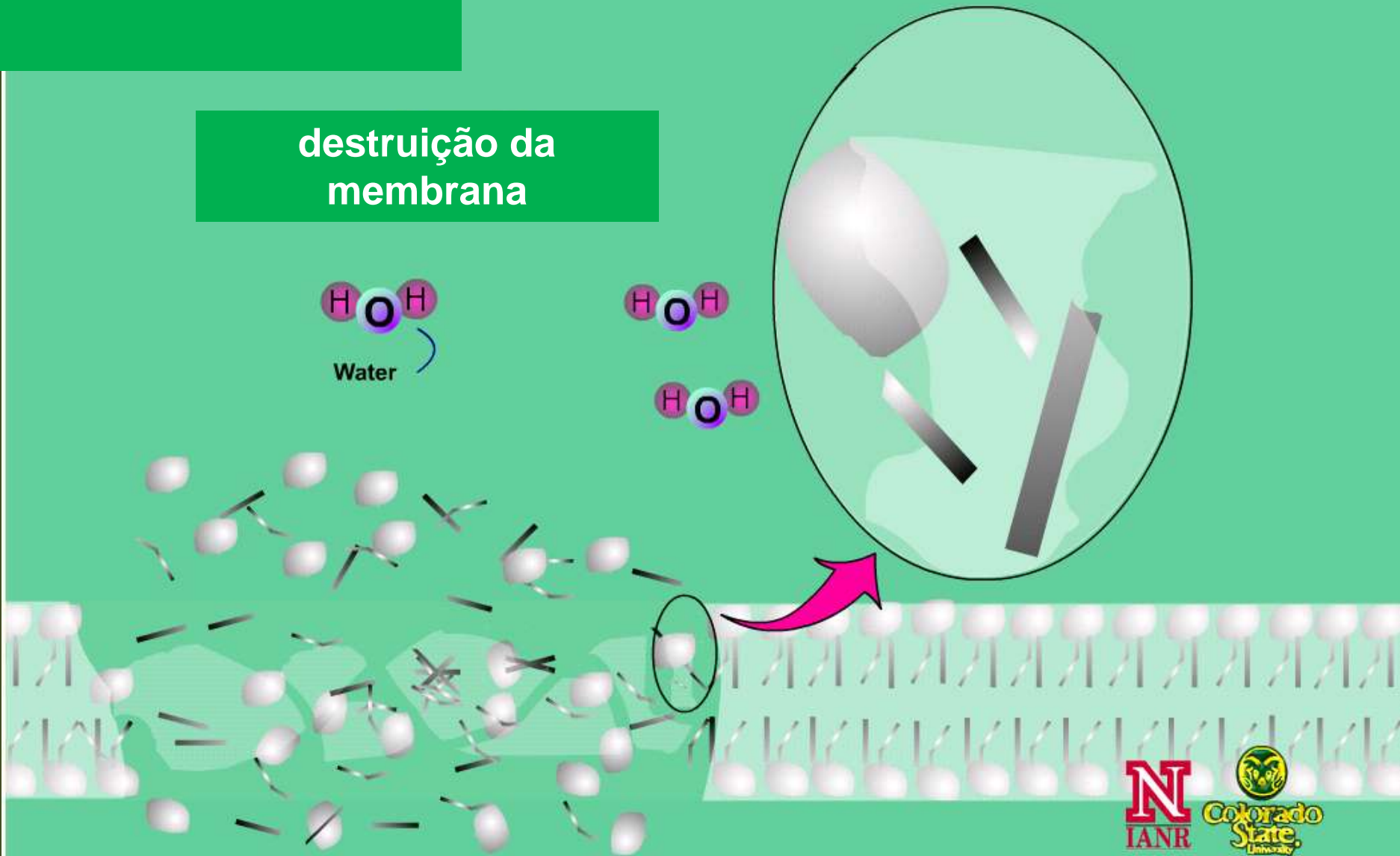
A molécula reativa é capaz de remover o hidrogênio do lipídeo e iniciar uma série de reações, resultando na destruição da membrana

Ácidos graxos poli-insaturados

Lipídeos



destruição da membrana



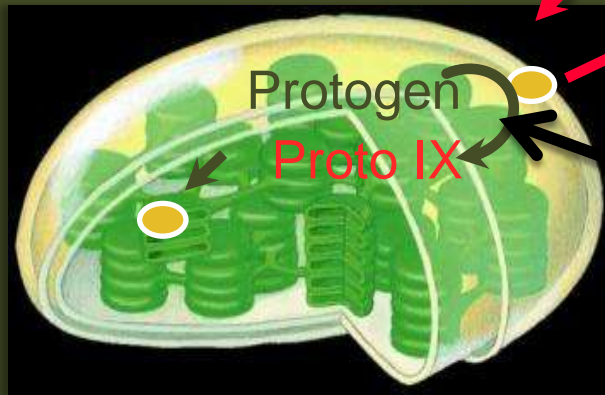
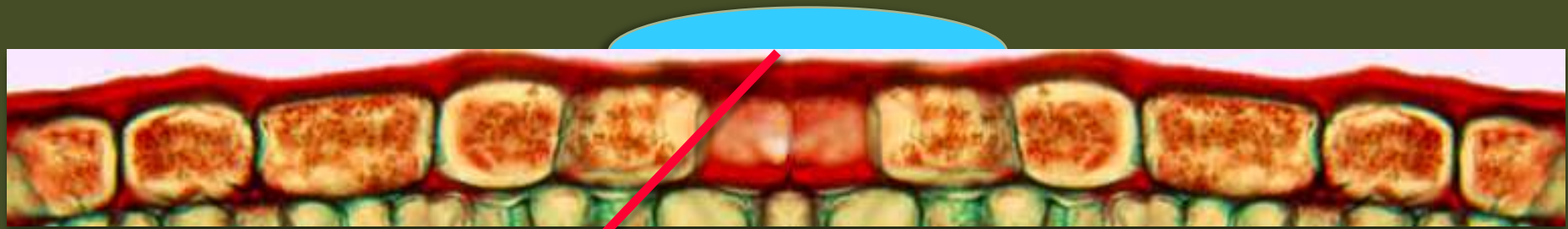
Resistência ao paraquat é possível?

- Os bupiridílios não são metabolizados facilmente nas plantas.
- Dois mecanismos de resistência/tolerância são conhecidos:
 - Altos níveis das enzimas envolvidas na detoxificação das espécies reativas de oxigênio (catalase, superóxido dismutase, etc.)
 - Rápida sequestração do herbicida no apoplasto através da retenção do herbicida na parede celular.

Resistência ao paraquat é possível?

- Mais do que um mecanismo pode estar atuando simultaneamente na mesma planta
- Muitos dos casos do paraquat e diquat são atribuídos a um único gene principal
 - ▣ *Conyza bonariensis* - um único gene nuclear dominante, aumentado o nível da enzima de detoxificação
 - ▣ *Hordeum glaucum*, *H. leporinum*, *Arctotheca calendula* – único genes, nuclear, incompletamente dominante
 - ▣ *Lolium perenne* – a resistência é herdada como resultados de vários genes.

Inibidores da PROTOX – sulfentrazone, oxyfluorfen, flumioxazin, cafentrazone e saflufenacil



Protogeno **Proto IX**

PROTOX Inhibitors

O_2

$O_2^{1\Delta g}$

Formas reativas de oxigênio

Injúria típica dos inibidores da PROTOX



PPO INHIBITORS (E/14) RESISTANT WEEDS by species and country

#	Species	Country <small>(Click for Details)</small>	Year
1.	<i>Acalypha australis</i> Asian Copperleaf	2011 - China	2011
2.	<i>Amaranthus quitensis</i> Pigweed (quitensis)	2005 - Bolivia	2005
3.	<i>Amaranthus tuberculatus</i> <i>(syn. rudis)</i> Common Waterhemp	2001 - USA (Kansas) *Multiple - 2 MOA's 2002 - USA (Illinois) *Multiple - 3 MOA's 2005 - USA (Missouri) *Multiple - 3 MOA's 2009 - USA (Iowa) 2009 - USA (Iowa)	2001
4.	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> Common Ragweed	2005 - USA (Delaware) *Multiple - 2 MOA's 2006 - USA (Ohio) *Multiple - 2 MOA's	2005
5.	<i>Descurainia sophia</i> Flixweed	2011 - China	2011
6.	<i>Euphorbia heterophylla</i> Wild Poinsettia	2004 - Brazil *Multiple - 2 MOA's	2004

Planta de caruru resistente aos inibidores da PROTOX



Resumo dos mecanismos de resistência

Dois eventos principais conferem resistência:

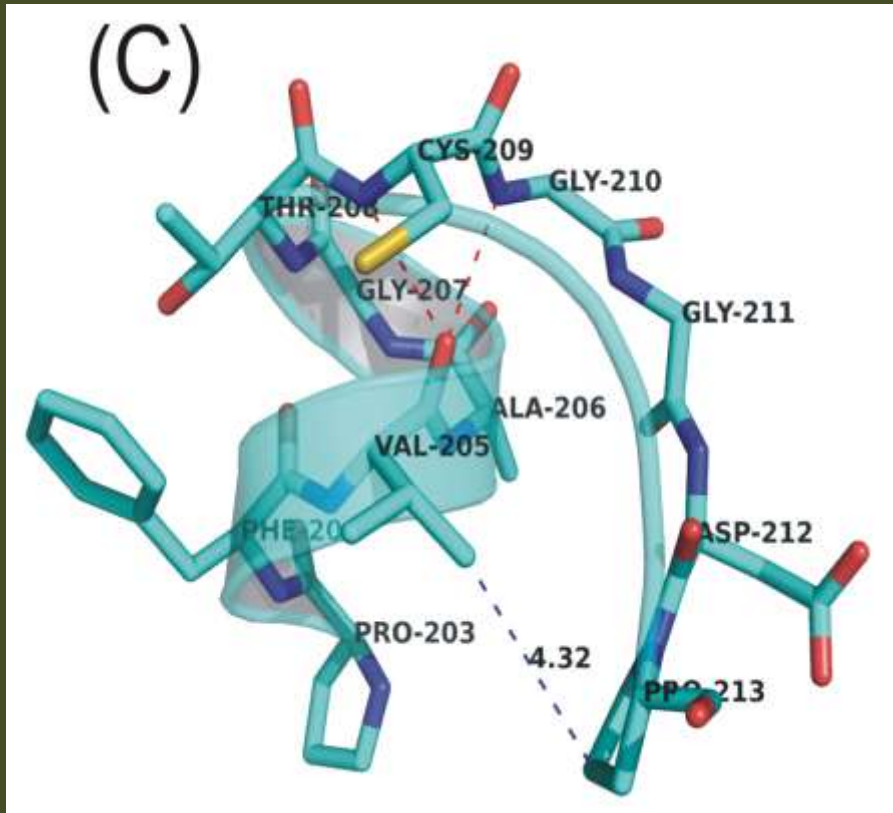
- ✓ Remoção de três nucleotídeos que codificam a glicina na posição 210
- ✓ Desvio da Protox mitocondrial, que é naturalmente tolerante, para o cloroplasto

Aumento significativo no valor do I_{50} dos herbicidas

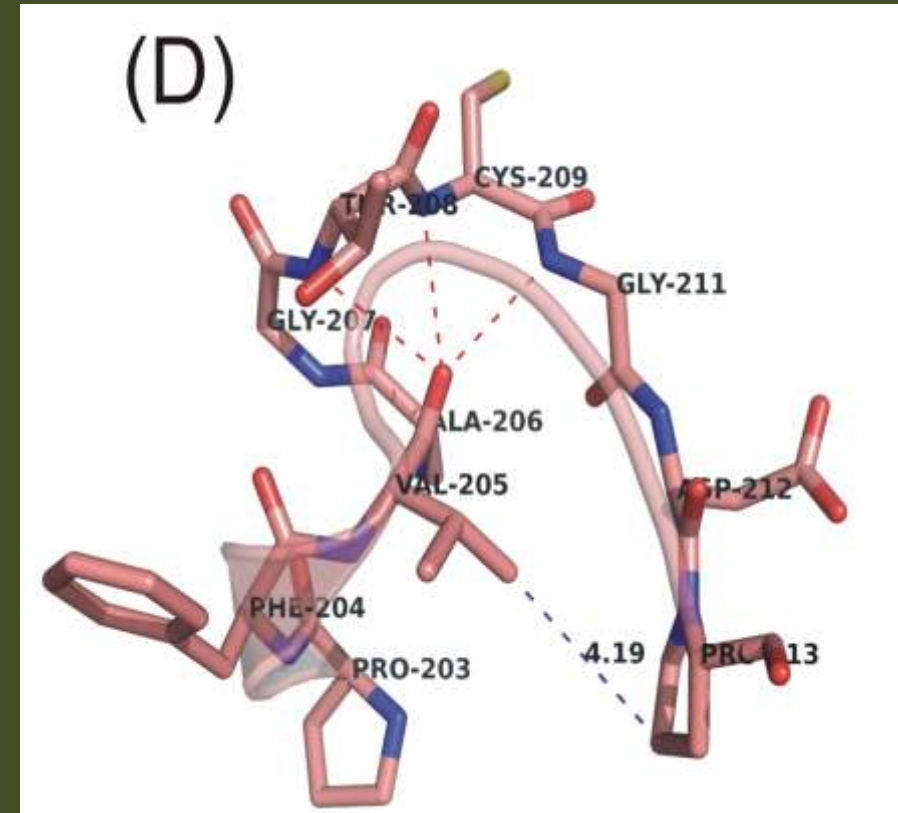
- ✓ lactofen 60 a 12.500 nM (208 vezes)
- ✓ aciflurofen 60 a 29.900 nM (498 vezes)
- ✓ MC15608 50 a 21.100 nM (422 vezes)

