

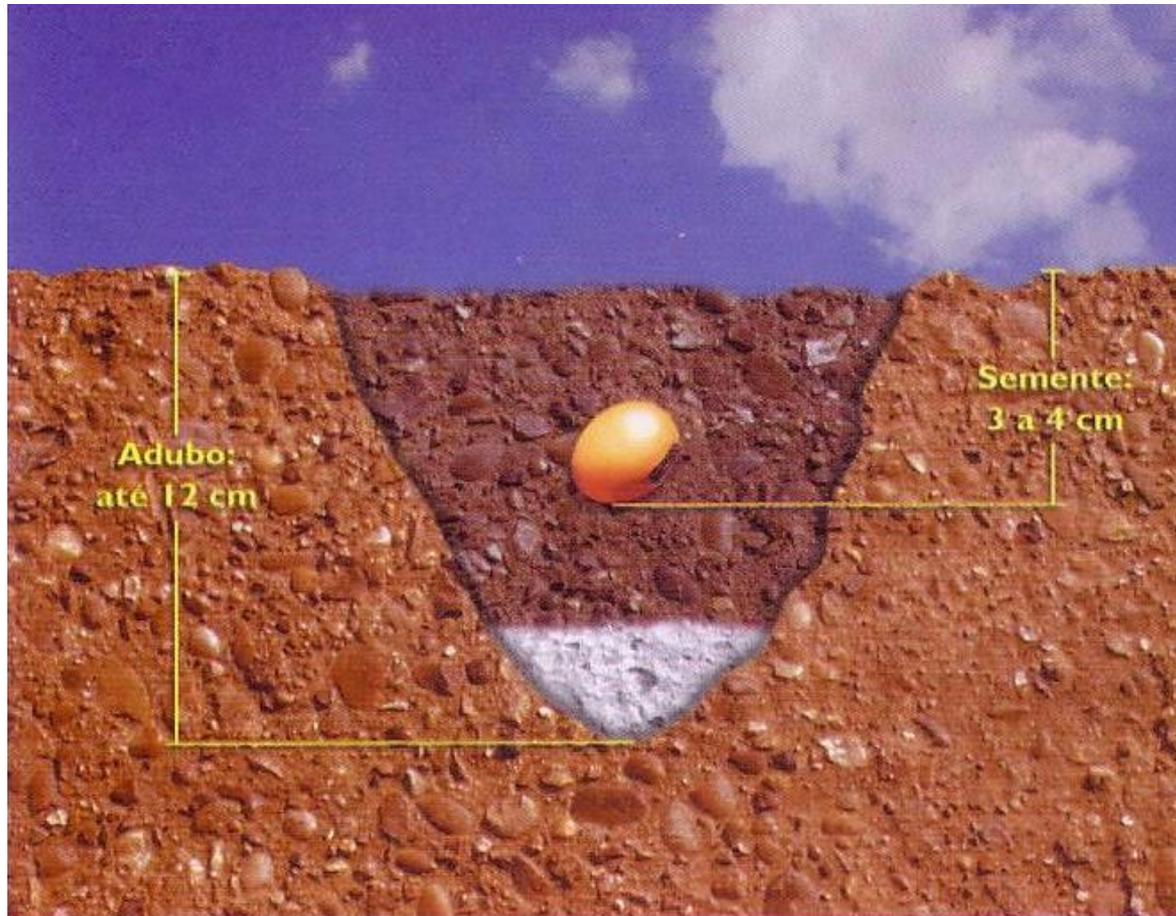


# FISIOLOGIA DE CULTIVOS: AGROQUÍMICOS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL



**Paulo Roberto de Camargo e Castro**  
**Professor Titular - ESALQ/USP**

# SEMEADURA



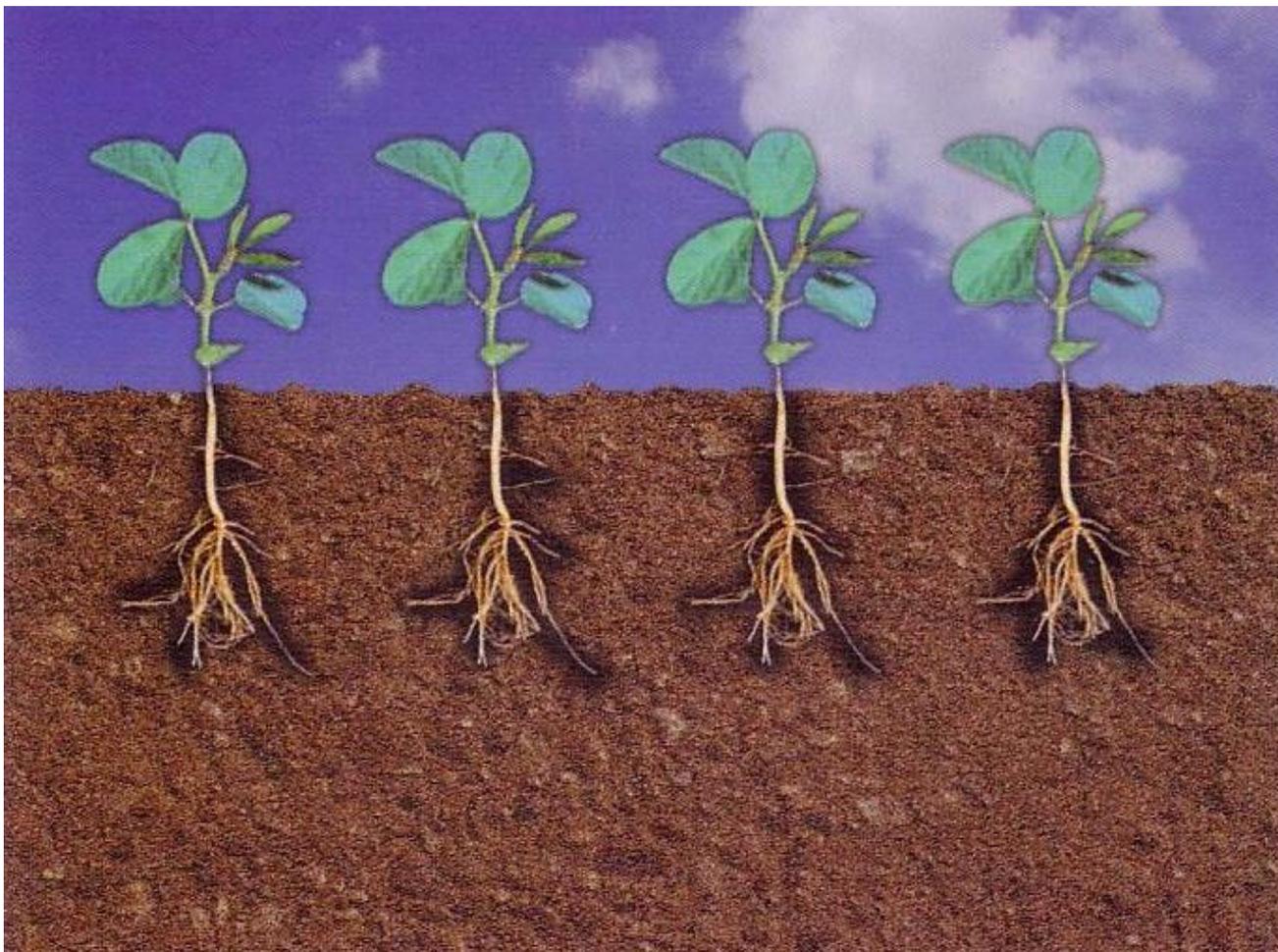
Adubo:  
até 12 cm

Semente:  
3 a 4 cm

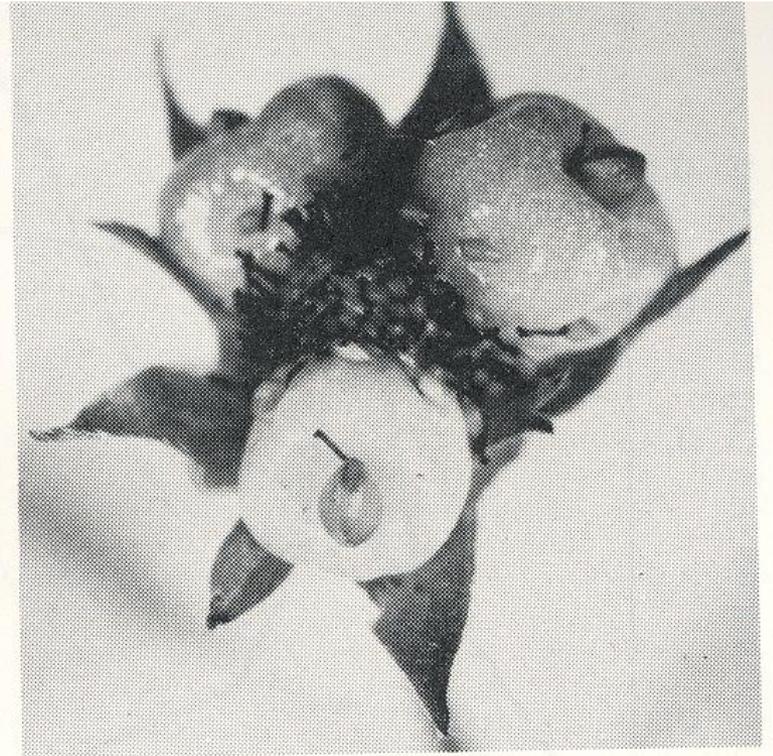
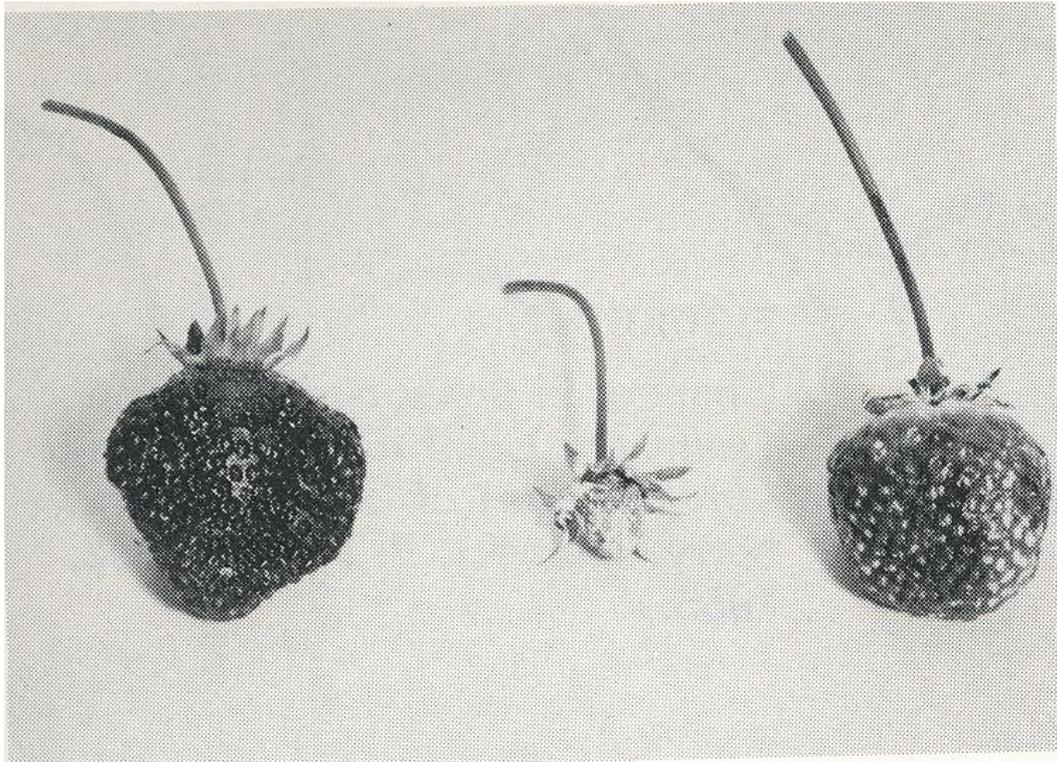
Adubo: Abaixo e ao lado da semente.

Semente: Profundidade da semente 5 vezes o diâmetro da semente.

# ESTANDE ADEQUADO, UNIFORME E SEM FALHAS



# AUXINA EM MORANGO



# **TRATAMENTO DE SEMENTES**

# CONCEITOS

- Eficiência
  - Tipo e localização do patógeno
  - Vigor da semente
  - Disponibilidade de substâncias / Processo eficaz

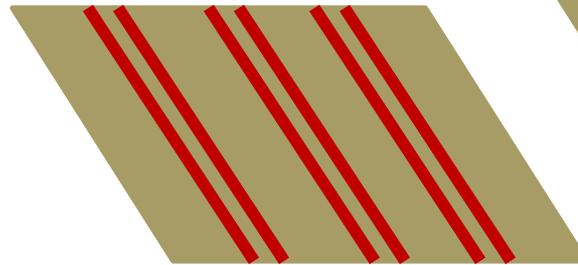


# REDUÇÃO DE DOSES E DE ÁREAS TRATADAS

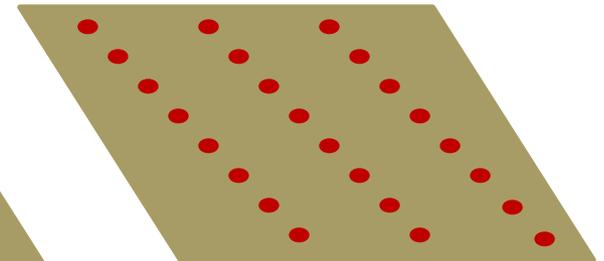
Tratamento pulverizado



Tratamento do sulco de plantio



Tratamento de sementes



Área tratada  
em m<sup>2</sup>  
10.000

→ 500 → 58

# NOVOS VEÍCULOS



**Com água**  
**Calda total 600 ml / 100 kg**



**Com adjuvante**  
**Calda total 32,5 ml / 100 kg**

# DEFINIÇÕES

**BIORREGULADOR:** composto orgânico, não nutriente, aplicado às plantas em baixas concentrações ( $10^{-15}$  -  $10^{-4}$ M) que promove, inibe ou modifica os processos morfológicos e fisiológicos dos vegetais (NAA).

**BIOESTIMULANTE:** mistura de biorreguladores (GA+IBA+CK-Stimulate) ou mistura de um ou mais biorreguladores com outros compostos de diferente natureza química (Aminoácidos, Algas, Vitaminas, Sais Minerais, etc.)

# DEFINIÇÕES

**BIOATIVADOR:** substância orgânica que modifica os processos morfológicos e fisiológicos das plantas, através da produção indireta de hormônios vegetais que promovem aumentos na produção de cultivos (Tiametoxam, Aldicarb e Cianamida Hidrogenada).

**EFEITO TÔNICO:** substância orgânica que modifica os processos morfológicos e fisiológicos das plantas, que pode aumentar ou reduzir a produção vegetal (Estrobilurinas e Triazóis).

