

**Glifosato, herbicida com singular modo
de ação: efeitos secundários e
implicações fisiológicas e agronômicas**

Tsuiooshi Yamada, POTAFOS
Paulo R.C. Castro, ESALQ



Website: www.potafos.org
E-Mail: yamada@potafos.com.br



Seqüência de Apresentação

T. Yamada

1. Introdução

2. Glifosato

2.1. Composição química

2.2. Ação herbicida

2.3. Adsorção no solo

3. Efeitos secundários: implicações fisiológicas

Paulo R. C. Castro

3.1. Na síntese de IAA

3.2. Na síntese do etileno

3.3. Na síntese de compostos fenólicos

3.4. Na síntese de aminoácidos e de proteínas

3.5. Na ultraestrutura celular

3.6. Na permeabilidade das membranas

3.7. Na síntese da clorofila

3.8. Na fotossíntese, respiração e transpiração

3.9. Na fixação biológica do nitrogênio

3.10. Na mineralização da matéria orgânica

4. Efeitos secundários: implicações agronômicas

Tsuioshi Yamada

4.1. Absorção pelas plantas-não alvo

4.2. Germinação e desenvolvimento

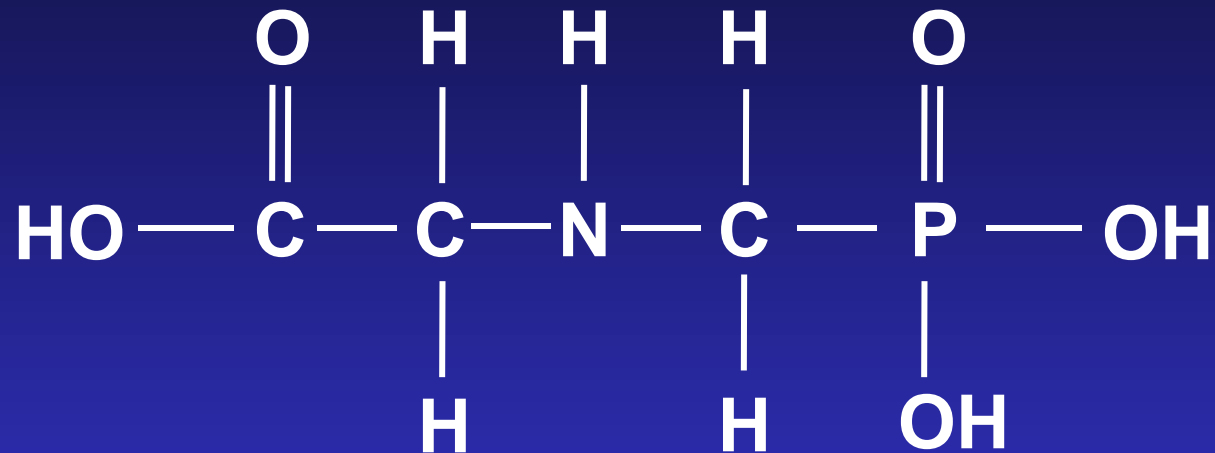
4.3. Estudo de caso: glifosato x CVC e MSC

4.4. Estudo de caso: glifosato x FBN e doenças na soja

5. Sugestões para pesquisa

6. Comentários finais

GLIFOSATO - COMPOSIÇÃO QUÍMICA



N- (fosfometil) glicina

GLIFOSATO - AÇÃO HERBICIDA

- Movimento no simplasto e apoplasto
- Móvel no floema
- Acúmulo nos meristemas
- Muito estável dentro da planta
- Afeta a rota do ácido chiquímico
- Efetivo em concentrações sub μM

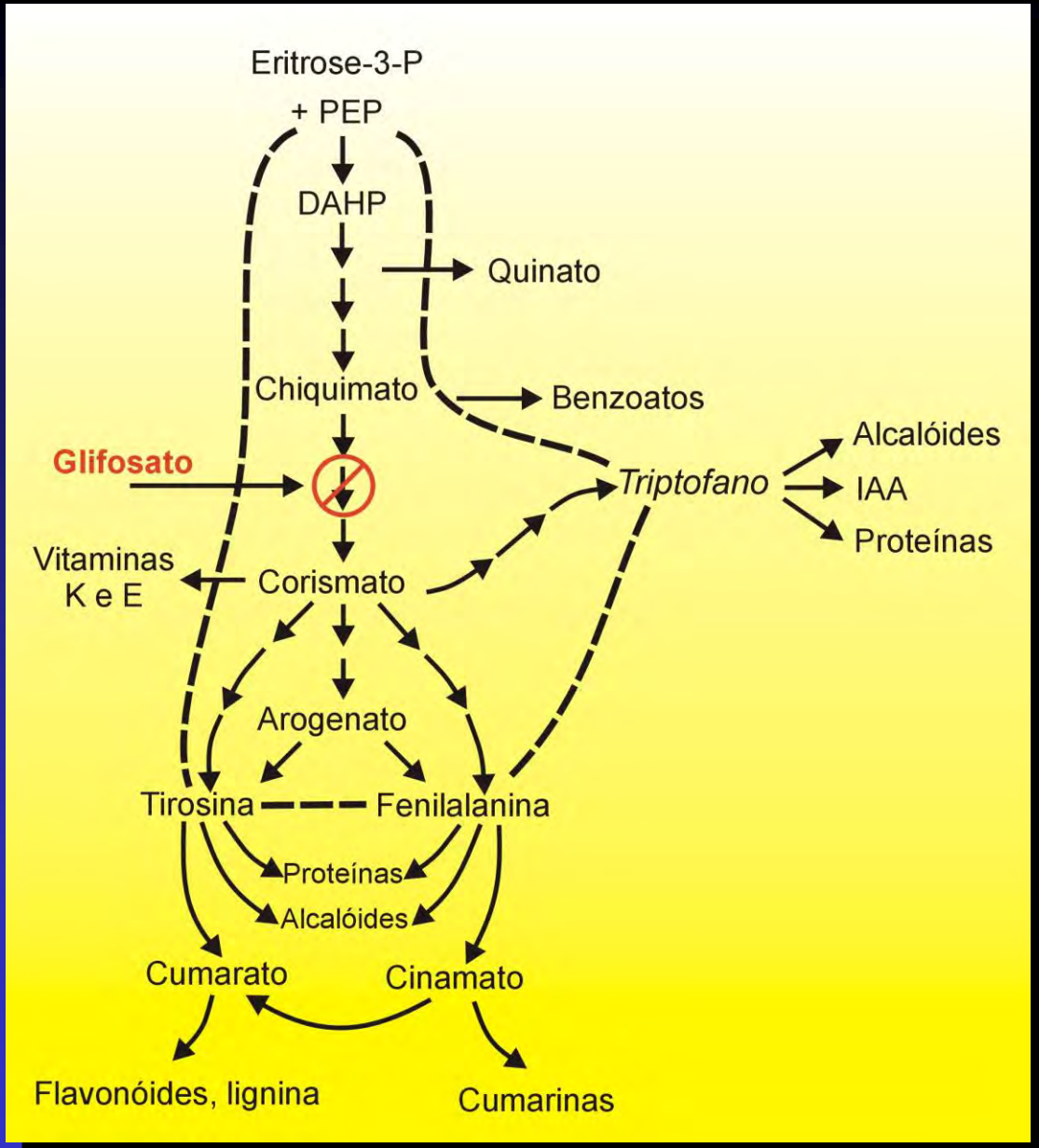


Figura 2. A via do chiquimato (linhas tracejadas) e relação com outras vias metabólicas (modificada de Devine et al., 1993).

Tabela 1. Adsorção de ¹⁴C-glifosato por algumas argilas e hidróxidos

Adsorvente	pH	Adsorção de glifosato nM g⁻¹ de adsorvente
Caulinita	6,9	498,1 d
Ilita	7,3	276,3 c
Bentonita-Na	8,1	4,0 a
Hidróxido de ferro	10,8	39,7 b
Hidróxido de alumínio	3,8	6,6 a

Fonte: Sprankle et al. (1975b).

Adsorção crescente: montmorilonita > ilita > caulinita

Tabela 2. Efeito de cátions na adsorção de glifosato pela argila bentonita avaliado pelo peso fresco de plantas de trigo com 16 dias de idade e pela técnica de radiotraçador

Tratamentos	pH	Glifosato (kg ha ⁻¹)*		¹⁴ C-glifosato adsorvido nM g ⁻¹ de argila
		0	4,8	
		----- mg planta ⁻¹ -----		
Controle	6,0	551 i	38 a	0 a
Na ⁺	8,1	510 h	49 ab	0 a
Mg ²⁺	6,3	465 g	76 ab	260 e
Ca ²⁺	6,5	459 g	82 b	169 b
Zn ²⁺	6,7	253 d	207 c	201 d
Mn ²⁺	5,7	365 e	369 e	193 e
Fe ³⁺	5,4	425 fg	361 e	505 f
Al ³⁺	4,2	446 fg	404 ef	516 g

* Médias com letras similares não diferem pelo teste Duncan (5%).

Fonte: Sprankle et al. (1975b).

Adsorção no solo - efeito do cátion

Raio iônico (Å)

Al^{3+}	0,51	Na^{+}	0,97
Fe^{3+}	0,64	Ca^{2+}	0,99
Fe^{2+}	0,74	K^{+}	1,33
Mg^{2+}	0,78	NH_4^{+}	1,43

CaSO_4 - reduzindo toxidez

Tabela 4. Efeito dos cátions ligados à matéria orgânica (M.O.) no peso fresco de plantas de trigo com 16 dias de idade.

Tratamentos	Glifosato (kg ha ⁻¹)	
	0	4,48
	----- mg PF planta ⁻¹ -----	
Controle – Areia	511	31
Esterco	392	305
M.O. saturada com Na ⁺	399	152
M.O. saturada com Mg ²⁺	398	151
M.O. saturada com Ca ²⁺	340	312

Fonte: Sprankle et al. (1975b).

Tabela 5. Efeito do tipo de solo e do nível de P na adsorção de ¹⁴C-Glifosato.

Solo	Argila	P-solo	Adsorção de glifosato
	%	kg ha⁻¹	nM g⁻¹ de solo
Spinks sandy loam	21,7	330	16,5
Conover sandy clay loam	29,7	76	27,3

Fonte: Sprankle et al. (1975b).

Tabela 6. Efeito do nível de P no solo na disponibilidade do glifosato aplicado em Spinks sandy loam, avaliado pelo peso seco de plantas de trigo com 16 dias de idade.

Fonte de fósforo	Dose de fósforo kg ha ⁻¹	pH do solo	Glifosato (kg ha ⁻¹)		
			0	56	Relativo
			----- mg planta ⁻¹ (PS) -----		
Controle	0	5,7	50	29	58
KH ₂ PO ₄	98	5,4	51	11	21
KH ₂ PO ₄	196	5,4	51	9	17

Fonte: Sprankle et al. (1975c).

Tabela 7. Redução da adsorção de glifosato com o aumento do pH.