Simulação da dinâmica molecular

Dayan, F. E. et al. 2010. Biochemica et Biophysica Acta 1804:1548-1566



Enzima da planta suscetível
após simulação

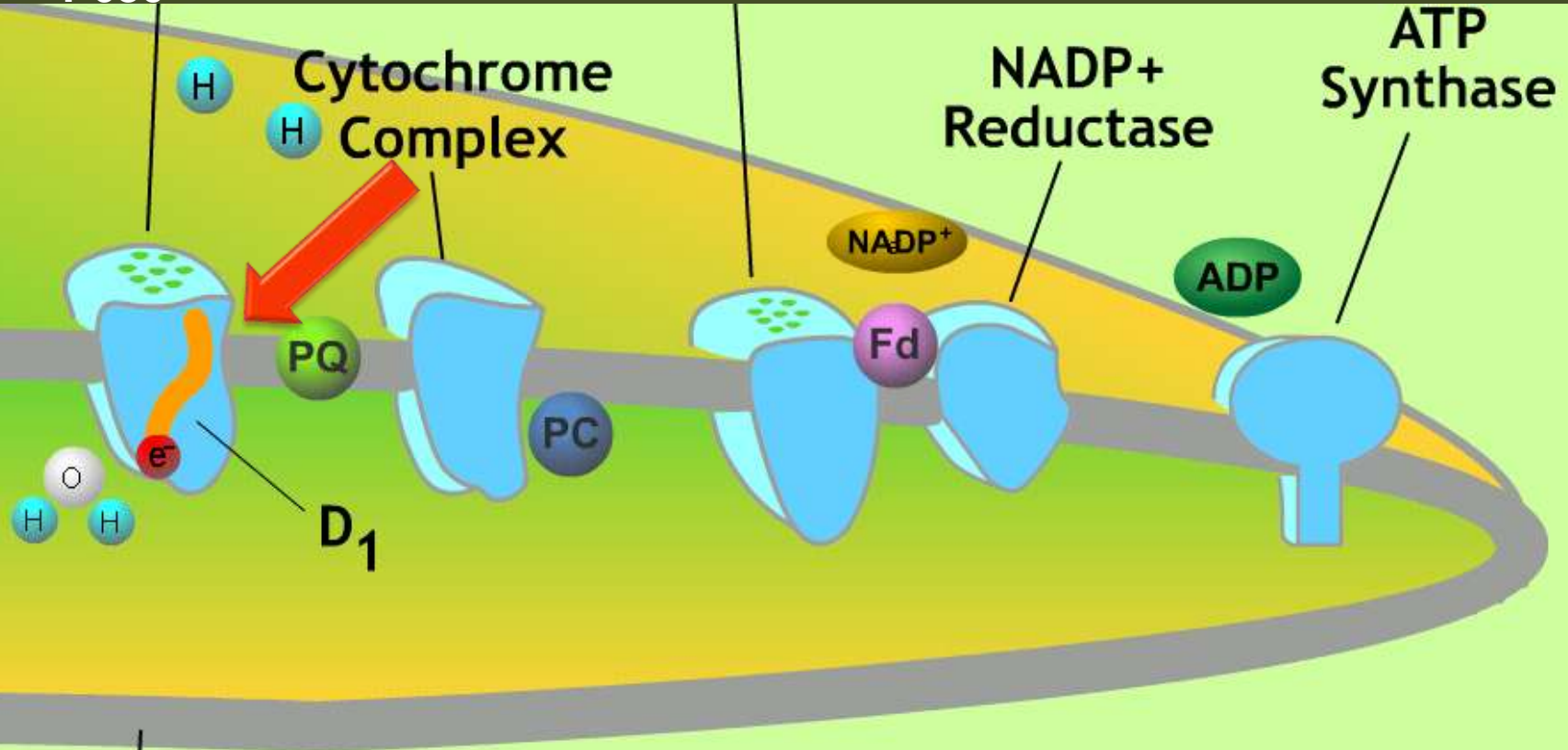


Enzima da planta resistente
após simulação

Inibidores do Fotossistema II: ametrina, diuron, metribuzin e simazina

Fotossistema II

P680

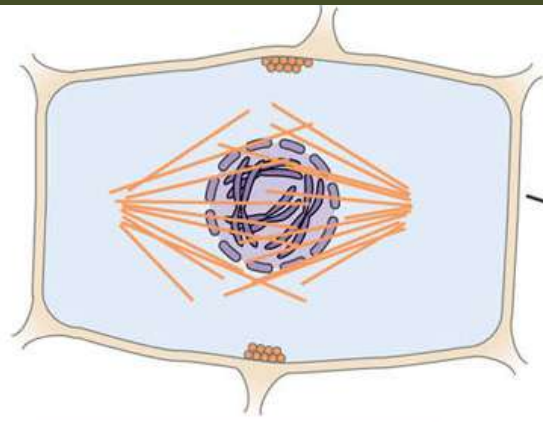


Membrana tilacóide

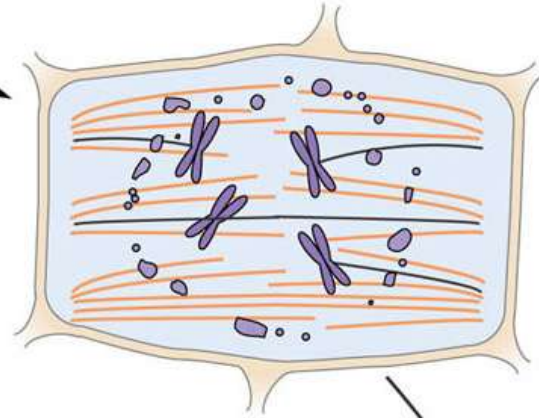
Resistência aos inibidores do PSII

- Mutantes resistentes têm sido usados para estudos bioquímicos da D1
- Aplicações repetidas de s-triazinas têm resultados em pelo menos 31 espécies resistente na Europa
- Mutantes resistentes exibem uma mudança na ser-264 para glicina (AGT>GGT).
- Nível de Resistencia de 10 X a quando testada plantas, e 1.000 X quando testado cloroplastos isolados
- Planta resistente é menos adaptada que a suscetível

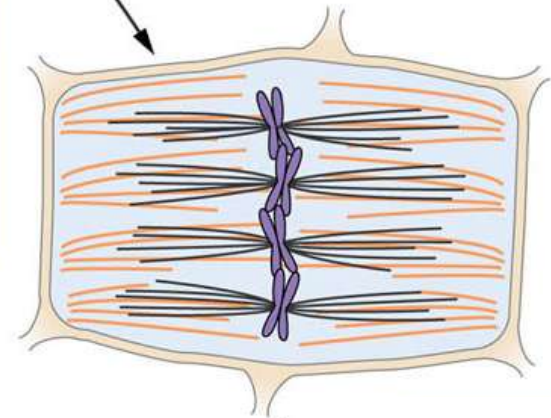
Inibidores da síntese de microtúbulos - pendimethalin



prófase



Pró - metáfase



metáfase

Inibidores dos microtúbulos

Célula afetada pelo herbicida

herbicida



Inibição

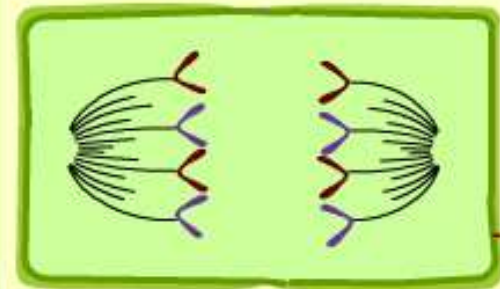


herbicida



Inibição

Célula normal



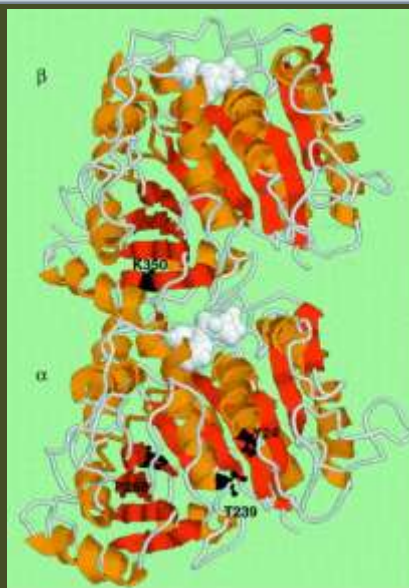
Sintomas comuns de injúria



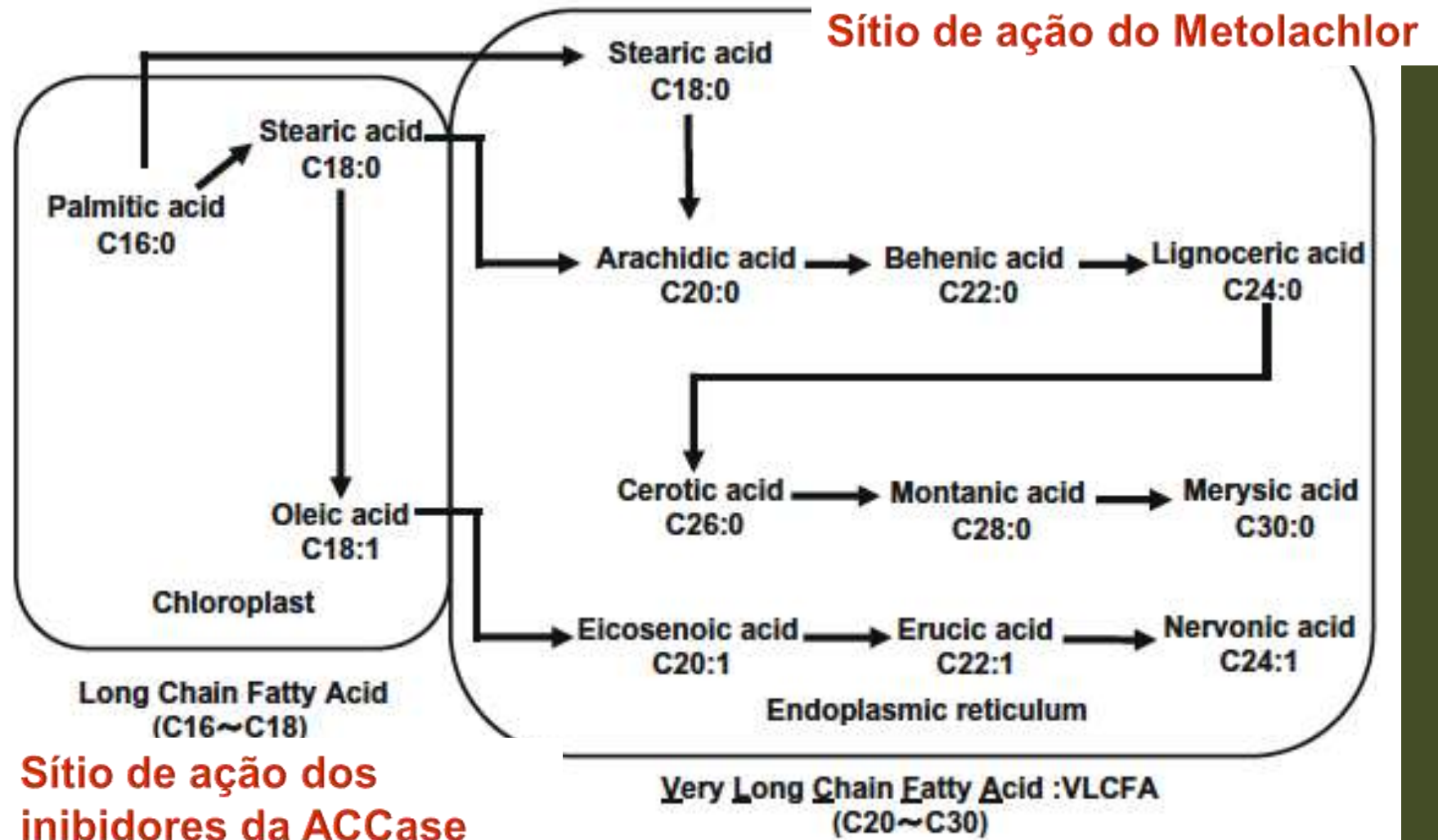
Resistência aos herbicidas dinitroanilinas