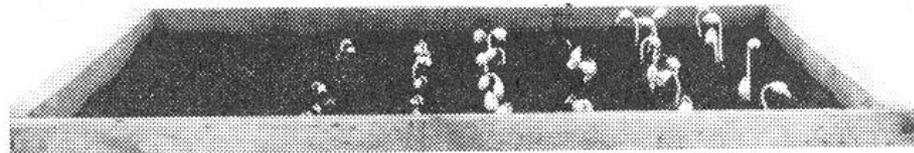
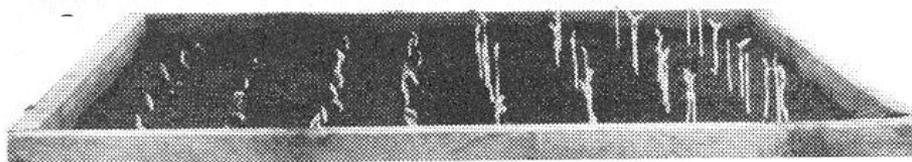
# **BIORREGULADORES EM SEMENTES**

# GIBERELINA NA GERMINAÇÃO DE ERVILHA E FEIJOEIRO SOB DIFERENTES TEMPERATURAS

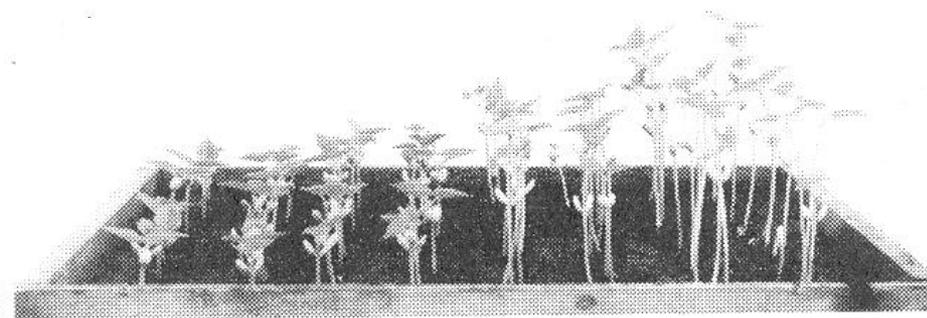
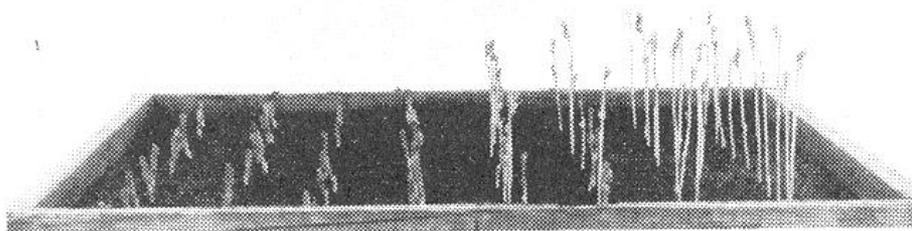
ERVILHA

BAIXA: 10 ° C

FEIJOEIRO



Concentrações crescentes



ALTA: 25 ° C

# GIBERELINA EM BATATA-SEMENTE



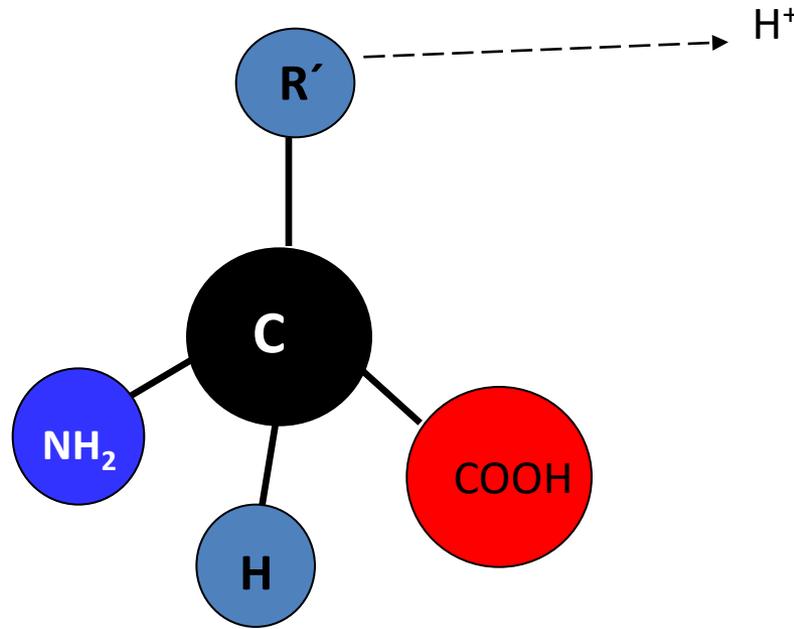
# AMINOÁCIDOS

# GRANDE DISPONIBILIDADE DE PRODUTOS COMERCIAIS NO MERCADO

- Aminon
- Ajifol
- Codamin
- Metalosate
- etc.



# OS AMINOÁCIDOS SÃO OS BLOCOS ESTRUTURAIS DAS PROTEÍNAS



Uma grande variedade de aminoácidos é teoricamente possível, mas do ponto de vista prático **só nos interessam os L- $\alpha$ -aminoácidos**. Apenas 20 tipos são usados para a construção de proteínas.

# 20 aminoácidos encontrados em proteínas

Não-polar  
(hidrofóbicos)

Tendem-se a agregar no interior da estrutura proteica



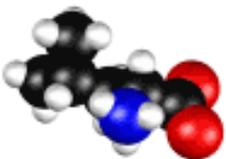
Gly



Ala



Val



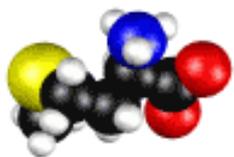
Leu



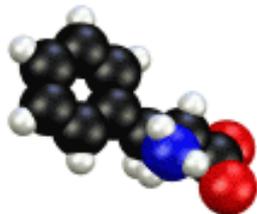
Ile



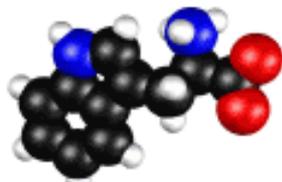
Pro



Met

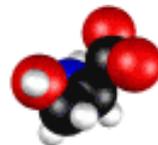


Phe

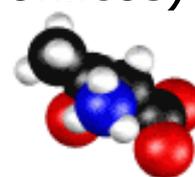


Trp

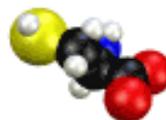
Polares não-carregados  
(hidrofílicos)



Ser



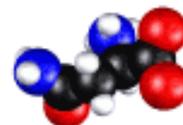
Thr



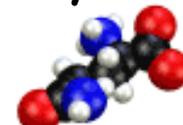
Cys



Tyr

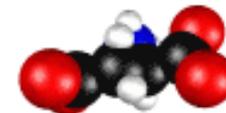


Asn

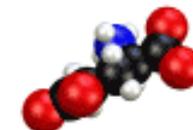


Gln

Polares,  
Negativam.  
carregados  
(hidrofílicos)



Asp

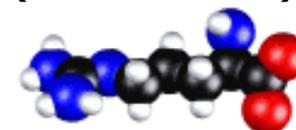


Glu

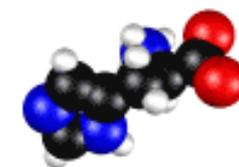
Polares, positivam.  
carregados  
(hidrofílicos)



Lys



Arg



His

**BIOESTIMULANTE:**

**STIMULATE**

# OBJETIVOS

- Avaliar os efeitos de estimulante vegetal na germinação e no vigor de sementes.
- Estabelecer concentrações do produto para a cultura avaliada, principalmente, no que se refere à aplicação via semente;
- Monitorar e avaliar o crescimento e o desenvolvimento do sistema radicular de plantas em rizotrons, sendo estas originadas de sementes pré-tratadas com Stimulate;
- Observar os efeitos no desenvolvimento e na produtividade das plantas originadas de sementes pré-tratadas com o Stimulate.