Mineral	pH	Adsorção máxima mmol kg⁻¹
Hematita	2,0	51,5
	4,5	37,3
	7,0	46,7
	11,5	29,6
Goetita	2,0	134,5
	4,5	96,4
	7,0	127,8
	11,5	21,8

Fonte: McConnell & Hossner (1985)

CONDIÇÕES PARA MENOR ADSORÇÃO (MAIORES EFEITOS NEGATIVOS)

- Alto pH
- Alto P solo
- Baixo teor argila
- Baixo teor M.O.
- Cátions de < valências

3. Efeitos secundários: implicações fisiológicas

Paulo R. C. Castro

3.1. Na síntese de IAA

3.2. Na síntese do etileno

3.3. Na síntese de compostos fenólicos

3.4. Na síntese de aminoácidos e de proteínas

3.5. Na ultraestrutura celular

3.6. Na permeabilidade das membranas

3.7. Na síntese da clorofila

3.8. Na fotossíntese, respiração e transpiração

3.9. Na fixação biológica do nitrogênio

3.10. Na mineralização da matéria orgânica

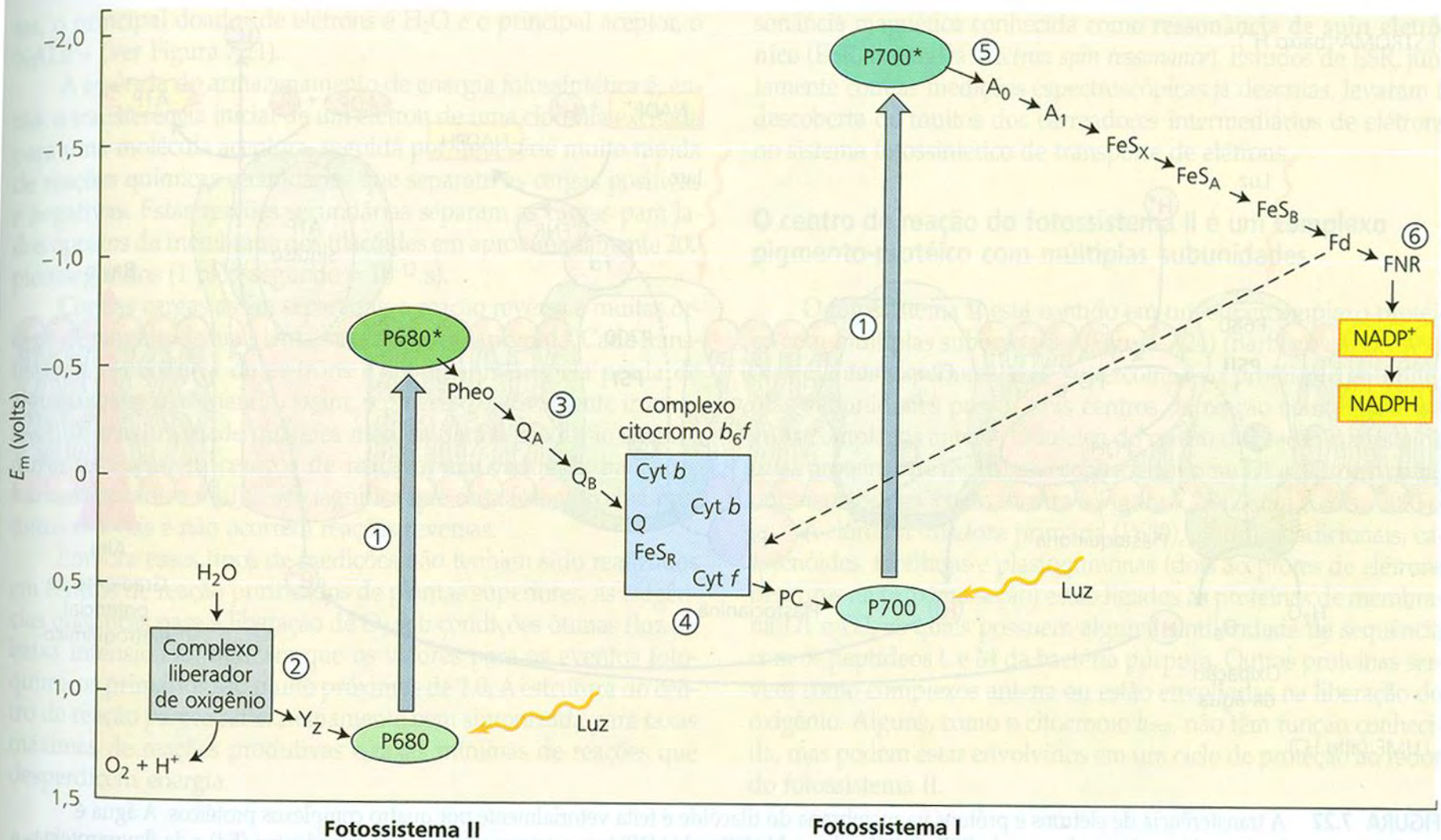


Figura 3A. A fase clara da fotossíntese: esquema em Z para organismos fotossintetizantes produtores de O_2 .

Fonte: Blarenship & Prince (1985).

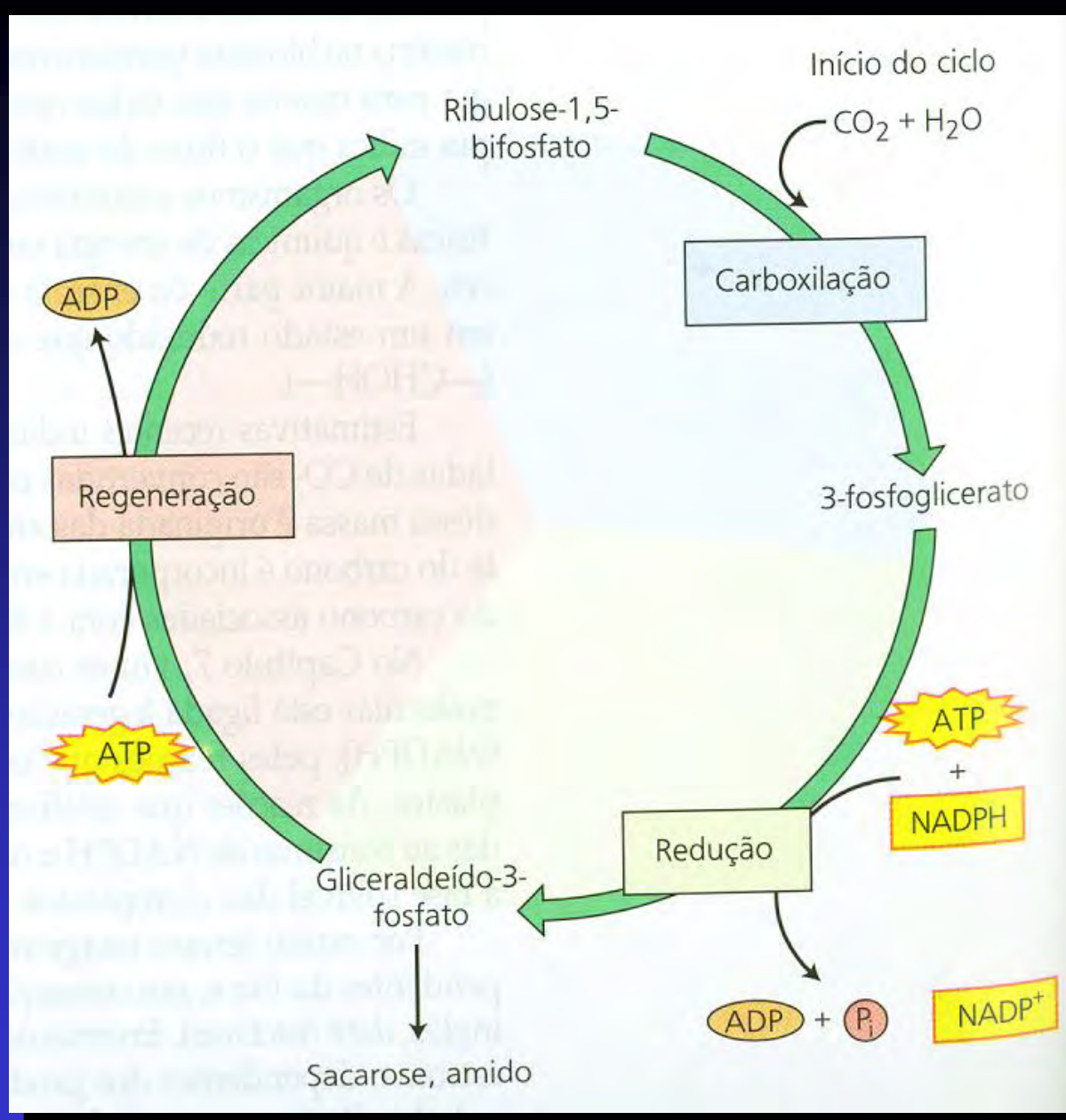


Figura 3b. A fase escura da fotossíntese: o ciclo de Calvin.

Fonte: Taiz & Zeiger (2004).

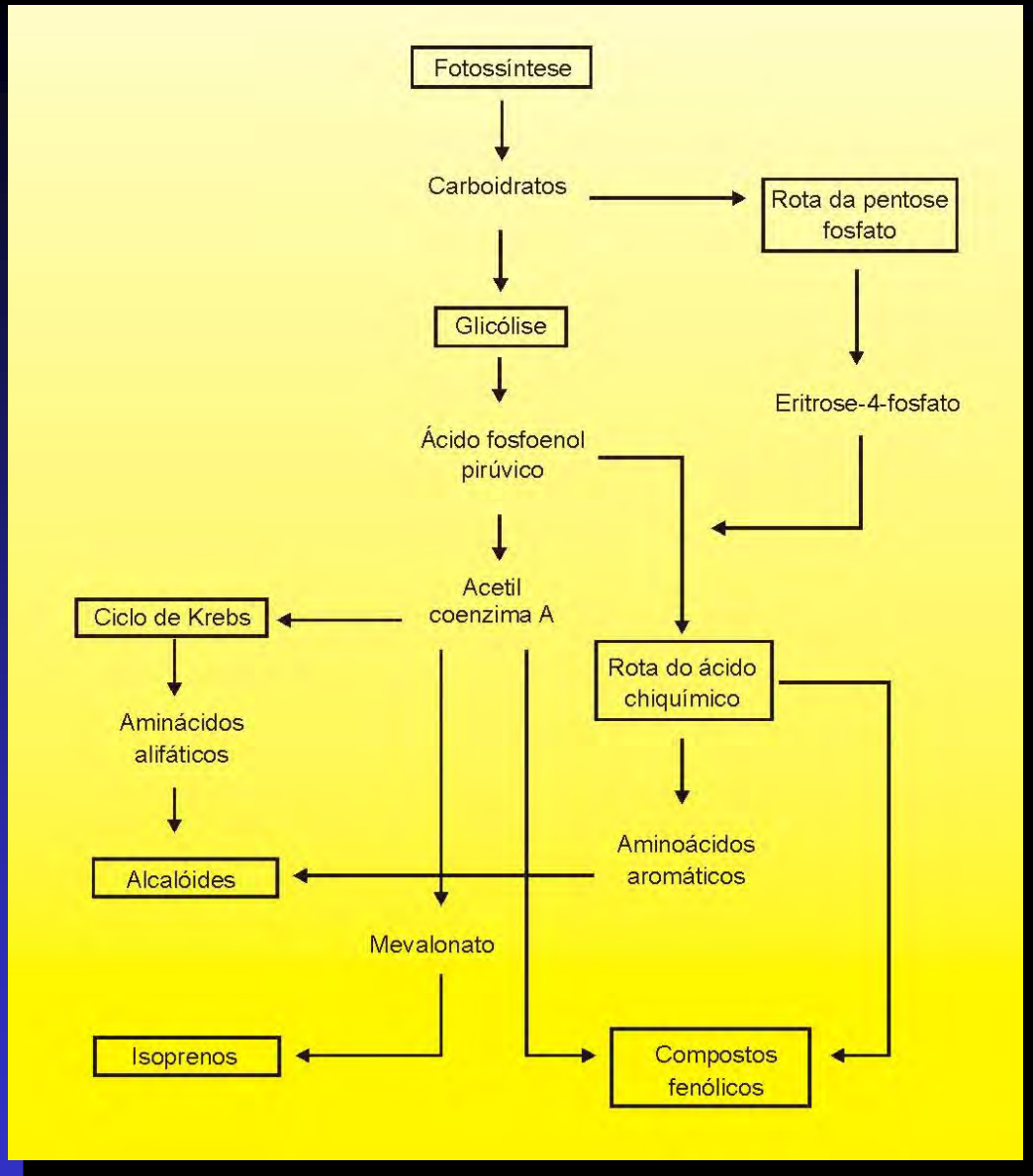


Figura 3. Esquema simplificado das rotas biossintéticas para produção de compostos fenólicos, isoprenóides e alcalóides.

Fonte: Castro et al. (2001).