9	<i>Poa annua</i> Annual Bluegrass	<u>1997 - United States (North Carolina)</u> <u>2007 - United States (Tennessee)</u> <u>2012 - United States (Alabama)</u>	1997
10	<i>Setaria viridis</i> Green Foxtail	<u>1988 - Canada (Manitoba)</u> <u>1989 - Canada (Alberta)</u> <u>1989 - United States (North Dakota)</u> <u>1991 - Canada (Saskatchewan)</u> <u>1992 - Canada (Manitoba) *Multiple - 2 SOA's</u> <u>1996 - Canada (Saskatchewan) *Multiple - 2 SOA's</u>	1988
11	<i>Sorghum halepense</i> Johnsongrass	<u>1992 - United States (Mississippi)</u>	1992

- ✓ Mutação na formação do microtúbulo, resultando em uma modificação da α tubulina



Relação entre a produção de ácidos graxos no cloroplasto e no retículo endoplasmático



Herbicidas inibidores da síntese de ácidos graxos ao nível do retículo endoplasmático – VLCFA - **Metolachlor**

Avaliação das plantas sobreviventes de 100 milhões de plantas – 200 ha de Azevém

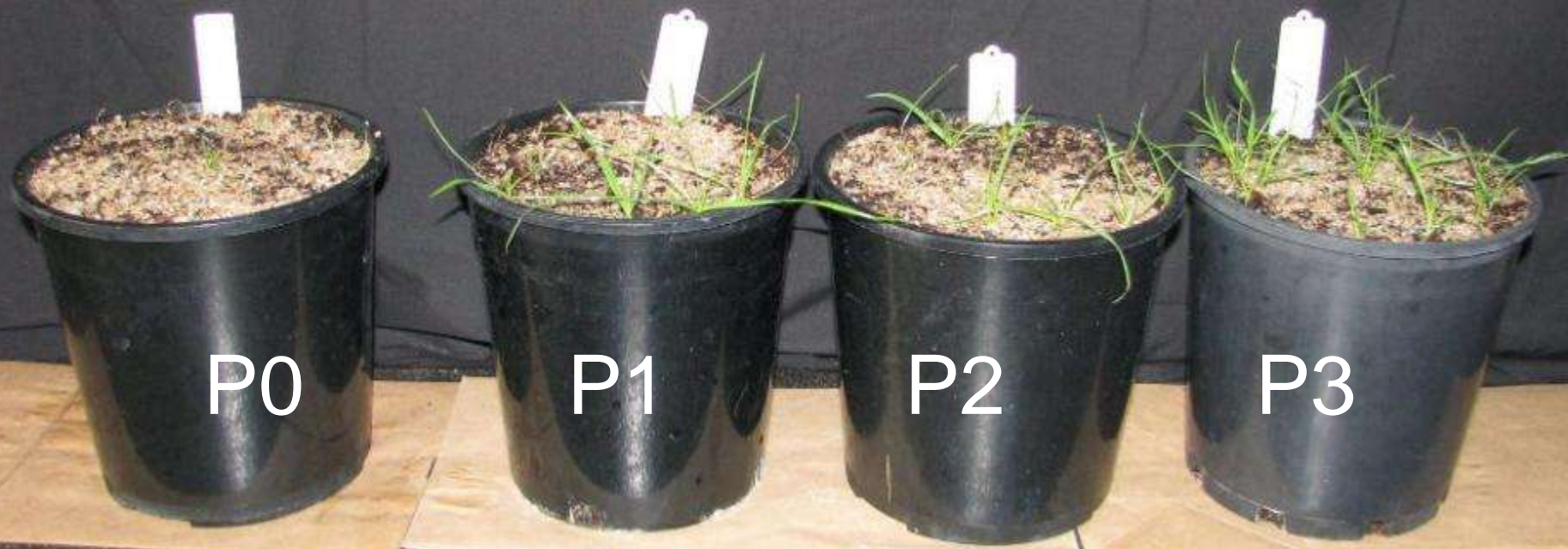
- ⊙ Mortalidade massiva
 - ⊙ 99,999%
- ⊙ Poucos sobreviventes
 - ⊙ 22 plantas apenas
 - ⊙ Todos os sobreviventes foram recultivados para teste na próxima geração
 - ⊙ Nenhuma era resistente

**Pyroxasulfone = KIH 800 (Sakura) –
mesmos mecanismo de ação do metolachlor**



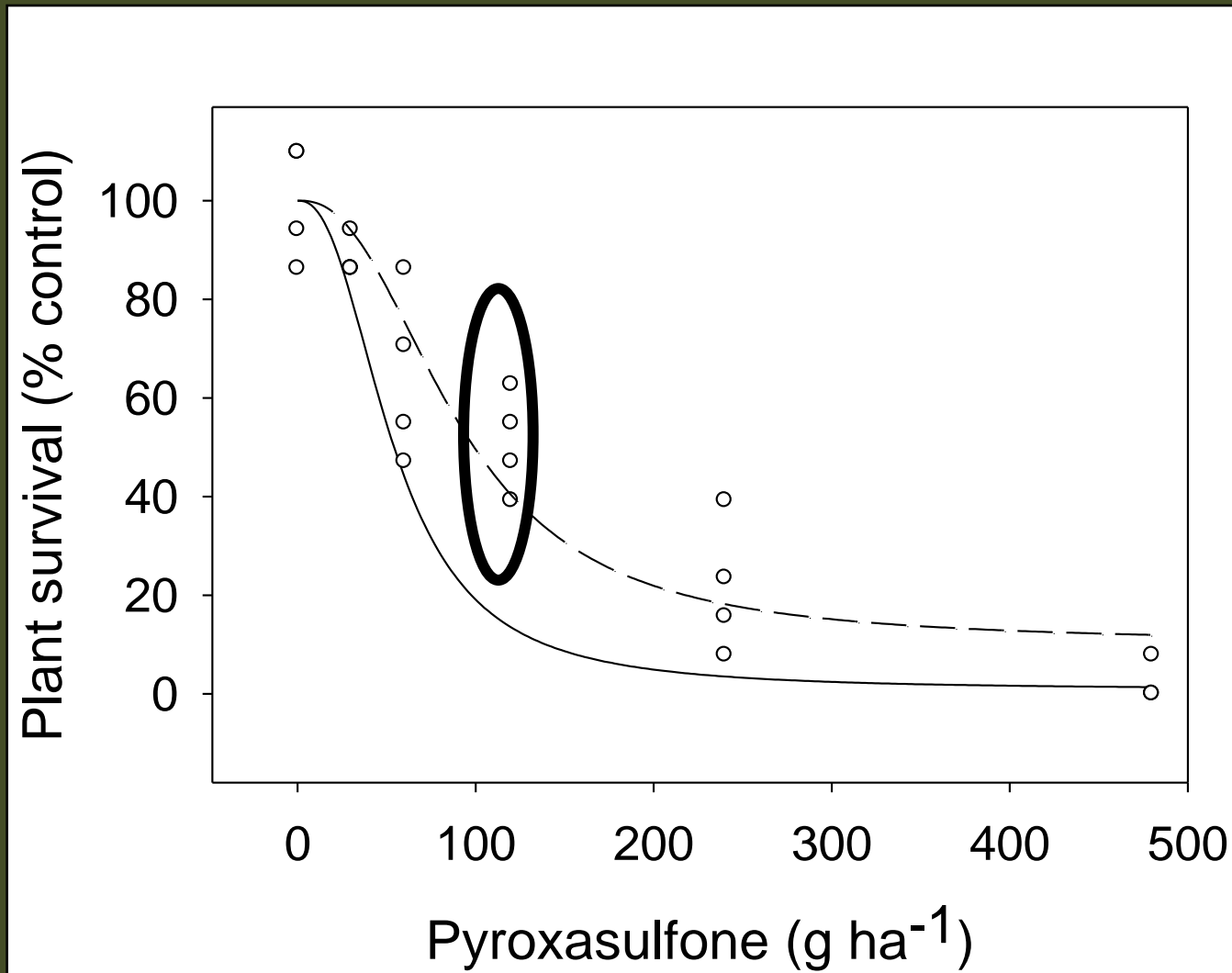
Quando populações de *Lolium* de resistência múltipla foram testadas durante várias gerações com subdoses de Piroxasulfone 90 g ha⁻¹