# METODOLOGIA

**LOCAL:** Laboratório de Fisiologia Vegetal e em casa de vegetação do Horto Experimental de Botânica do Departamento de Ciências Biológicas da ESALQ–USP.

**BIOESTIMULANTE UTILIZADO:** Stimulate, produto líquido, que apresenta em sua composição 0,009% de cinetina (citocinina), 0,005% de ácido giberélico (giberelina) e 0,005% de ácido indolbutírico (auxina).

**CONCENTRAÇÕES AVALIADAS:** as concentrações do produto variaram entre 1,0 a 5,0 mL de Stimulate/0,5 kg de sementes.

**MODO DE APLICAÇÃO:** o Stimulate foi aplicado diretamente sobre as sementes, após diluição em água destilada da concentração desejada, completando-se o volume final até 10 mL.

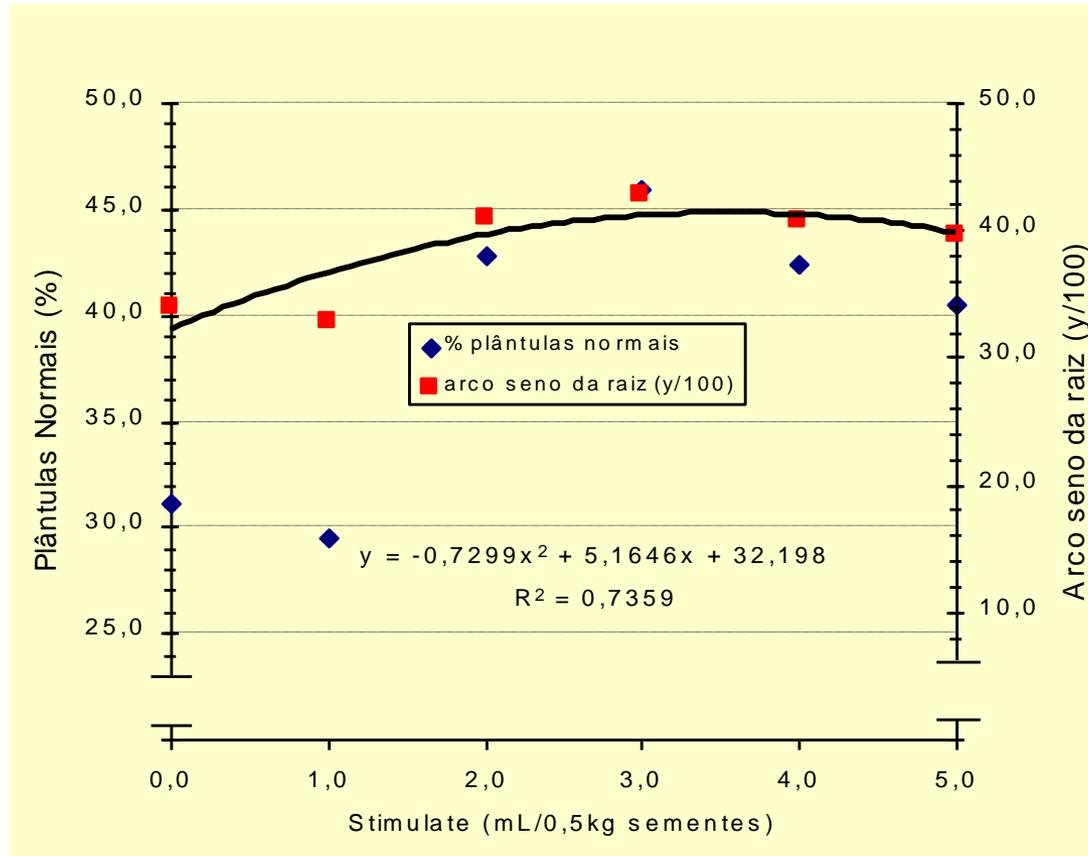
# AVALIAÇÃO DO EXPERIMENTO

**Primeira etapa:** Efeitos do Stimulate na germinação de sementes e no vigor de plântulas, (porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas normais, porcentagem de plântulas anormais, comprimento de plântulas e massa seca de plântulas).

**Segunda etapa:** Avaliação da ação do Stimulate no crescimento e no desenvolvimento do sistema radicular das plantas em rizotrons.

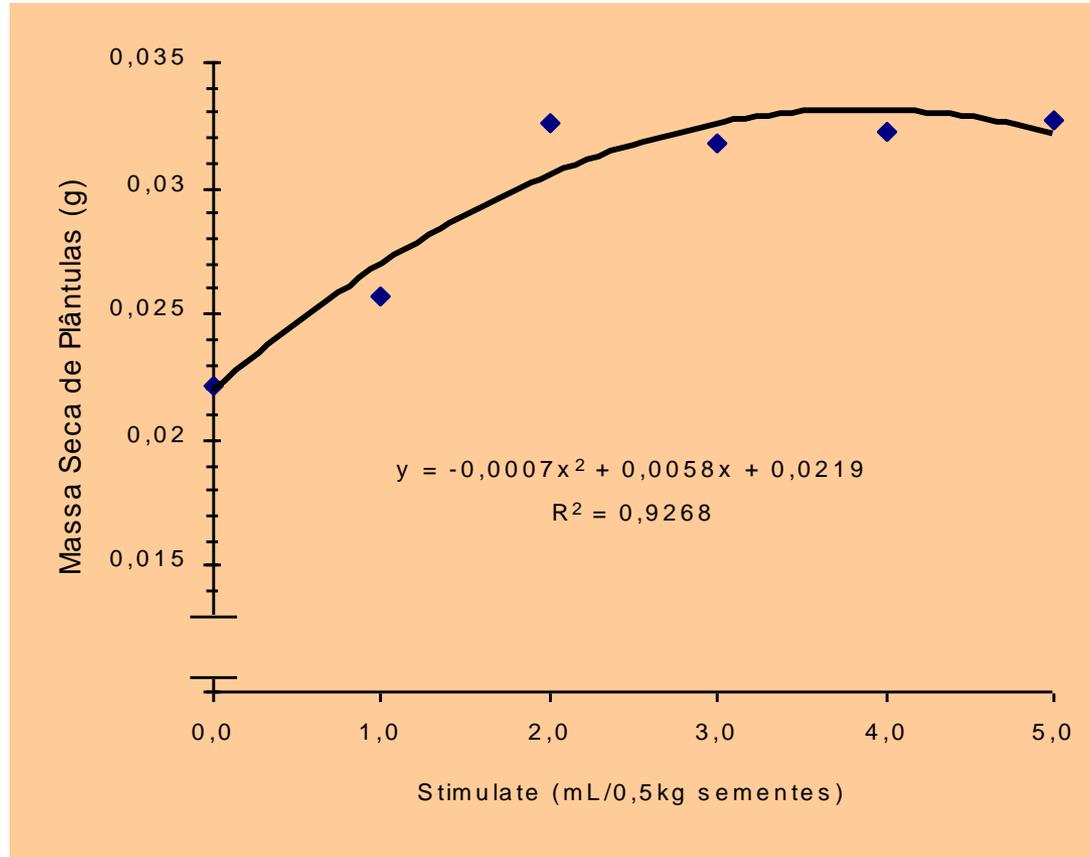
**Terceira etapa:** Efeito do Stimulate no crescimento, no desenvolvimento e produtividade das plantas, (número de panículas com grãos/planta, massa seca de grãos/planta, etc.).