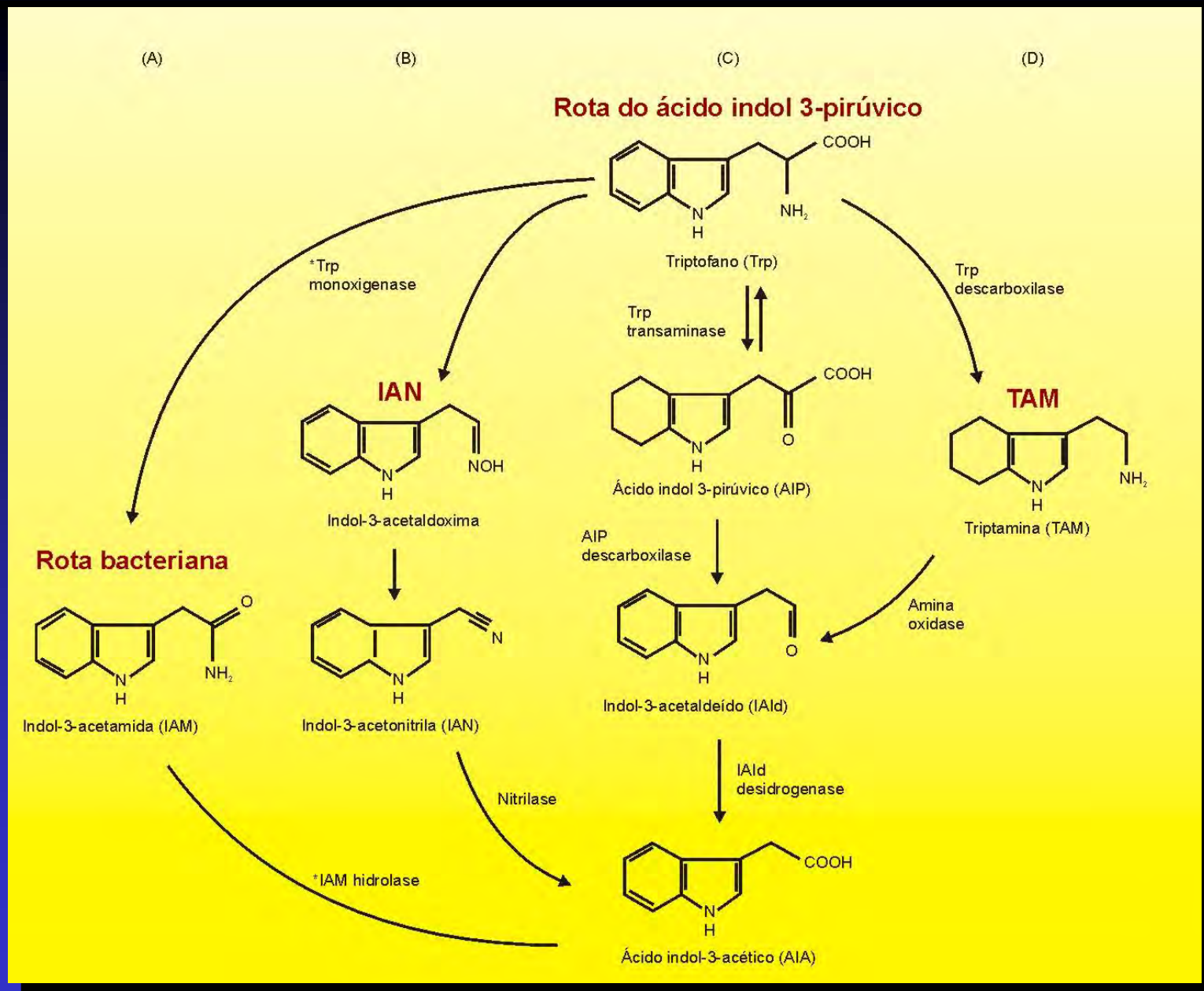


Figura 4. Rotas da biossíntese de IAA dependentes do triptofano em vegetais e bactérias. As enzimas que estão presentes somente em bactérias estão marcadas com um asterisco.

Fonte: Bartel (1997).

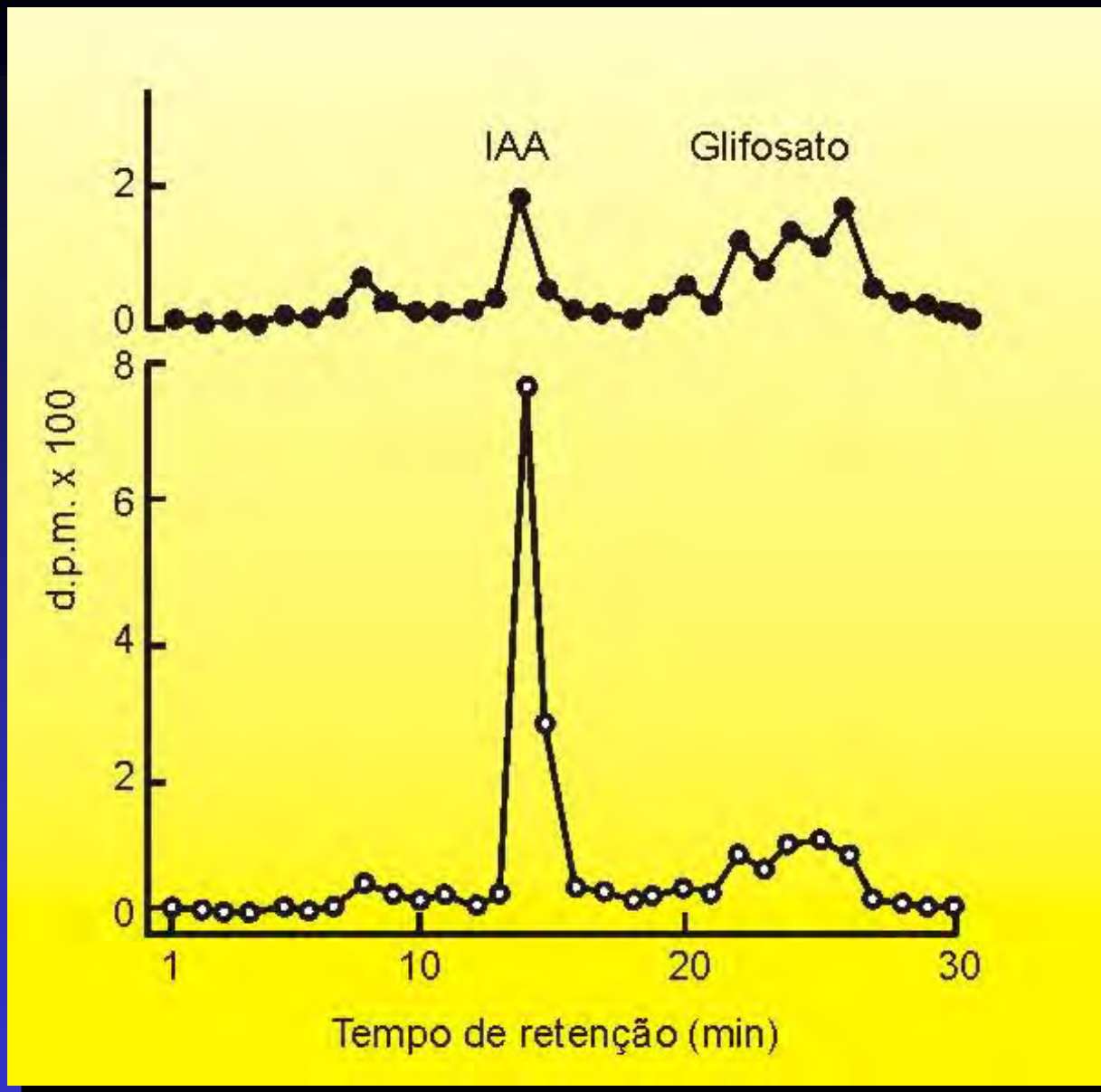


Figura 5. Redução do IAA em calos de tabaco pré-tratados com glifosato.

Fonte: Lee (1982a).

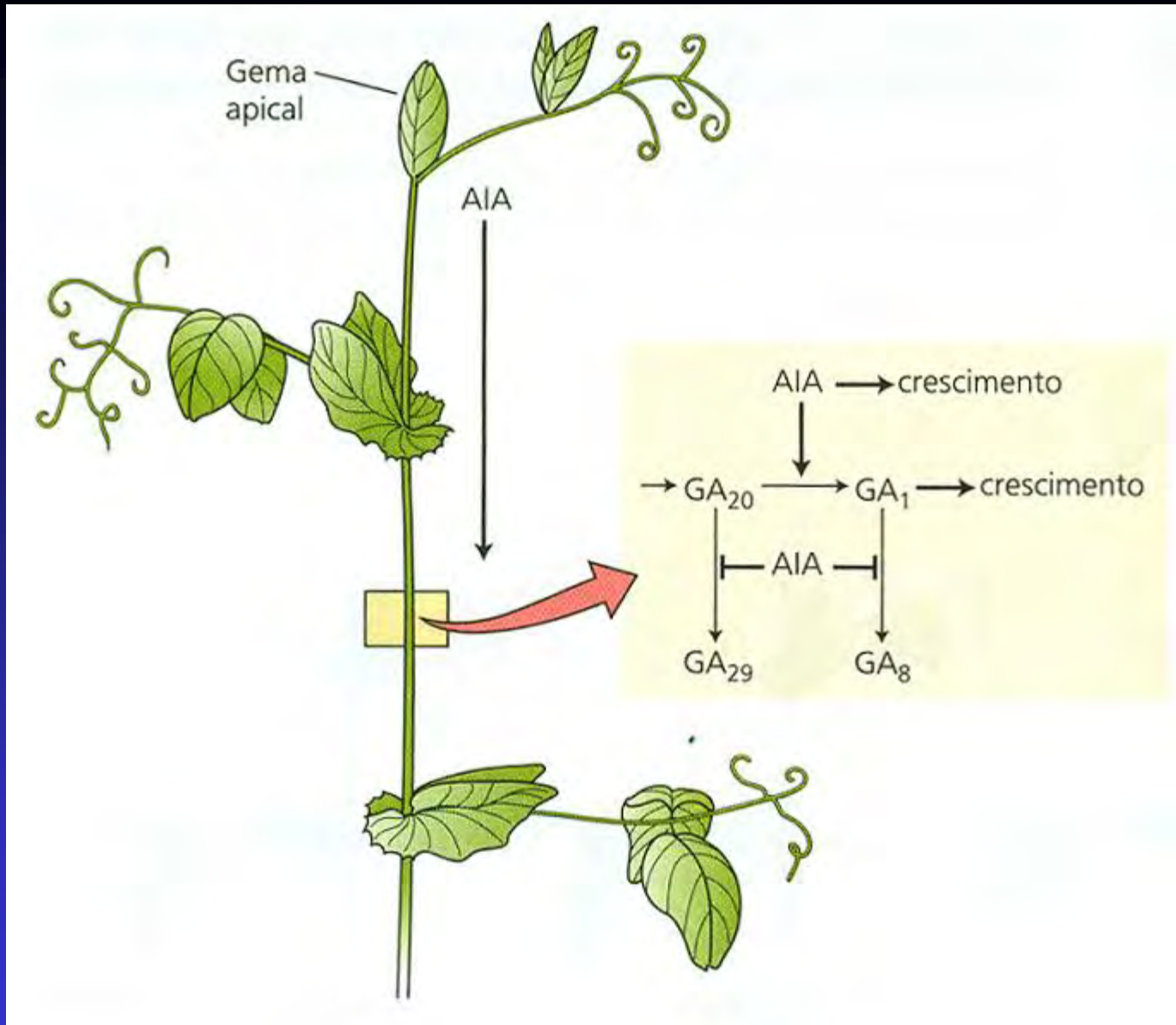


Figura 7. O AIA (da gema apical) promove e é necessário para a biossíntese do GA₁ nos entrenós inferiores. O AIA também inibe a degradação da GA₁.

Fonte: Ross & O'Neil (2001).