Plantas com resistência múltipla (metabólica) a outros mecanismos de ação

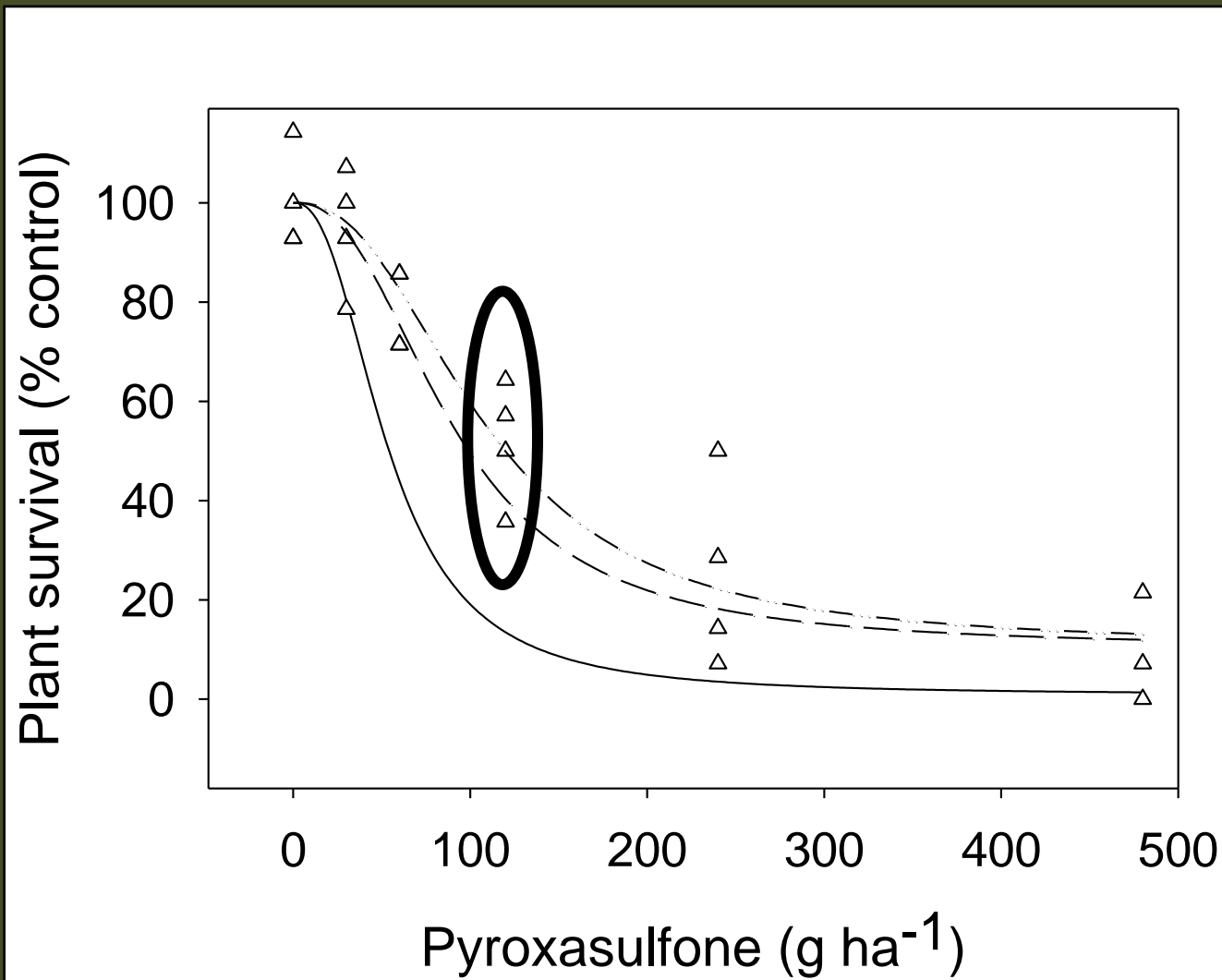


⊙ A resistência rapidamente foi selecionada

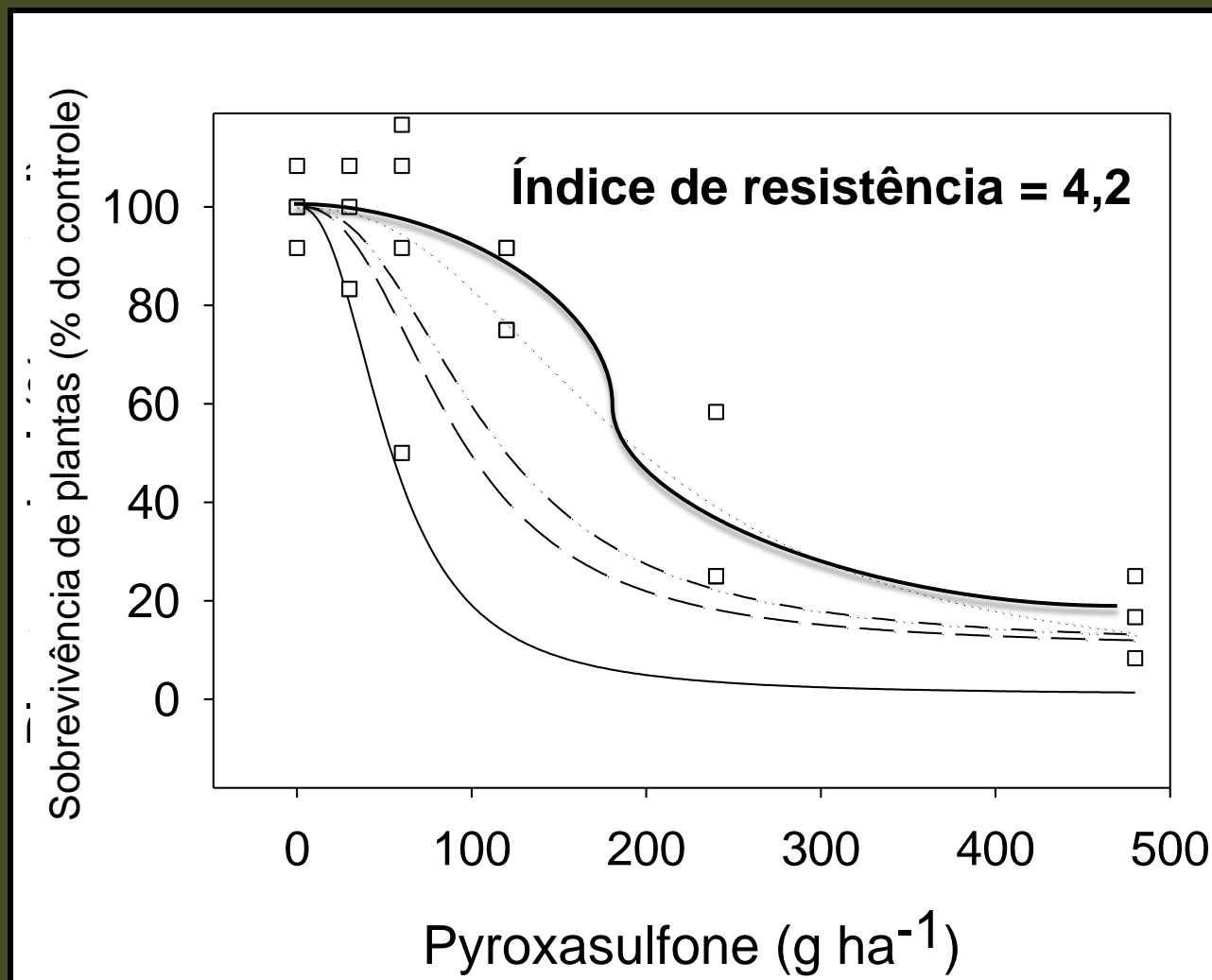
Progênie 1



Progênie 2



Progênie 3 já são consideradas resistentes



Resistência não específica em *Lolium*

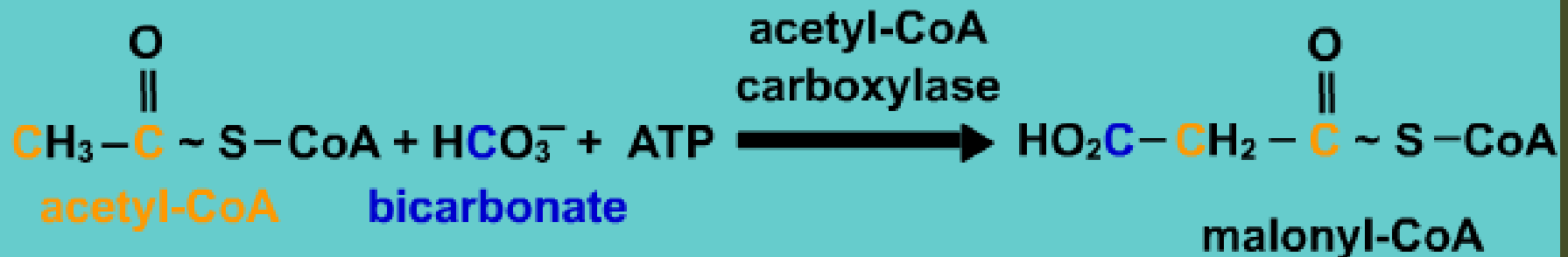
58

- Resistência não específica (RNE)
 - ▣ Geralmente envolve a detoxificação do herbicida
- Mecanismos complexos
 - ▣ Família de genes – Citocromo P450, Glutathione S-transferase, glucosil transferase, transportadores abcs
 - ▣ CytP450: mais de 300 genes em Arabidopsis
 - ▣ Difícil de medir sua atividade in vitro
 - ▣ Inibidores do CytP450 podem reverter a resistência
 - ▣ Famílias de gene que são difíceis de serem identificadas e clonadas