# SOJA – RESULTADOS



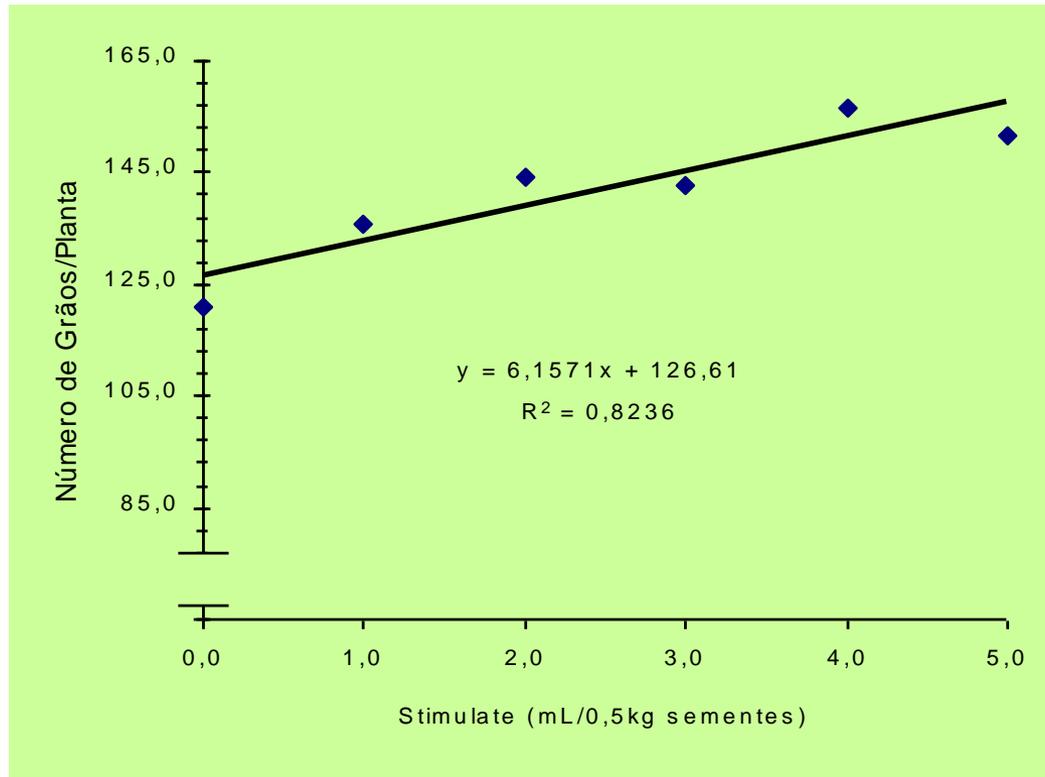
**Figura 1: Modelo de regressão quadrático para a variável plântulas normais de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob seis concentrações de Stimulate.**

# SOJA - RESULTADOS



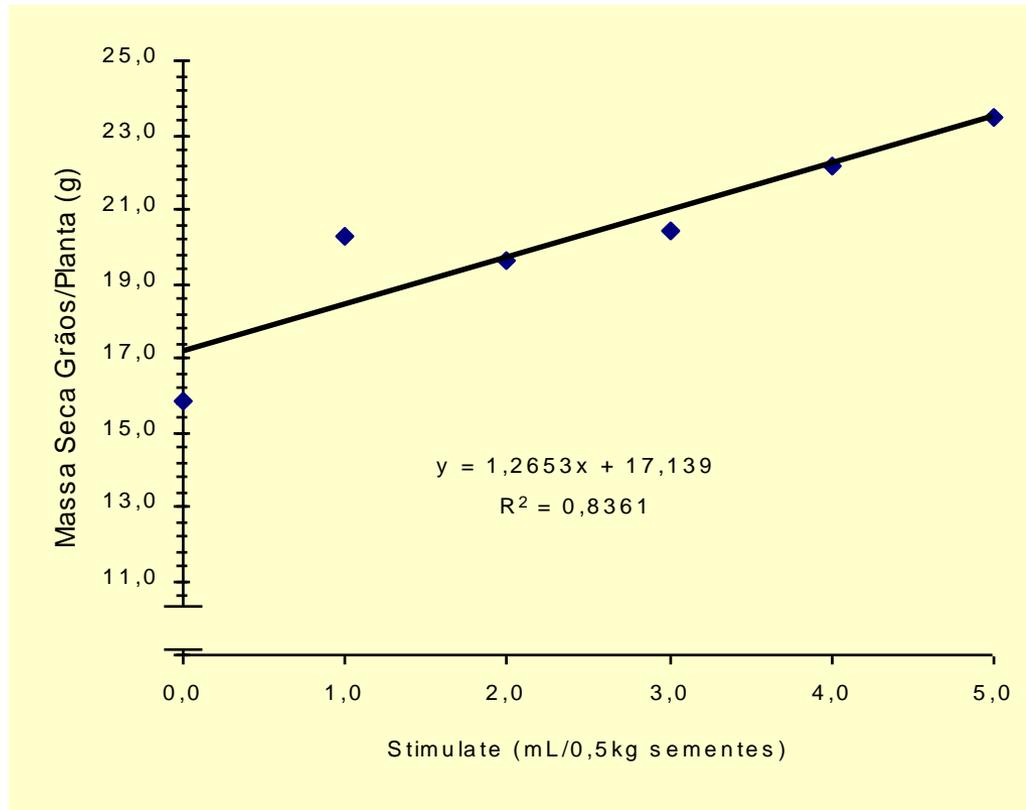
**Figura 2: Modelo de regressão quadrático para a variável massa seca de plântulas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob seis concentrações de Stimulate.**

# SOJA - RESULTADOS



**Figura 3: Modelo de regressão linear para a variável número de grãos por planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill ) sob seis concentrações de Stimulate.**

# SOJA – RESULTADOS



**Figura 4: Modelo de regressão linear para a variável massa seca de grãos por planta de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) sob seis concentrações de Stimulate.**

# SOJA – CONCLUSÕES

- As sementes tratadas com Stimulate 3,5 mL/0,5 kg de sementes, apresentaram maiores valores percentuais de plântulas normais.
- A concentração de 4,1 mL de Stimulate promoveu o valor máximo de massa seca de plântulas de soja.
- O Stimulate promoveu melhor desempenho no crescimento radicular vertical dos sistemas radiculares das plantas de soja, quando em rizotrons.
- As produções do número de grãos e de massa seca de grãos/planta, foram incrementadas com as aplicações de Stimulate até a concentração de 5,0 mL/0,5 kg de sementes.