Biorreguladores na diferenciação cambial

IAA alto/GA baixo → formação xilema

IAA baixo/GA alto → formação floema

Auxina e crescimento radicular

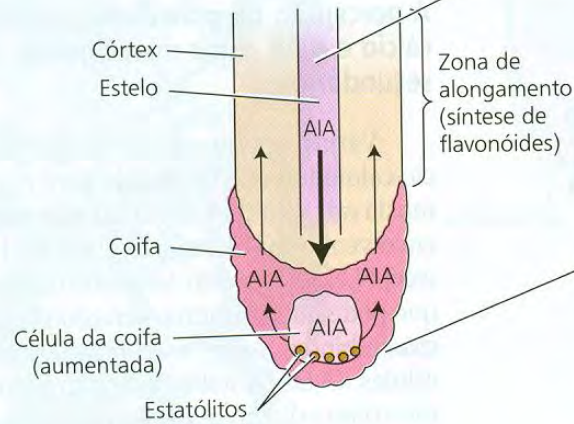
IAA = 10^{-4} μM crescimento radicular

IAA $\geq 10^{-1}$ μM inibe crescimento

Cálcio e gravitropismo

Complexação do cálcio em EDTA leva à perda do gravitropismo

(A) Orientação vertical

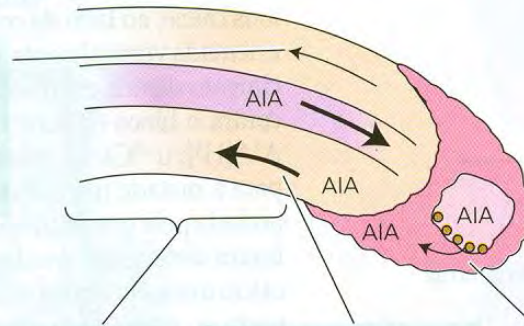


1. O AIA é sintetizado na parte aérea e transportado pelo estelo até a raiz.

2. Quando a raiz está na posição vertical, os estatólitos da coifa sedimentam na base das células. A auxina, transportada em direção acrópeta na raiz através do estelo, é distribuída igualmente em ambos os lados da coifa. O AIA é, então, transportado em direção basípeta do córtex para a zona de alongamento, onde regula o alongamento celular.

(B) Orientação horizontal

6. O decréscimo de auxina na metade superior estimula o crescimento desta região. Como resultado, a raiz curva-se para baixo.



5. A alta concentração de auxina na metade inferior da raiz inibe o crescimento.

4. A maior parte da auxina da coifa é então transportada em direção basípeta no córtex na metade inferior da raiz.

3. Em uma raiz horizontal, os estatólitos sedimentam para a lateral das células da coifa, desencadeando o transporte polar de AIA para a metade inferior da coifa.

Figura 8. Modelo proposto para a redistribuição da auxina durante o gravitropismo em raízes de milho.

Fonte: Hasenstein & Evans (1988).

ETILENO NA PLANTA

- **Aumento da permeabilidade da membrana**
- **Perda de clorofila**
- **Aumento desverdecimento**
- **Inibe divisão e expansão celular**
- **Reduz síntese de DNA**
- **Aumento atividade de celulase**

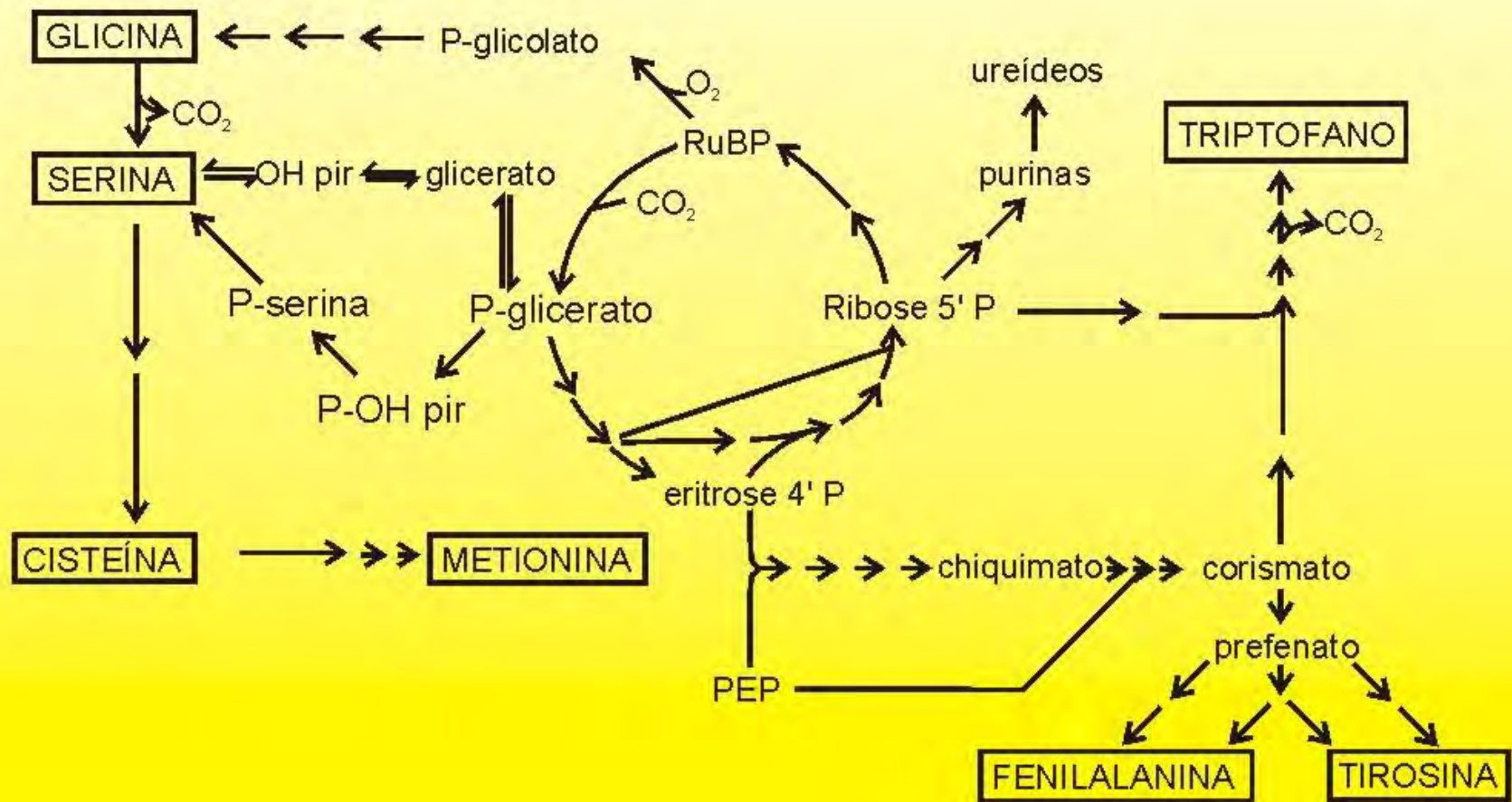


Figura 6. Fluxo de carbono na biossíntese parcial de aminoácidos e ureídeos.

Fonte: Ireland (1997).

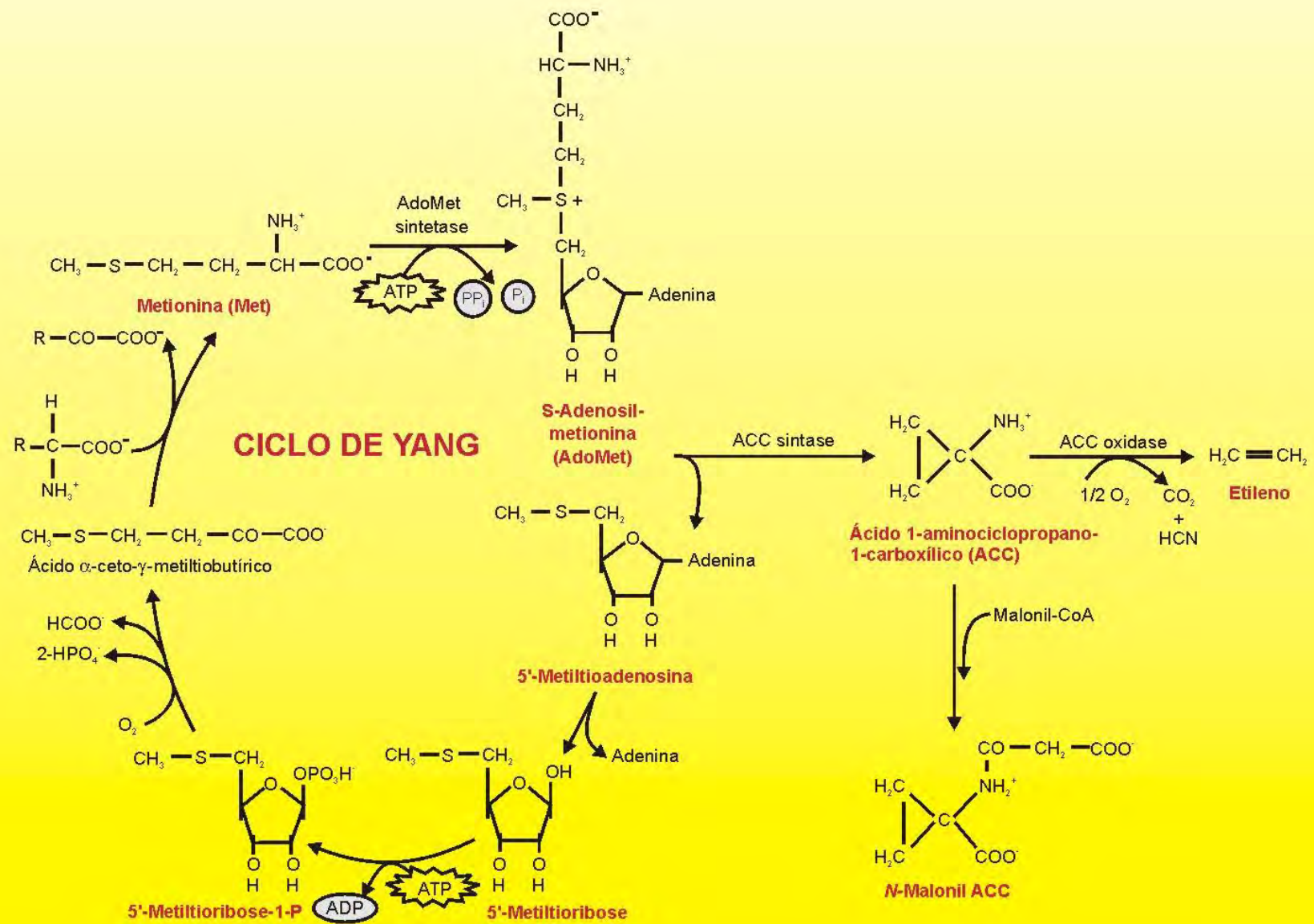


Figura 7. Rota biossintética do etileno e o ciclo de Yang.

Fonte: McKeon et al. (1995).