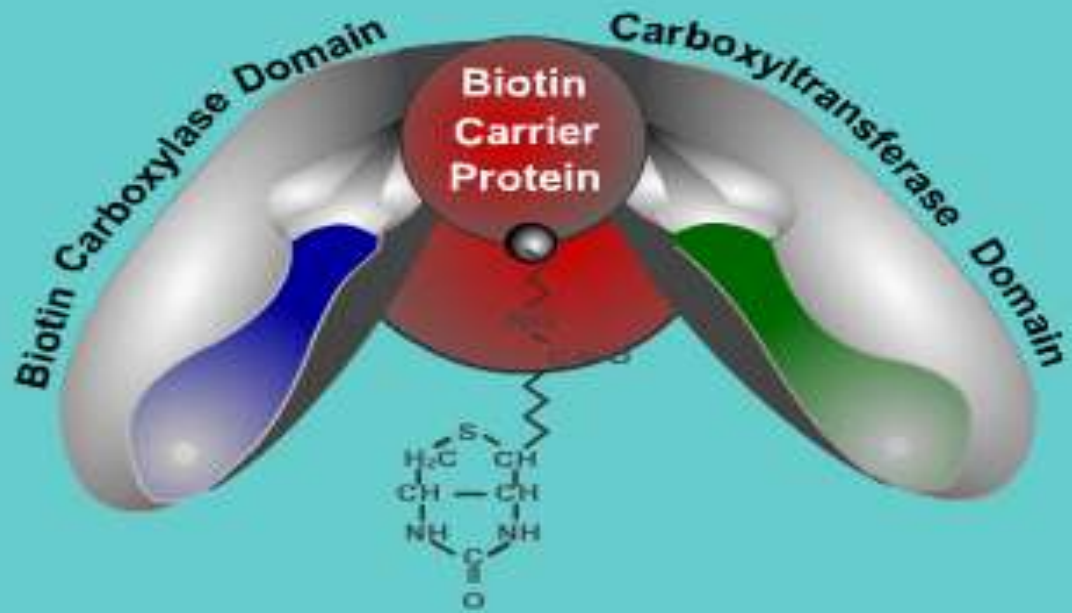
Inibidores da ACCase – FOPs e DINs Clethodin e Fluazifop butil

O que é ACCase ?

É a conversão da Acetil Coenzima A a Malonil Coenzima, que é a chave para iniciar o processo de biossíntese dos lipídeos no cloroplasto da planta



Estrutura básica da ACCase



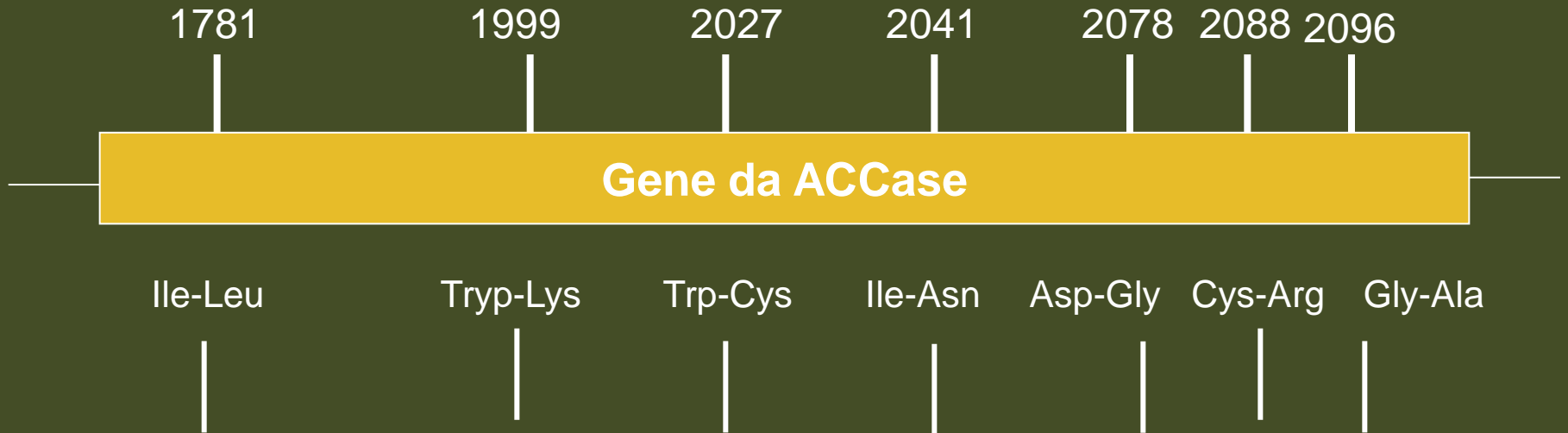
Exemplos de resistência a ACCase

Aveia brava e azevém têm sido as espécies de maior número de casos de resistência

32	<i>Lolium rigidum</i> Rigid Ryegrass	<u>1982 - Australia (South Australia) *Multiple - 7 SOA's</u> <u>1982 - Australia (Western Australia) *Multiple - 3 SOA's</u> <u>1984 - Australia (Victoria) *Multiple - 3 SOA's</u> <u>1985 - Australia (New South Wales) *Multiple - 3 SOA's</u> <u>1992 - Saudi Arabia</u> <u>1992 - Spain *Multiple - 2 SOA's</u> <u>1992 - Spain</u> <u>1993 - France</u> <u>1993 - South Africa *Multiple - 2 SOA's</u> <u>1996 - Tunisia</u> <u>1997 - Chile</u> <u>1997 - Greece</u> <u>1998 - Israel</u> <u>1999 - Australia (Victoria) *Multiple - 4 SOA's</u> <u>2003 - Chile *Multiple - 2 SOA's</u> <u>2003 - South Africa *Multiple - 3 SOA's</u> <u>2007 - Iran</u> <u>2007 - Israel *Multiple - 3 SOA's</u> <u>2010 - Australia (South Australia) *Multiple - 2 SOA's</u>	1982
----	--	--	------

Todas as mutações podem ser facilmente “stackeadas”

7 substituições de aminoácidos resultam em resistência em populações de *Lolium*



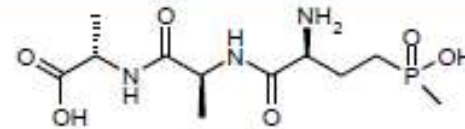
Sumário da resistência a ACCase

- ✓ Atualmente existem 43 espécies são resistentes aos inibidores da ACCase.
- ✓ A resistência pode ser pelo sítio de ação, sendo a mais comum:
 - ✓ isoleucina substituída pela leucina na posição 1769
- ✓ Resistência metabólica também ocorre em azevém

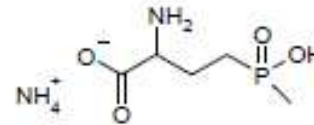
Glufosinate é um herbicida de origem natural