## Controle



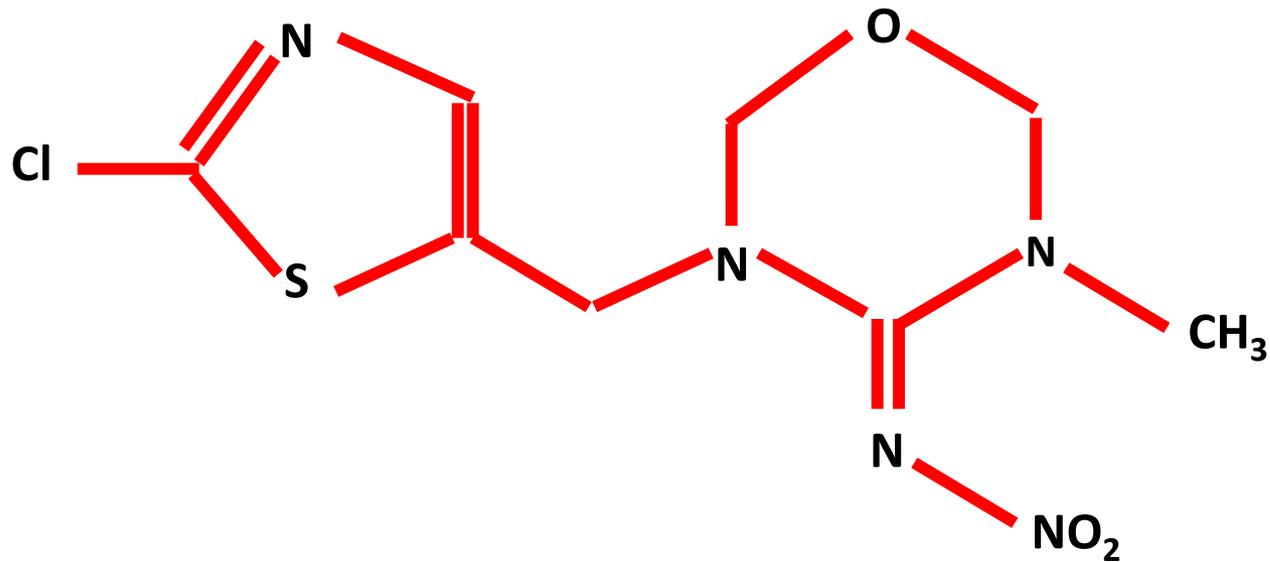
## Stimulate



**BIOATIVADOR :**

**TIAMETOXAM**

# ESTRUTURA QUÍMICA



**3 - (2 - Cloro-tiazol-5-ilmetil) – 5 – metil – [1,3,5] oxadiazinan – 4 – ilideno – N – nitroamina, PM = 291,7, inseticida do grupo neonicotinóide, da família nitroguanidina, atua no receptor nicotínico acetilcolina de insetos lesando o sistema nervoso e levando-os à morte.**

# TRATAMENTO DE SEMENTES

- Sistêmico
- Proteção: Pragas iniciais
  - De solo
  - Da parte aérea
- Melhor estande
  - Emergência
  - Vigor
- Modo de ação
  - Proteínas receptoras da membrana de fibras nervosas
  - Alterações na estrutura da membrana
  - Morte

# TIAMETOXAM EM SOJA

# RESULTADOS – SOJA 20 DIAS APÓS SEMEADURA



**Cruiser  
300 mL**

**Cruiser  
200 mL**

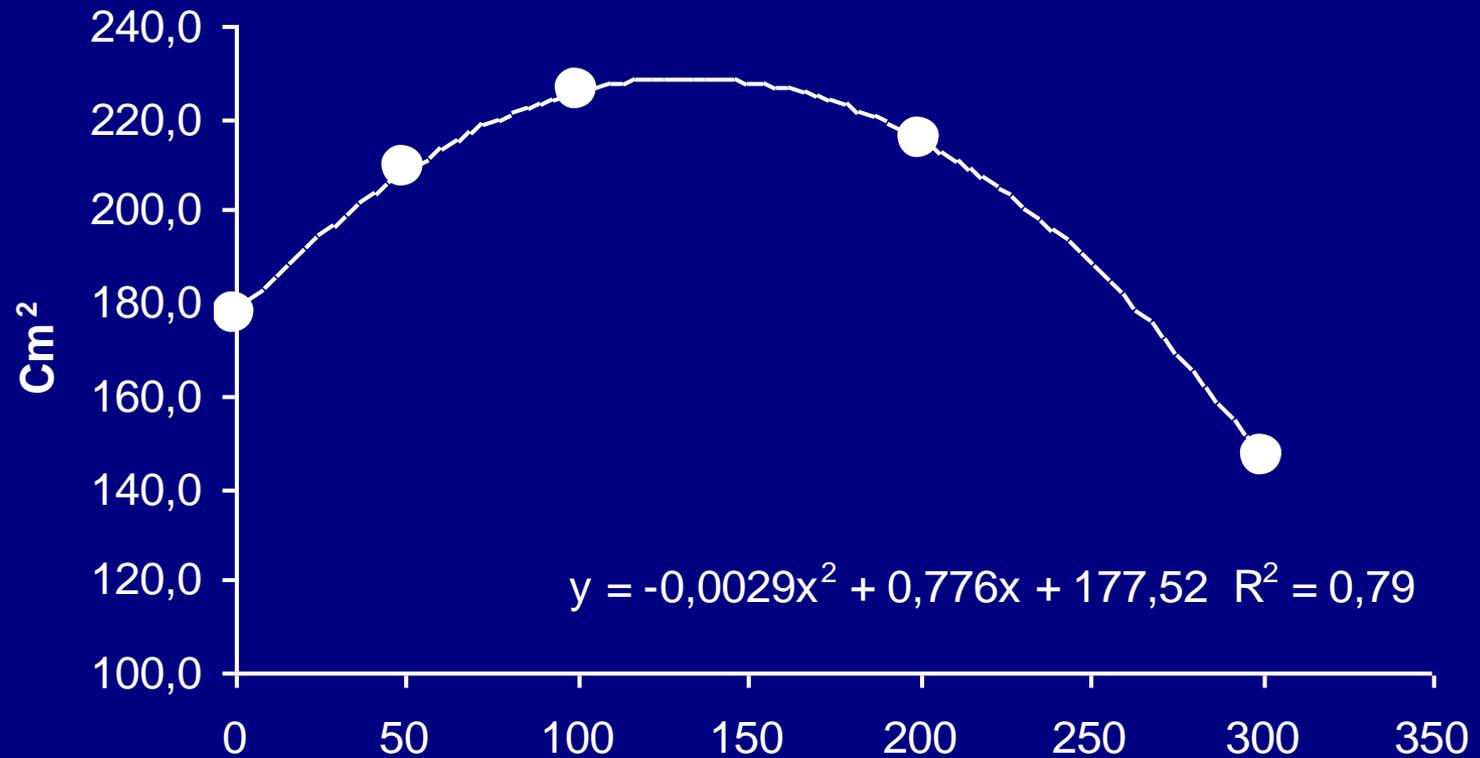
**Cruiser  
100 mL**

**Cruiser 50  
mL**

**Controle**

# RESULTADOS

## Área Foliar



mL Cruiser 35 FS/ 100 kg sem.