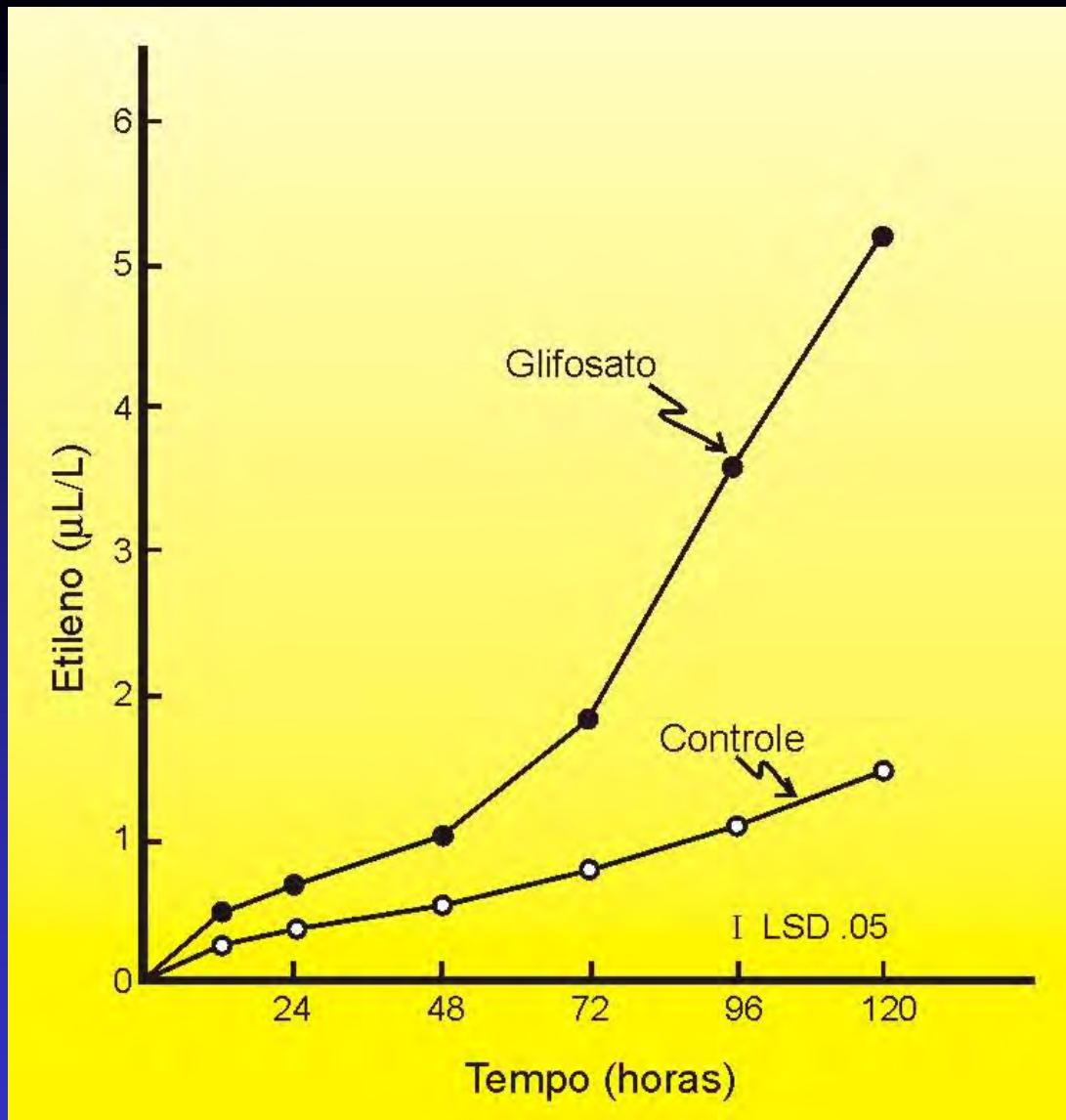


Figura 8. Efeito de 20 mM do sal isopropilamina de glifosato (pH 7) na produção de etileno por feijoeiro 'Red Kidney'.

Fonte: Abu-Irmaileh et al. (1979).

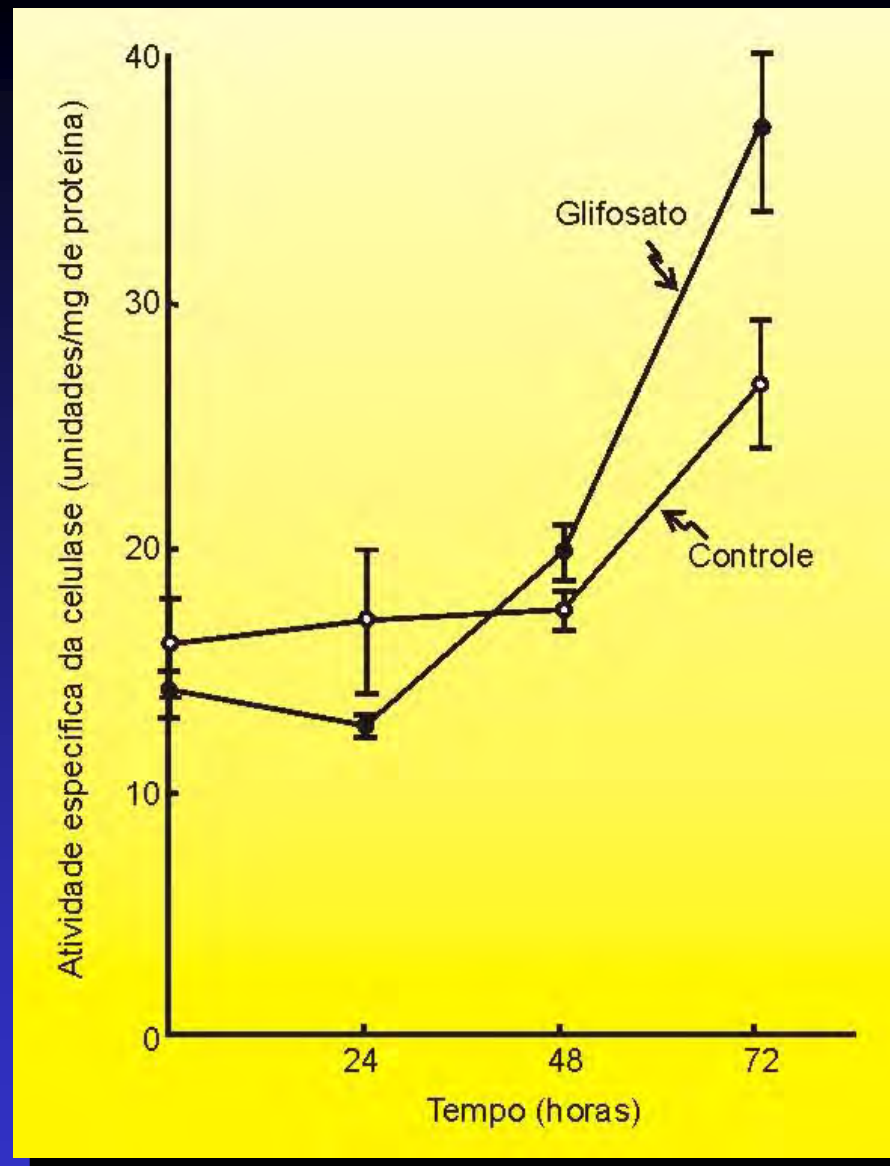


Figura 9. Efeito de 20 mM do sal isopropilamina de glifosaton a atividade específica da celulase nas zonas de abscisão de feijoeiro 'Red Kidney'.

Fonte: Abu-Irmaileh et al. (1979).

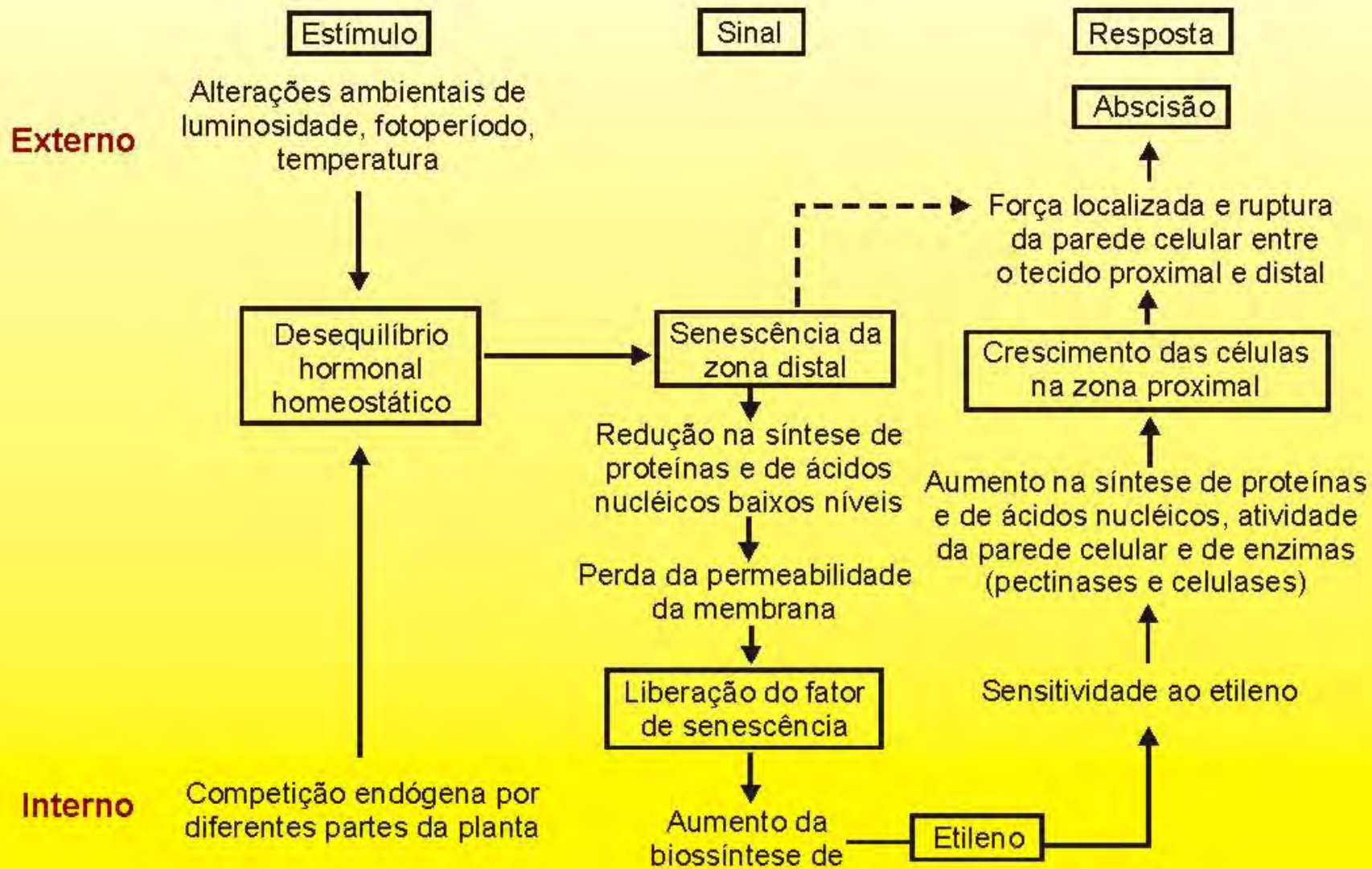


Figura 10. Modelo de estímulo, sinal e resposta para abscisão foliar.

Fonte: Osborne, 1973, citado por Kozlowski (1978).