Streptomyces hygroscopicus



Bialaphos =
L-Alanyl-L-alanyl-L-phosphinothricin

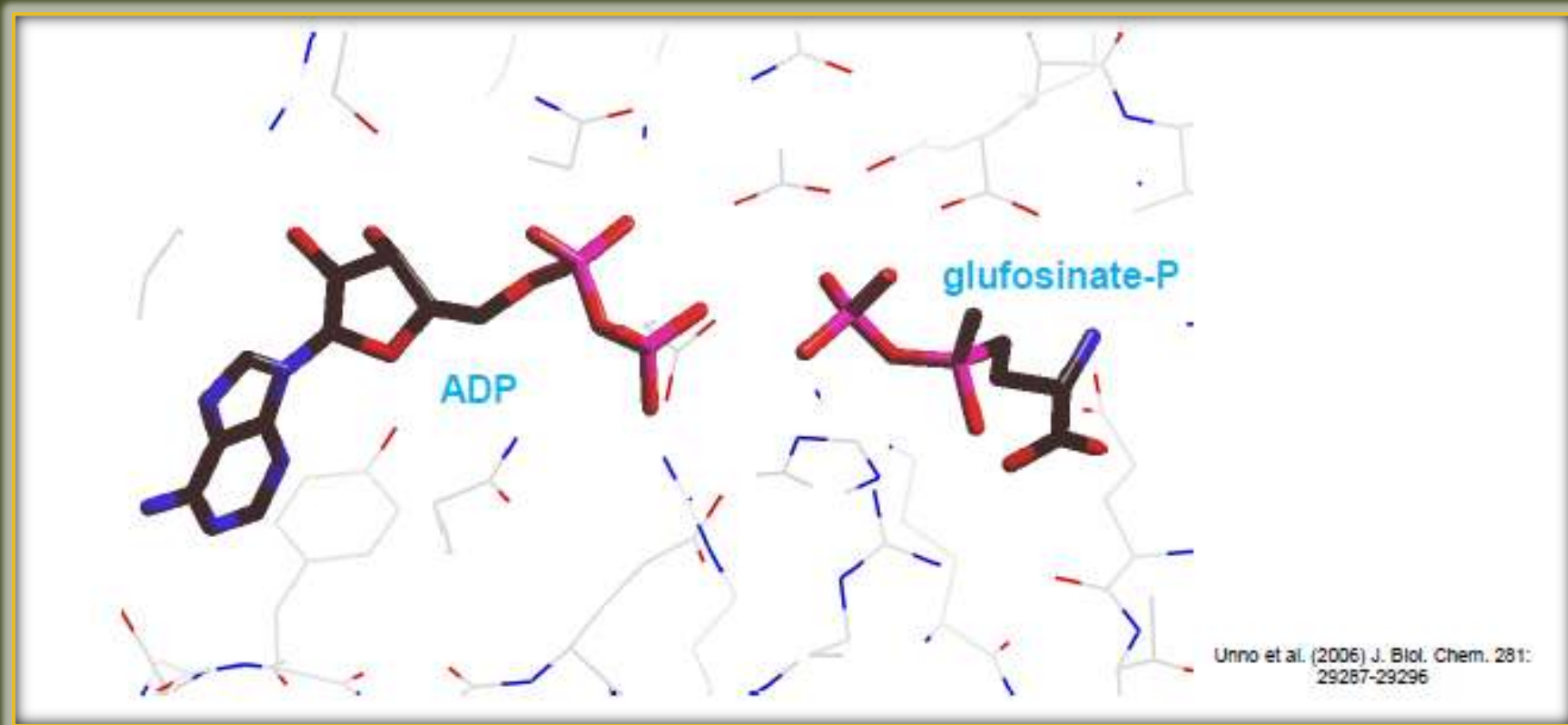


Glufosinate-ammonium



Glufosinato fosforilado no sítio ativo da GS

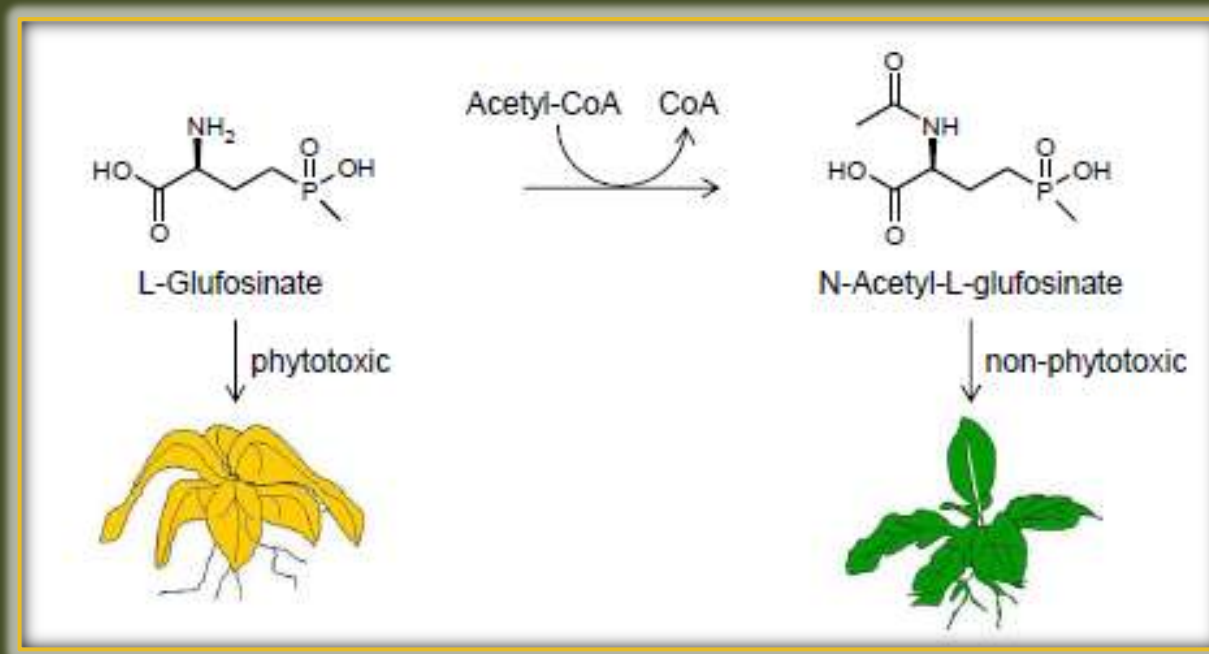
A GS do milho foi cristalizada na presença do ATP e glufosinato



A inibição da GS leva a um acúmulo de altos níveis de amônia tóxica

Culturas tolerantes ao glufosinate

Culturas transgênicas resistentes ao glufosinate são geradas pela expressão recombinante dos genes de microrganismos *pat* e *par* que codificam a fosfonitricina N-acetiltransferase



Canola, milho, algodão e soja tolerantes ao glufosinate são comercializadas como Liberty Link

Linhagens de células resistentes ao glufosinate

- Fator de resistência 120, mas sem diferenças significativas na especificidade de atividade da GS
- A comparação entre a GS de células resistentes com a isoenzima GS1 citosólica revela mudança de 4 aa

```
GS1_1      1 100
(1) MASLTDLVNLDLSDCTDRRIIAEYIWIGGTGIDLRKARTVKGPITDEIQLPKWNVDGSSTGQAPGEDSEVILYPQAIKDPFRKGNHILVMCDCYTPQGE
R_cells   (1) -----RRIIAEYIWIGGTGIDLRKARTVKGPITDESQLPKWNVDGSSTGQAPGEDSEVILYPQAIKDPFRKGNHILVMCDCYTPQGE
101 200
GS1_1   (101) PIPTNKRYSAAKVFSHPDVAAEVPWYGIEQEYLLQKDVSWPLGWPVGGYPGPGQGPYYCAAGADKAFGRDVVDHAHYKACLYAGINISGINCEVMPGQWEE
R_cells (84)  PIPTNKRYSAAKVFSHPDVAAEVPWYGIEQEYLLQKDVSWPLGWPVGGYPGPGQGPYYCAAGADKAFGRDVVDHAHYKACLYAGINISGINCEVMPGQWEE
201 300
GS1_1   (201) QVGPSVGISAGDEIWVARYILERITEMAGIVLSLDPKPIKGDWNGAGAHTNYSTKSMREAGGYEVIKAAIDKLGKRHKEHIAAYGEGNERRLTGRHETAD
R_cells (184) QVGPSVGISAGDEIWVARYILERITEMAGIVLSLDPKPIKGDWNGAGAHTNYSTKSMREAGGYEVIKAAIDKLGKRHKEHIAAYGEGNERRLTGRHETAD
301 357
GS1_1   (301) INTFKWGVANRGASIRVGRDTEREGKGYFEDRRPASNMDPYVVTGMIAETILWNGN
R_cells (284) INTFKWGVANRGASIRVGRDTEREGKGYFEDRRPASNMDPYVVTGMIAETILWKN
```

Imagens da área com problema de resistência de capim pé de galinha ao glufosinate na Malásia

Capim pé de galinha em viveiro de produção de palmáceas perto da cidade de Jerantut, tratada com glufosinate pelo menos 12 vezes por ano durante cinco anos consecutivos