# BIOMETRIA DE RAÍZES

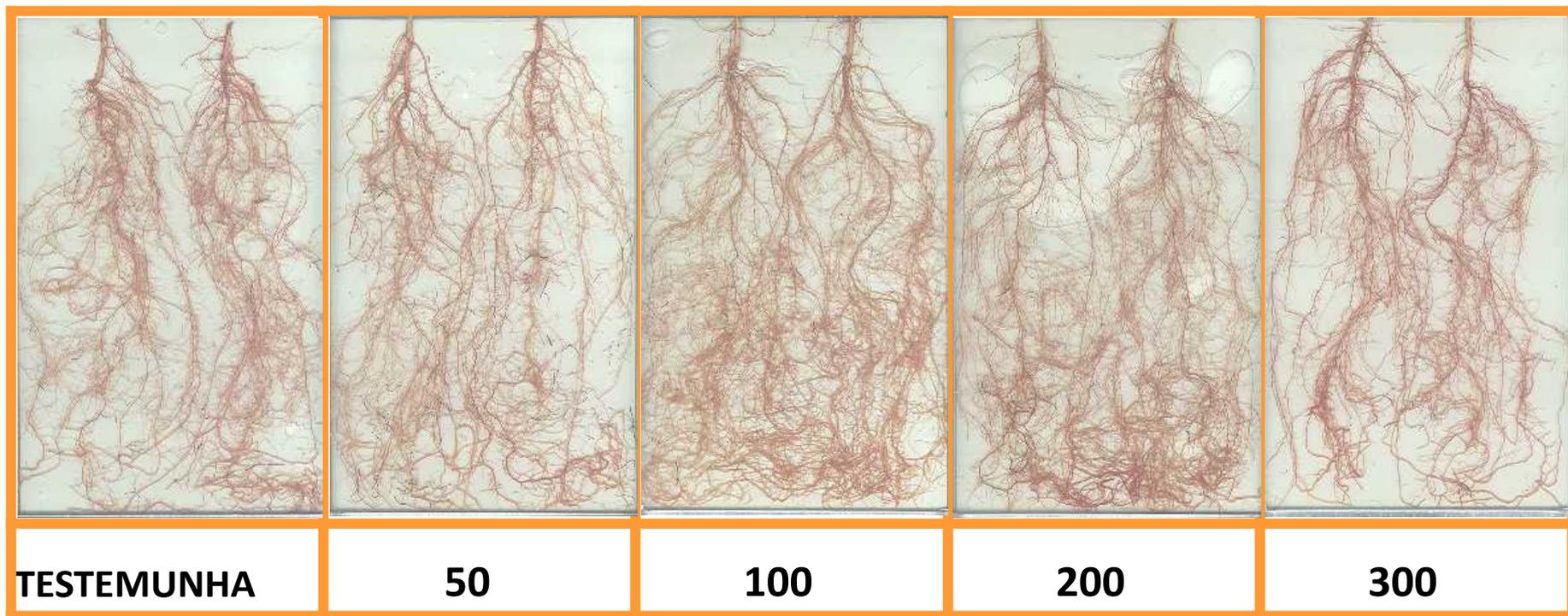
**SCANNER**



**RIZOTROM**



# SISTEMA RADICULAR - SOJA

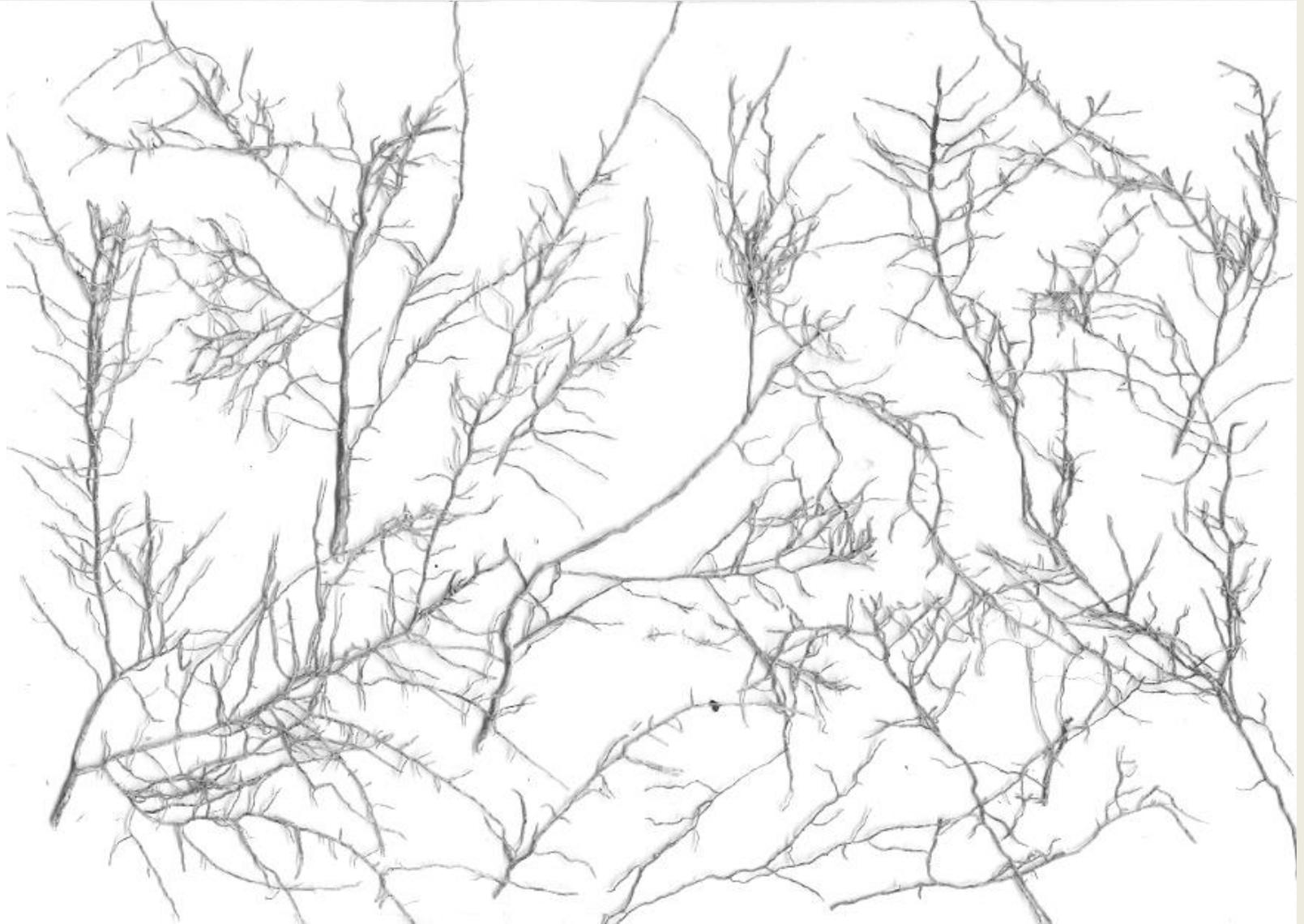


**mL Cruiser 35 FS / 100 kg de sementes**

# MASSA DAS RAÍZES

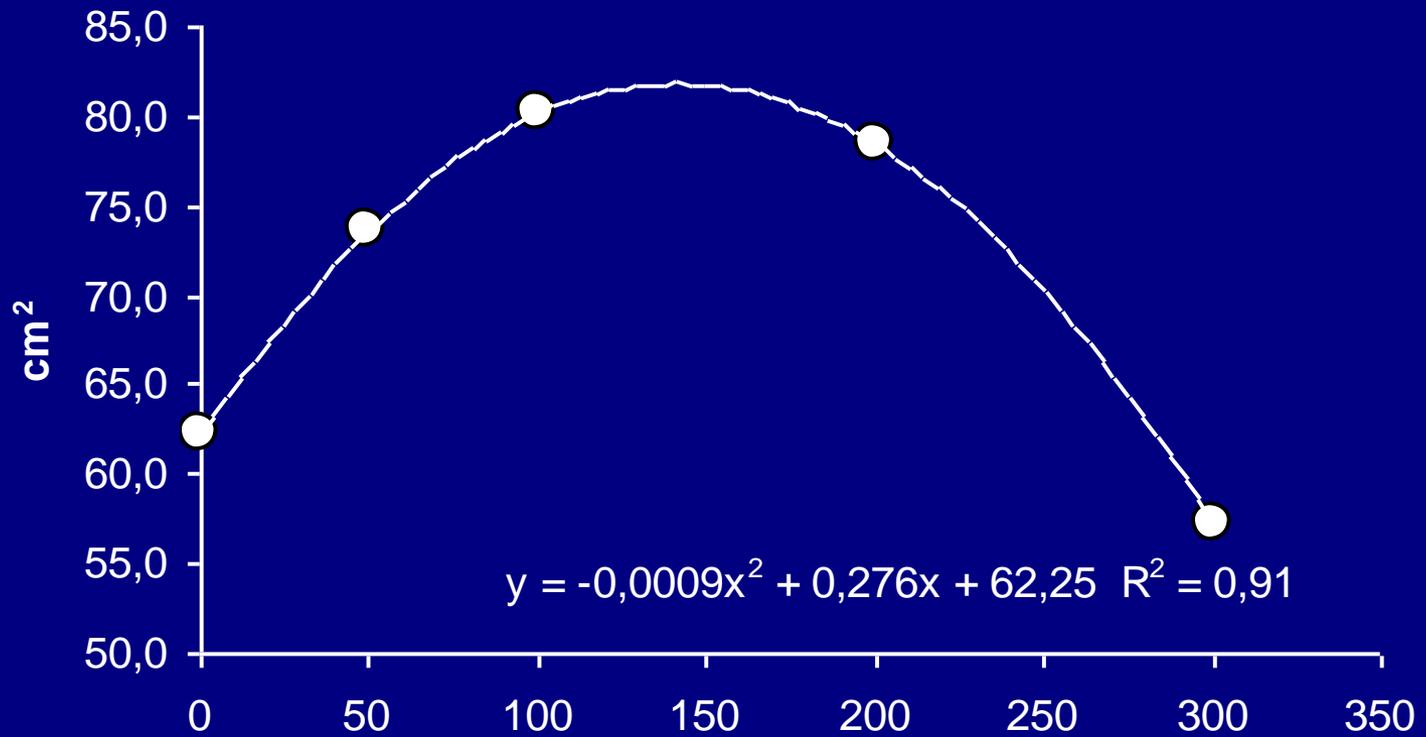


# DIGITALIZAÇÃO DAS RAÍZES



# RESULTADOS

## Área Radicular



mL Cruiser 35 FS/ 100 kg sem.