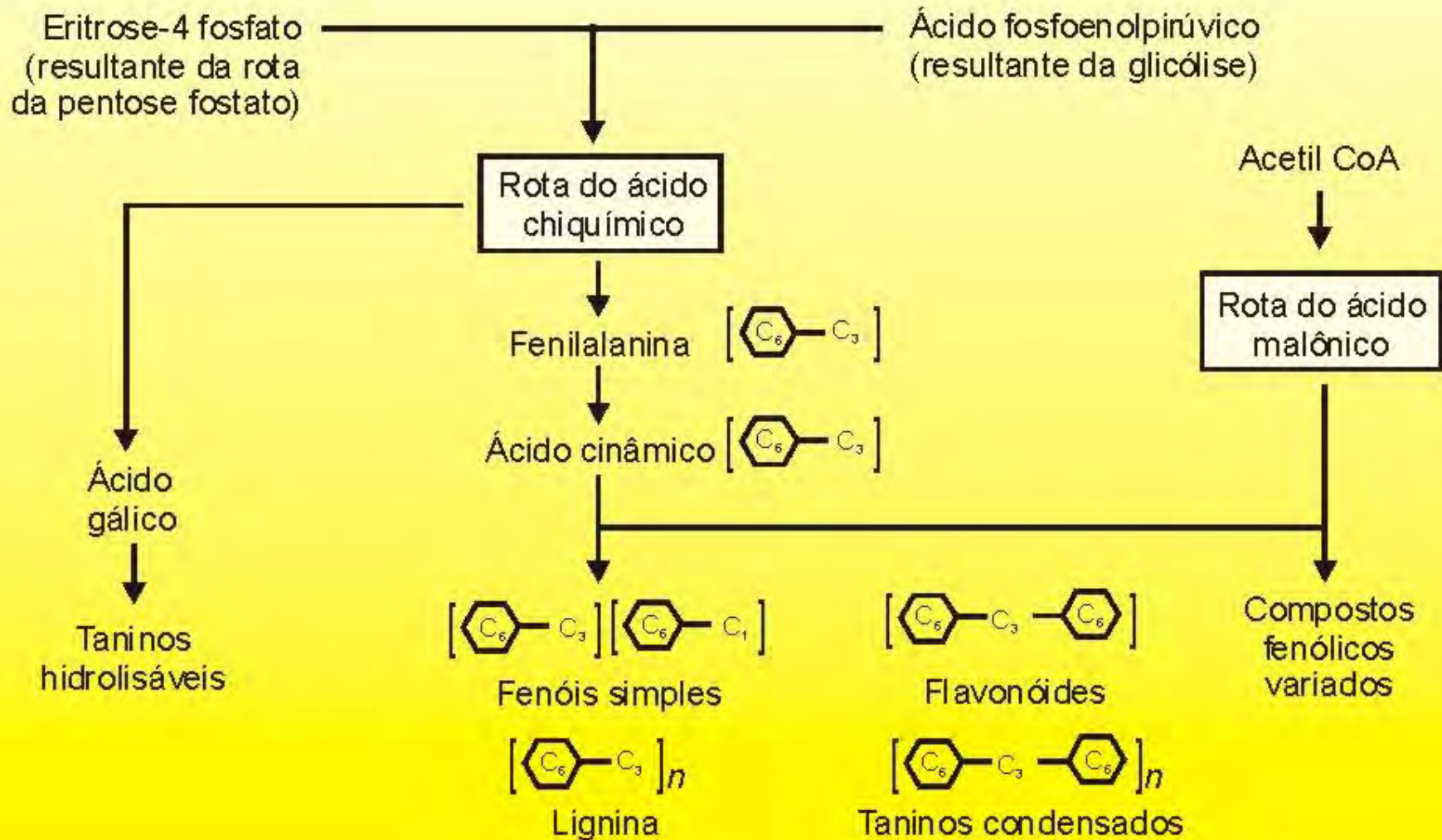


Figura 11. Nas plantas superiores, a maioria dos fenóis é derivada da fenilalanina.

Fonte: Taiz & Zeiger (2004).

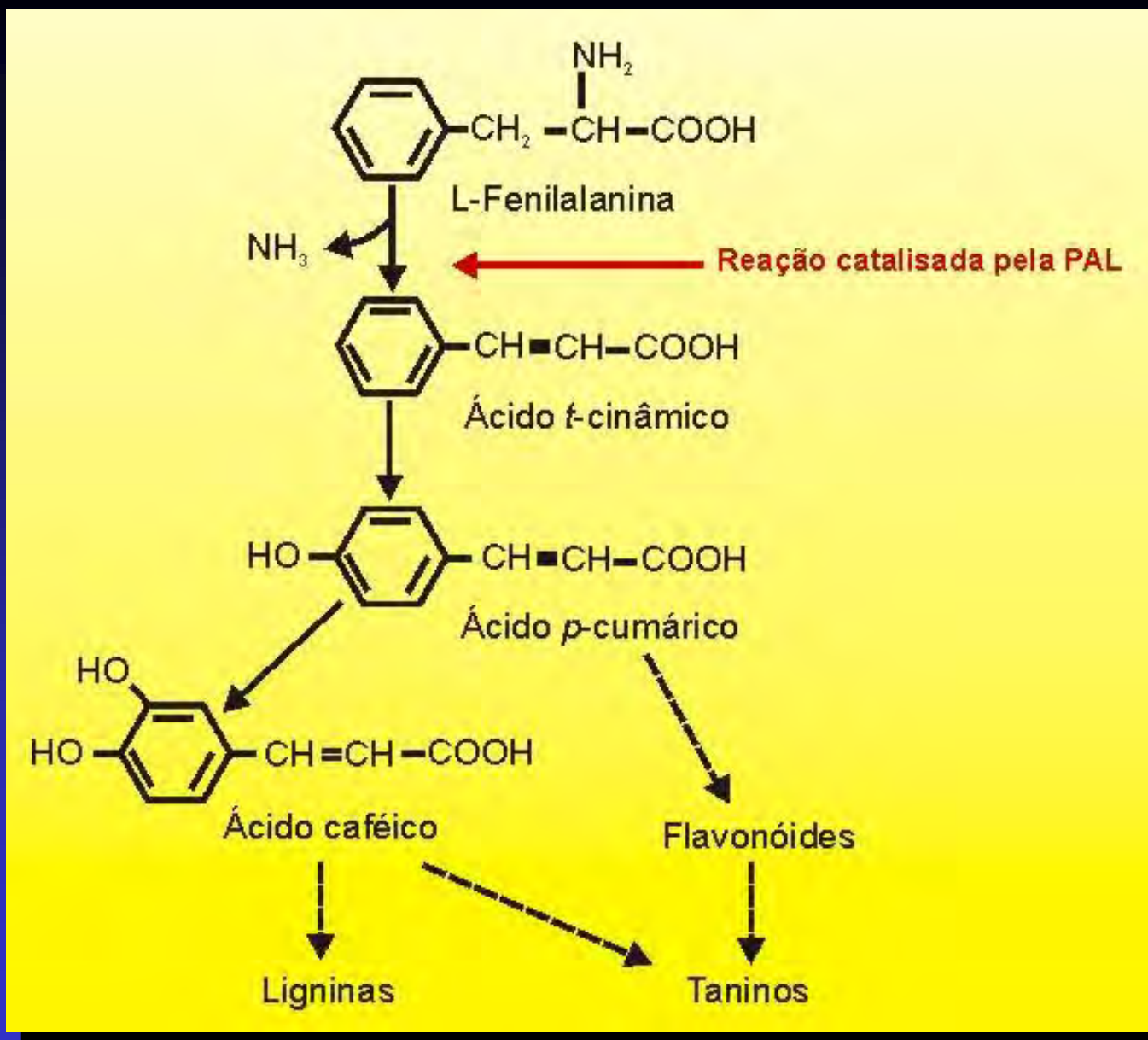
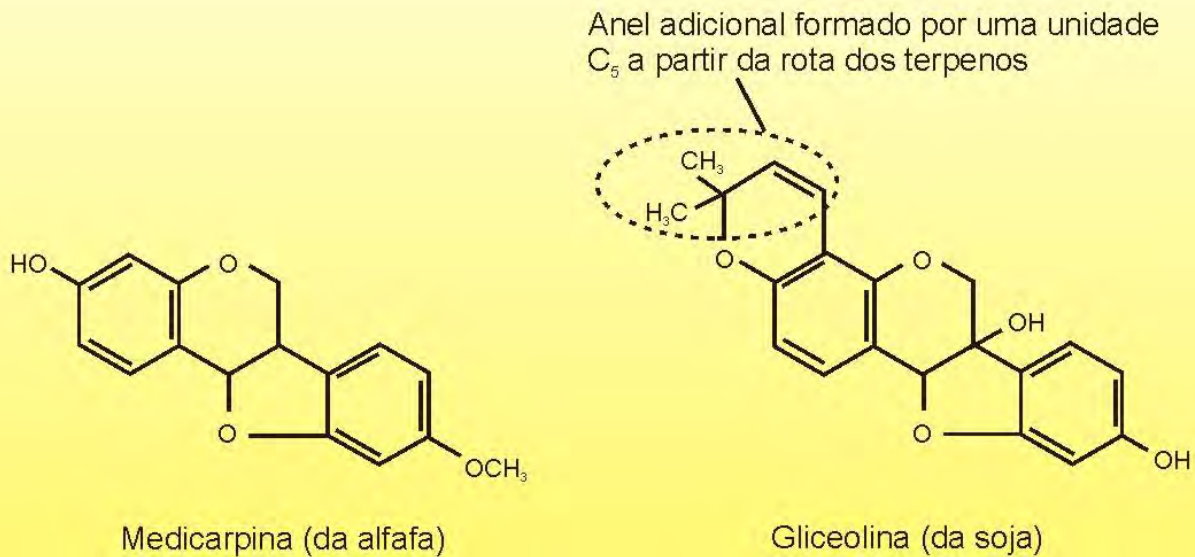


Figura 12. Rota dos compostos fenólicos secundários controlada pela PAL.

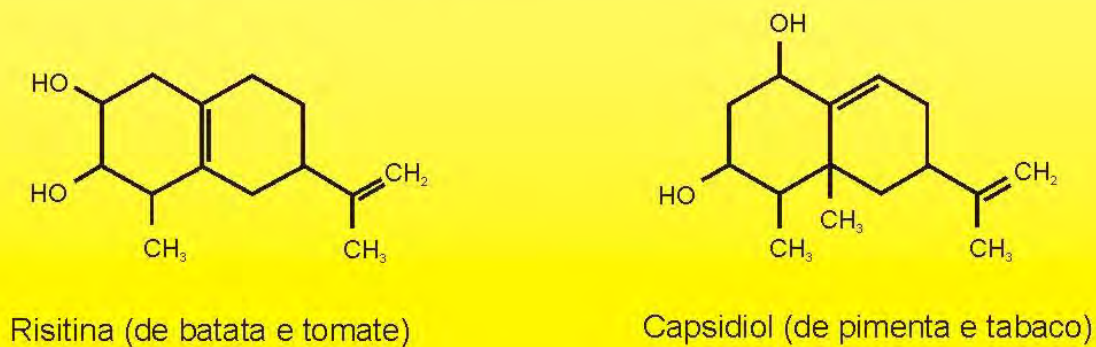
Fonte: Duke & Hoagland (1985).

Fitoalexinas - compostos antimicrobianos de baixo peso molecular, sintetizados através da rota do ácido chiquímico e acumulados nas plantas após exposição aos microrganismos.

O **glifosato** e o **patógeno** inibem a produção de fitoalexinas atuando no mesmo mecanismo: a síntese de aminoácidos aromáticos.



Isoflavonóides de leguminosas (família da ervilha)



Sesquiterpenos de *Solanaceae* (família da batata)

Figura 13. Estrutura de algumas fitoalexinas - metabólitos secundários com propriedades antimicrobianas, que são rapidamente sintetizados após a infecção por microrganismo.

Fonte: Taiz & Zeiger (2004).

EFEITO NA SÍNTESE DE AMINOÁCIDOS

Tabela 8. Efeitos do glifosato nos pools livres de aminoácidos aromáticos em quatro espécies vegetais.

Espécie	Tecido	Concentração de glifosato mmol L ⁻¹	Fenilalanina		Tirosina	
			Controle	Tratamento	Controle	Tratamento
			----- nmol g ⁻¹ peso fresco -----			
Soja	Raiz	0,5	369	168	117	69
Milho	Raiz	1,0	128	77	171	88
Algodão	Raiz	0,2	307	173	125	149
Trigo mourisco	Hipocótilo	1,0	44	20	59	76

Fonte: Duke & Hoagland (1985).

GLIFOSATO E ULTRAESTRUTURA CELULAR

- **Inchamento das células apicais das raízes**
- **Núcleo das células com perda do microtúbulo**
- **Cloroplastos anormais**
- **Afeta a meiose**

PERMEABILIDADE DA MEMBRANA

Tabela 9. Efeito do glifosato na lixiviação de eletrólitos em *Lemna minor*. As plantas ficaram 5 horas em incubação em água deionizada após serem submetidas a diferentes períodos de tempo na solução de glifosato.

Glifosato		μS após os períodos de tempo (horas)				
mM	$\mu\text{g mL}^{-1}$	12	24	48	72	96
0	0	10	8	11	6	12
10^{-1}	16,9	16	38	30	31	38
10^{-2}	1,69	10	14	15,6	15,6	24
dms	(P = 0,05)	6	4	3	13	7

Fonte: O'Brien & Prendeville (1979).

SÍNTESE DE CLOROFILA

Tabela 10. Conteúdo de clorofila em brotação estiolada de milho de 8 dias de idade tratada com diferentes concentrações de glifosato e iluminada a $76 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a 24°C por 12 horas.