Glufosinate 3,3 L/ha – uma semana após tratamento, eficácia inicial de 70 a 80%



Depois de 2 a 3 semanas da dessecação iniciou-se a rebrota e perfilhamento



Rebrota total depois de poucas semanas sob irrigação por gotejo

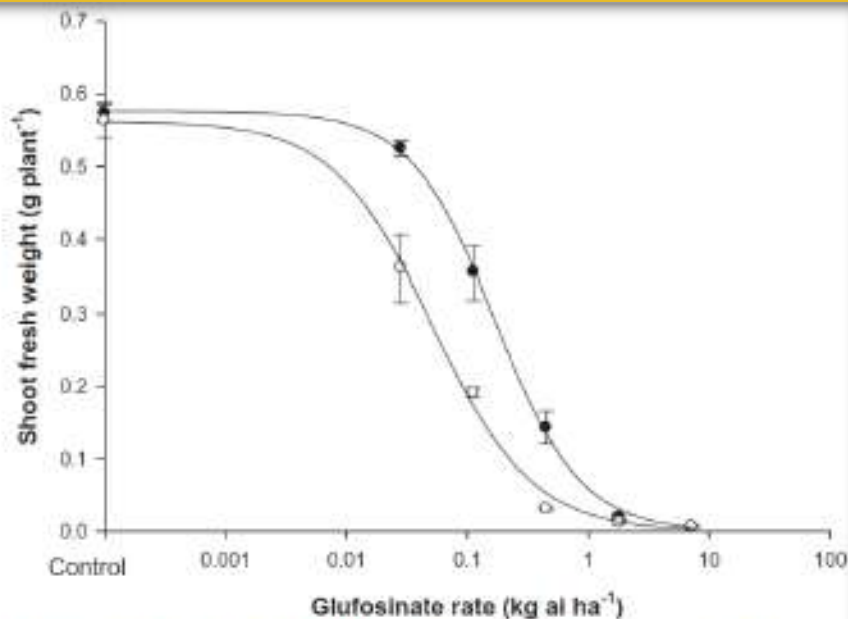
Há indicações de que a resistência pode ser metabólica

Um mês após a aplicação

2ª aplicação durante estádios iniciais de crescimento



Resistência de capim pé de galinha na Malásia



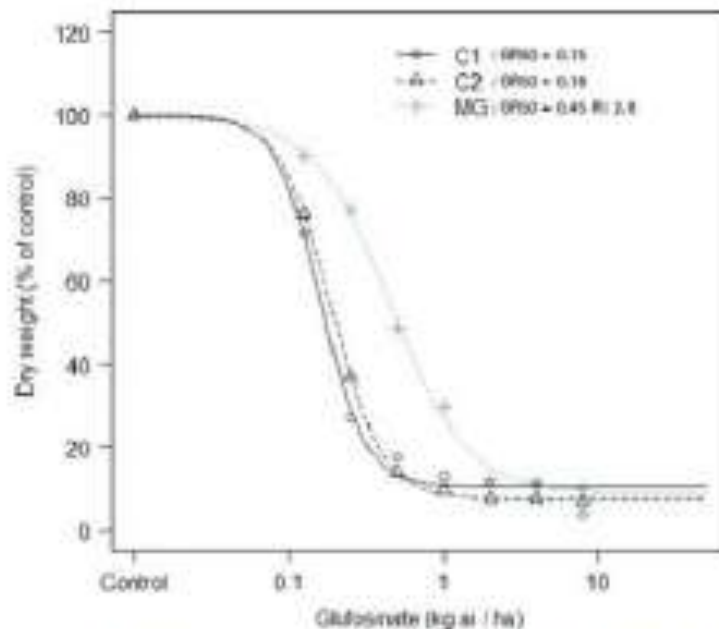
Susceptible (○) and resistant (●) biotypes of goosegrass, whole-plant bioassay, 7 days after treatment under glasshouse conditions.

- Depois de 24 aplicações de glufosinate
- R/S 3,4
- Plantas completamente controladas na dose de 4x a recomendada
- Resistência múltipla com o paraquat
- Mecanismo desconhecido

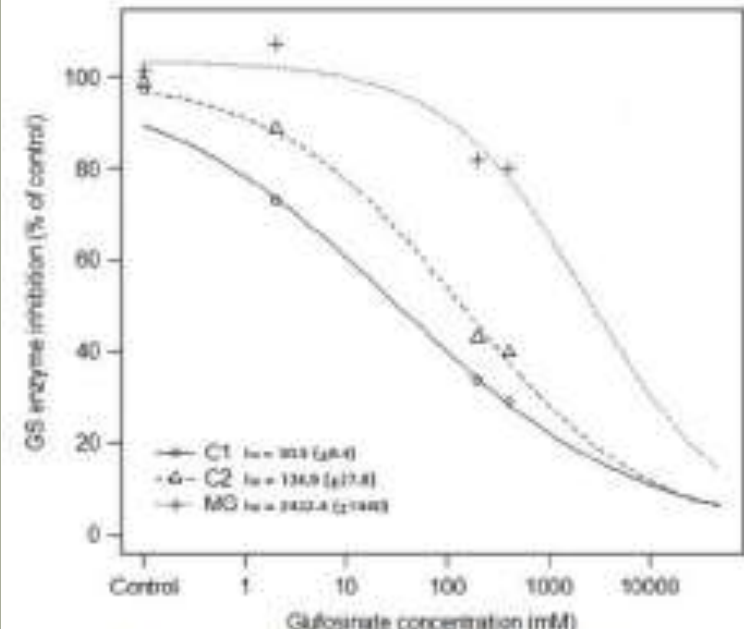
Resistência de azevém em Oregon

- Ocorreu em pomares de frutíferas com histórico de uso do glyphosate. Nunca tinha sido pulverizado com glufosinato
- Resistência múltipla com glyphosate
- I_{50} da GS entre 31 e 137 μM para a S e 2432 μM para a R e $R/S = 18 - 78$

Avila-Garcia et al. (2012) Pest. Manag. Sci. 68, 1248-1254



Glufosinate dose-response curves of Italian ryegrass populations



Effect of glufosinate concentration on GS activity

Azevém resistente ao glufosinate em Oregon – USA
Esta população nunca foi pulverizada com glufosinate



Testemunha



Glyphosate 1500 g/ha



Glufosinate 1400 g/ha

Detectar a resistência o mais rápido possível





Coleta das sementes no campo

Bons resultados somente são obtidos dependendo da qualidade de coleta das sementes no campo:

- A – Coletar sementes somente quando a maioria atingir a maturidade
- B – Coletar as sementes de forma cuidadosa colocando em sacos



Bioensaio com plantas inteiras

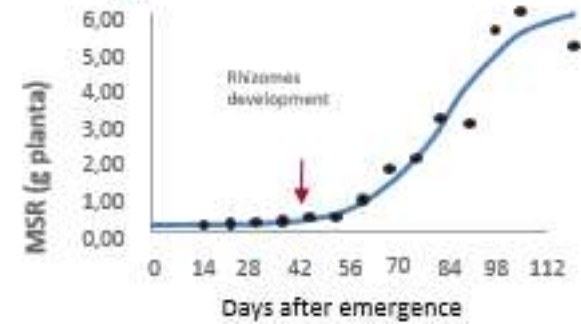
- ✓ Avaliação visual da mortalidade e peso verde ou seco da fitomassa
- ✓ Sempre é necessário uma população suscetível para comparação
- ✓ No delineamento do experimento é importante ter assessoria estatística



Digitaria insularis (Glifosato)

Nome comercial	Sal	C	Dose rotulo (l/ha; eq. ac.)	
Roundup Original	Isopropilamina	360	1,5 to 4,0	540 a 1440
Roundup WG	Amônio	720	1,5	1080
Roundup Transorb	Isopropilamina	480	2,0 to 4,5	960 a 2160
Roundup Ultra	Amônio	650	0,5 to 2,5	325 a 1625
Roundup Transorb R	Potássio	480	1,0 to 3,0	480 a 1440
Roundup Ready	Isopropilamina	480	-	-
Roundup Ready Milho	Isopropilamina	480	-	-

Machado et al. (2006)



MSR = root + rhizomes

Apl.1 perfilho

Soares & Lopez Ovejero (2011)



Apl. 3/4 perfilhos



Considerações finais

- ✓ Glyphosate ... Cuidado com os mecanismos múltiplos de resistência ... a prática inadequada de uso pode ser a fórmula de seleção – **DIVERSIFICAÇÃO É ESSENCIAL**
- ✓ Paraquat ... Importante ferramenta para a cafeicultura... Não podemos perde-la – **RESISTÊNCIA TEM MENOR PROBABILIDADE**
- ✓ Inibidores da Protox em café ... **A RESISTÊNCIA PODE SER SELECIONADA PELA PERDA DE AMINOÁCIDOS NA PROTOX**
- ✓ **DOSES ABAIXO DA RECOMENDADA** pode ser uma forma muito efetiva de seleção de resistência não específica (metabólica)
- ✓ **USO RESPONSÁVEL**, e boa prática agrícola são fundamentais para a manutenção dos herbicidas atualmente empregados
- ✓ **A PESQUISA** deve encontrar formas para demonstrar ao meio produtor dos potenciais riscos futuros com resistência de plantas daninhas a herbicidas

Obrigado



Pedro Jacob Christoffoleti - ESALQ/USP
Dep. Produção Vegetal
Fone ESALQ - 19 - 3429 4190 – Ramal 213
Celular – 19 - 99727 8314
E-mail - pjchrist@usp.br