Concentração de glifosato	Conteúdo de clorofila		Redução
	Controle	Tratamento	
mM	----- $\mu\text{g g}^{-1}$ -----		%
10,0	86 a	43 b	50
1,0	48 a	28 b	42
0,1	34 a	26 a	24
0,01	54 a	55 a	0

Fonte: Kitchen et al. (1981).

CATALASE E PEROXIDASE, ENZIMAS ATIVADAS PELO Fe NA SÍNTESE DE CLOROFILA

Tabela 11. Efeito da deficiência de ferro em folhas de tomateiro no conteúdo de clorofila e na atividade enzimática.

Tratamento	Fe nas folhas $\mu\text{g g}^{-1}\text{PF}$	Clorofila $\text{mg g}^{-1}\text{PF}$	Catalase - - - - atividade relativa - - - -	Peroxidase
+ Fe	18,5	3,52	100	100
- Fe	11,1	0,25	20	56

Fonte: Machod (1986), citado por Marschner (1995).

EFEITO NA FOTOSSÍNTESE E RESPIRAÇÃO

Tabela 12. Efeito da aplicação foliar de 2,24 kg ha⁻¹ de glifosato na respiração e fotossíntese de trigo.

Tempo horas	Respiração ----- % do controle -----	Fotossíntese
0	100	100
3	89	100
24	109	101
72	116	68
216	114	23

Fonte: Sprankle et al. (1975a).

EFEITO NA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO

Tabela 13. Efeito do glifosato na inibição do crescimento de *Rhizobium japonicum* e sua reversão pela fenilalanina e tirosina.

Tratamento	Concentração M	Inibição %
Testemunha	-	0
Glifosato (Gli)	10^{-4}	88
Fenilalanina (Phe)	2×10^{-4}	0
Tirosina (Tyr)	2×10^{-4}	0
Gli + Phe	$10^{-4} + 2 \times 10^{-4}$	81
Gli + Tyr	$10^{-4} + 2 \times 10^{-4}$	81
Phe + Tyr	$2 \times 10^{-4} + 2 \times 10^{-4}$	0
Gli + Phe + Tyr	$10^{-4} + 2 \times 10^{-4} + 2 \times 10^{-4}$	39

Fonte: Jaworski (1972).

EFEITO NA MINERALIZAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA

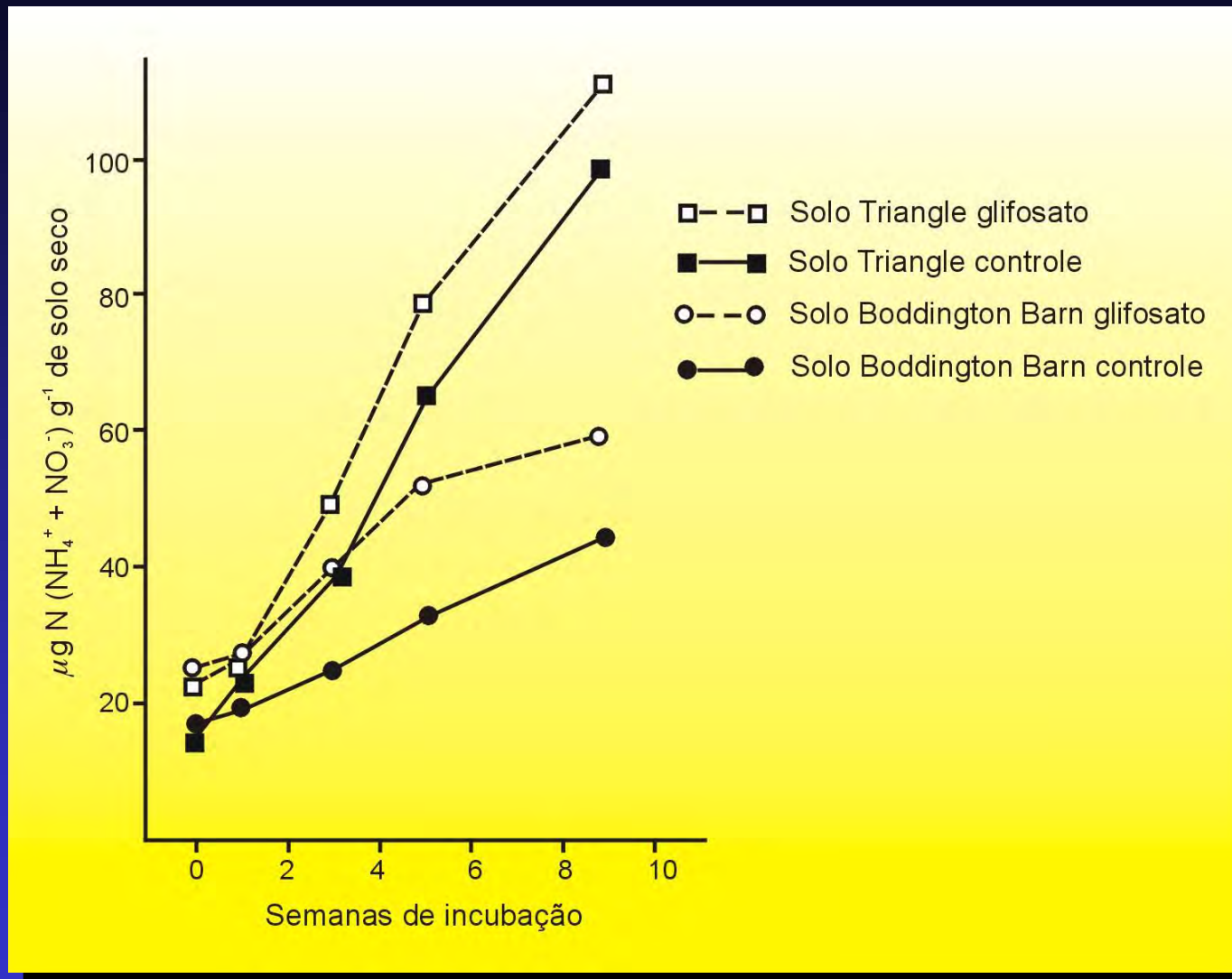


Figura 13. Efeito da dose de 100 ppm de glifosato na mineralização (aeração contínua após a 1ª semana de incubação) .

Fonte: Grossbard (1985).

4. Efeitos secundários: implicações agronômicas

Tsuioshi Yamada

4.1. Absorção pelas plantas-não alvo

4.2. Germinação e desenvolvimento

4.3. Estudo de caso: glifosato x CVC e MSC

4.4. Estudo de caso: glifosato x FBN e doenças na soja

5. Sugestões para pesquisa

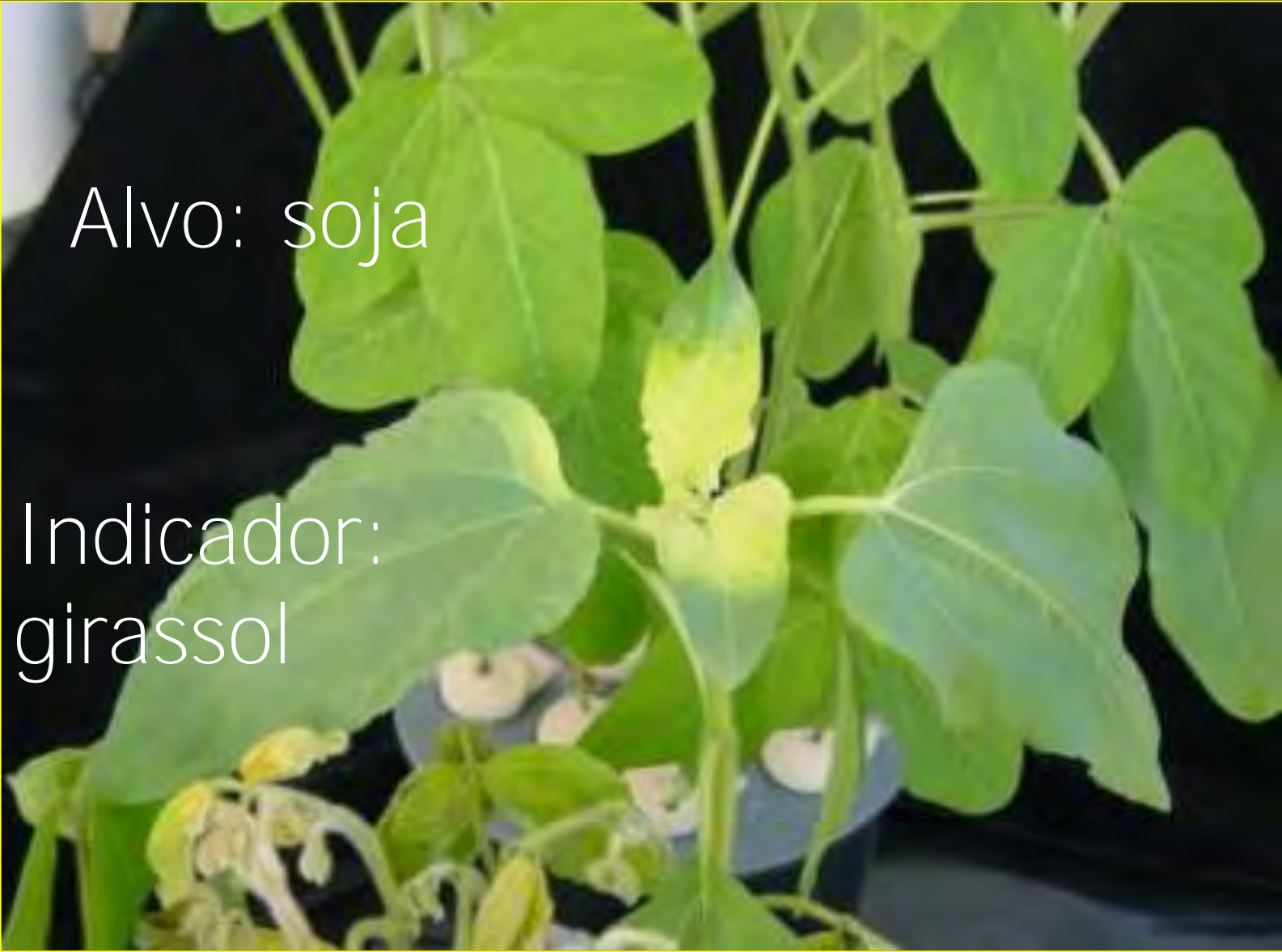
6. Comentários finais

PLANTA-NÃO ALVO: VIA EXSUDATO PLANTA ALVO

Tabela 15. Efeito de exsudados de raízes de plantas de trigo tratadas com glifosato, no desenvolvimento de raízes de milho, ambos plantados no mesmo vaso.

Tratamento	Solo 1 ----- g -----	Solo 2
Testemunha	0,83	0,78
Glifosato (1,1 kg ha ⁻¹)	0,48	0,38

Fonte: Rodrigues et al. (1982).



Alvo: soja

Indicador:
girassol

Clorose foliar em planta de girassol cultivada junto com planta de soja que recebeu glifosato via foliar
Fonte: Volker Römheld (2004)

PLANTA NÃO ALVO: VIA EFEITO RESIDUAL NO SOLO

Tabela 14. Efeito do glifosato (1 kg ha⁻¹) na germinação e desenvolvimento da alfafa.

Tempo entre aplicação e semeadura horas	Germinação		Peso da parte aérea	
	Testemunha	Glifosato	Testemunha	Glifosato
	----- % -----	-----	----- mg vaso ⁻¹ -----	-----
3	48	27	296	138
6	48	23	262	100
9	49	21	295	39
24	49	28	283	109

Fonte: Salazar & Appleby (1982).

EFEITO NA GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO

Tabela 16. Efeito do glifosato aplicado em plantas cultivadas em areia (com solução de Hoagland nº1) por 16 dias.

Glifosato ^a	Germinação ^b			Peso seco da planta		
	Trigo	Milho	Soja	Trigo	Milho	Soja
	----- % -----			----- mg planta ⁻¹ -----		
0	93 a	95 a	100 a	33 e	125 d	110 d
0,56 ^c	93 a	100 a	96 a	15 c	47 c	33 c
1,12 ^c	93 a	100 a	93 a	9 bc	19 b	20 b
2,24 ^c	95 a	98 a	98 a	5 ab	17 b	11 ab
4,48 ^c	93 a	98 a	98 a	2 a	4 a	6 a
0,8% MON 0027	93 a	93 a	97 a	28 d	102 d	95 d

^a Sal de mono(dimetilamina) do glifosato.

^b Médias com mesma letra na coluna não diferem significativamente a 5% pelo Teste de Duncan.

^c 0,8% (v/v) MON 0027, surfatante adicionado, produto da Monsanto Company, St. Louis, MO.

Fonte: Sprankle et al. (1975c).

Tabela 17. Efeito da dose de 0,56 kg ha⁻¹ de glifosato^a aplicado em cultura na areia no crescimento de algumas espécies agrícolas.

Espécie	Altura da planta	Peso seco da parte aérea
	----- % do controle ^{bc} -----	
Linho	14 a	20 a
Milho	35 b	45 b
Soja	36 b	33 ab
Trigo	56 c	52 b
Cevada	68 d	71 c
Aveia	82 e	100 c
Pepino	75 de	86 c

^a sal de mono(dimetilamina) do glifosato.

^b Médias na coluna com mesma letra não diferem em 5% pelo teste Duncan.

^c O controle é o tratamento onde 0,8% de surfatante foi aplicado na areia.

Fonte: Sprankle et al. (1975c).

Tabela 18. Efeito do intervalo de tempo entre a aplicação de glifosato e a semeadura do trigo em solo arenoso com duas doses de P no peso seco de plantas de trigo de 16 dias de idade.

Fosfato kg ha ⁻¹	Glifosato kg ha ⁻¹	Intervalo de tempo após a aplicação (semanas)		
		0	3	6
		----- mg planta ⁻¹ PS -----		
0	0	45	32	34
0	56	21	29	34
196	0	45	35	32
196	56	12	25	31

Fonte: Sprankle et al. (1975c).

Estudo de caso: o glifosato poderia estar relacionado com a CVC e a MSC?

CVC: clorose das folhas, parte mediana para superior; folhas pequenas, lanceoladas; manchas cloróticas na face ventral, frutas reduzidas; sistema radicular reduzido.

MSC: sintomas acima seguidas pela morte da planta.

AGENTES CAUSAIS

CVC: *Xylella fastidiosa*

MSC: vírus?

Sintomas que poderiam ser causados pelo glifosato

Sintomas observados

Explicações fisiológicas

• Sistema radicular reduzido

- Menor síntese e/ou maior oxidação de IAA
 - Perda de gravitropismo
-

• Abscisões

- Aumento do etileno
-

• Maturação precoce

- Desbalanço hormonal
 - Aumento do etileno
-

• Incidência doenças e pragas

- Redução na síntese de fitoalexinas
 - Perda controle permeabilidade de membranas
-

Tabela 19. Dose efetiva de scoparone para inibição de 50% (DE₅₀) no crescimento micelial de *Phytophthora citrophthora* e a inibição da germinação conidial de seis outros fungos patogênicos *in vitro*.

Espécies de fungos	DE₅₀ de scoparone μg mL⁻¹
<i>Phytophthora citrophthora</i>	97
<i>Verticillium dahliae</i>	61
<i>Penicillium digitatum</i>	64
<i>Penicillium italicum</i>	60
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	54
<i>Hendersonula toruloidea</i>	90
<i>Botryiodiplodia (Diplodia) natalensis</i>	85

Fonte: Afek & Sztejnberg (1995).

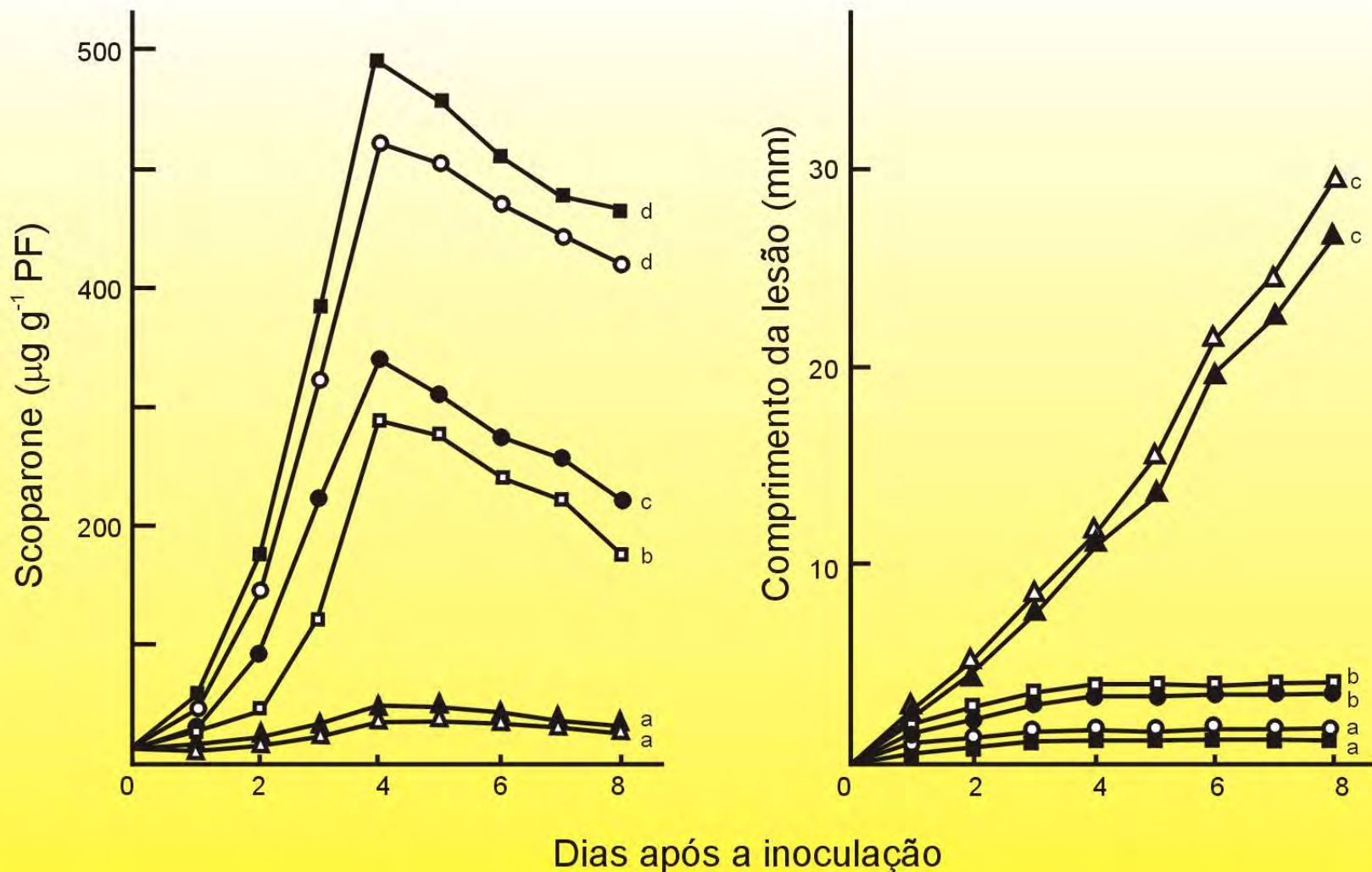


Figura 19. Acumulação de scoparone e comprimento da lesão na casca de *Citrus* de espécies resistentes: macrophylla (■), laranja trifoliata (○), laranja azeda (●) e espécies suscetíveis: limão rugoso (□), Shamouti (△), Niva (▲) após inoculação com *Phytophthora citrophthora* em temperatura de incubação de 28°C.

Resposta: sim, a CVC, a MSC e outras doenças poderiam estar relacionadas com o uso inadequado do glifosato. Hipótese que merece mais estudos.

Estudo de caso: o glifosato poderia diminuir a fixação biológica de N e facilitar a incidência de doenças na cultura da soja?

Por que a produtividade da soja está aumentando mais no Brasil que nos EUA?



Evolução da produtividade da soja transgênica nos EUA comparada com a convencional no Brasil

Fonte: Faosta (www.fao.org/waicent/portal/statistics_en.asp)

SOJA RR NOS EUA

- 2% da área em 1996
 - 81% da área em 2003
-

Questões em aberto:

- FBN → gene RR?
 - Resistência à seca → menor micorrização?
-

Verdia/Maxigen/Pioneer Hi-Bred

- Gene de resistência ao glifosato
 - Inativa o glifosato dentro da planta de soja
-

Tabela 20. Efeito do glifosato no crescimento de estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* em meio de cultura sem aminoácidos aromáticos.

Estirpes de <i>B. japonicum</i>	Glifosato (mM)			
	0	0,5	1,0	1,5
	----- % de inibição -----			
110	0	41	47	100
123	0	10	12	100
138	0	15	19	100

Fonte: Moorman et al. (1992).

Tabela 21. Efeito do produto puro-padrão N-(phosphoromethyl) glycine 18,0 mg L⁻¹ (PMG), PMG + sal potássico 27,7 mg L⁻¹ (PMS) e o produto comercial Zapp Qi (36,0 mg L⁻¹) sobre o crescimento de estripes de *Bradyrhizobium* sp., medido pelo aumento da densidade ótica (DO), 155 horas após a inoculação.

Tratamentos	SEMIA 5019	SEMIA 5080	SEMIA 587
	----- Crescimento relativo (%) -----		
Controle	100,0 aA	100,0 aA	100,0 aA
PMG	72,9 cB	68,8 bB	91,0 bA
PMS	65,5 cB	62,1 bcB	76,2 cA
Zapp Qi	92,3 bA	58,7 cC	73,8 cB

Fonte: Santos et al. (2003).

FITOALEXINAS E INCIDÊNCIA DE DOENÇAS

- Inibição do acúmulo de fitoalexinas por concentrações sub-letais de glifosato.
 - Aumento da incidência de doenças poderia estar relacionado com baixas concentrações de resíduos no solo ou contaminações acidentais.
-

Tabela 22. Efeitos do glifosato na produção de gliceolina em hipocótilos decepados de soja inoculadas com a raça 1 de *Phytophthora megaspora* f.sp. *glycinea*.

Tratamentos		Reação da planta ^a	Gliceolina	
Inóculo	Glifosato $\mu\text{g mL}^{-1}$		Experimento 1	Experimento 2
			----- $\mu\text{g g}^{-1}$ PF -----	
-	-	Nenhuma	10	25
-	10	Nenhuma	20	10
Raça 7	-	Compatível	220	-
Raça 1	-	Incompatível	1.240	1.300
Raça 1	4	Compatível	440	420
Raça 1	10	Compatível	220	130
Raça 1	10 + Phe + Tyr ^b	Incompatível	1.370	1.150

^a Reação da planta avaliada 48 horas após a inoculação.

^b Phe = fenilalanina, Tyr = tirosina, $400 \mu\text{g mL}^{-1}$ de cada foram fornecidos por 48 horas na câmara de crescimento antes da inoculação.

Resposta: sim, a FBN e a incidência de doenças da soja poderiam estar relacionadas com o glifosato. Hipótese que merece mais estudos.

SUGESTÕES PARA PESQUISA

- Dinâmica no sistema solo-planta
- Efeitos na FBN
- Efeitos na incidência de pragas
- Efeitos na incidência de doenças
- Efeitos na cadeia alimentar
 - Triptofano → serotonina
 - fenilalanina → colecistocinina

Figura 13. Efeito da dose de 100 ppm de glifosato na mineralização (aeração contínua após a 1ª semana de incubação) .

Fonte: Grossbard (1985).

COMENTÁRIOS FINAIS

- **Glifosato permitiu o SPD, até hoje o melhor sistema de conservação do solo.**
 - **No entanto, temos que entender e enfrentar seus possíveis efeitos colaterais negativos.**
-

“A sobrevivência de nosso planeta depende da antevisão dos problemas que criamos e da disposição ao desafio de solucioná-los” (Kucí, 2000)