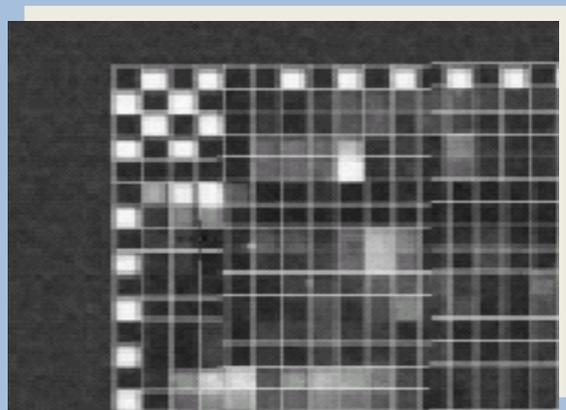
# PRODUTIVIDADE



# **MECANISMO DE AÇÃO DE CRUISER**

# Metodologia

Affymetrix GeneChip® Analisis con *Arabidopsis*



Os resultados indicam o nível da atividade dos genes, revelando os genes regulados por Cruiser

Very Regulated  Not Regulated

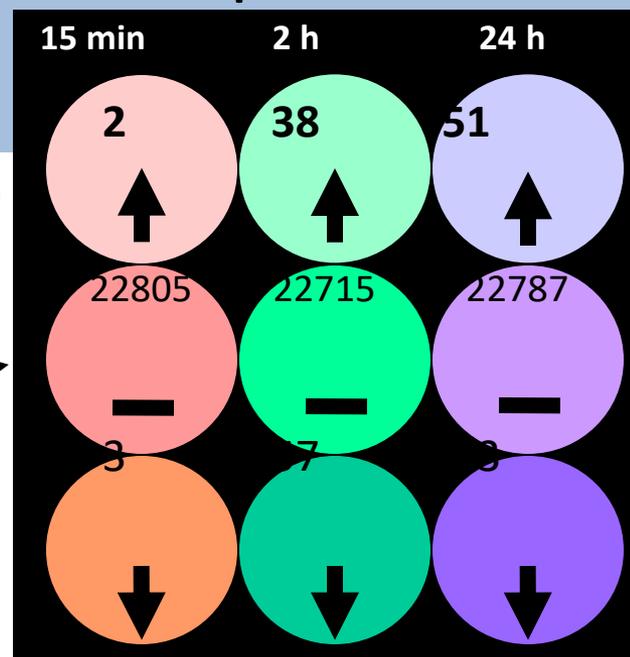
**22,810 genes total**

Tempo após a aplicação de Cruiser

Genes mais ativos

Maioria dos genes permaneceram sem serem afetados

Example test run

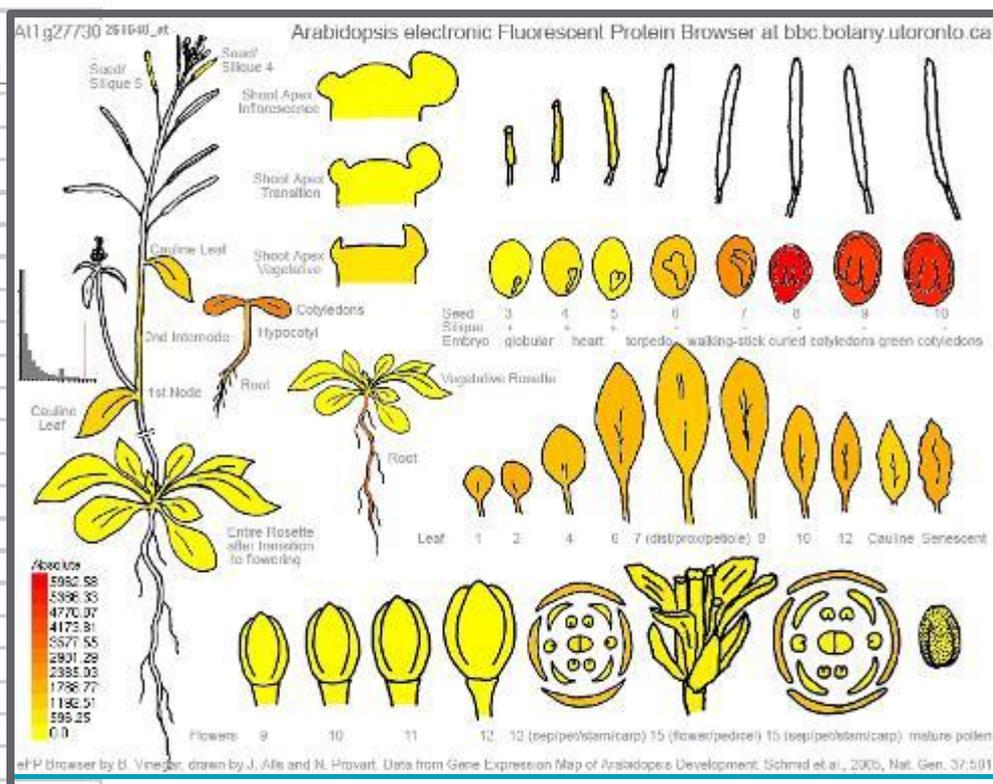


up

down

# Como são os genes de interesse fortemente expressos em diferentes órgãos vegetais ?

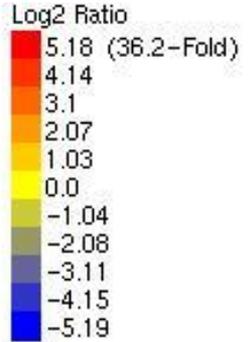
Anatomy	# of Chips	Mean	Std_Error
0 callus	6	602	58
1 cell suspension	87	2250	371
2 seedling	493	1729	139
21 cotyledons	9	5017	2335
22 hypocotyl	6	3354	1057
23 radicle	9	4000	1391
3 inflorescence	232	3131	428
31 flower	85	1027	165
32 silique	19	2426	577
33 seed	53	9335	1541
34 stem	28	2257	480
35 node	3	1759	115
36 shoot apex	25	383	157
37 cauline leaf	3	4265	204
4 rosette	711	4754	199
41 juvenile leaf	87	2749	424
42 adult leaf	243	8064	375
43 petiole	12	1576	445
44 senescent leaf	3	7851	123
45 hypocotyl	12	5474	977
5 roots	236	5533	482
52 lateral root	4	6621	3600
53 root tip	4	760	95
54 elongation zone	7	535	110
55 root hair zone	4	880	300
56 endodermis	3	9165	1378
57 endoderm.+cortex	3	22926	3807
58 epid. trichoblasts	3	13193	3036
59 lateral root cap	3	22053	3407
60 stele	3	12663	586



Analysis by Botany Array Resource

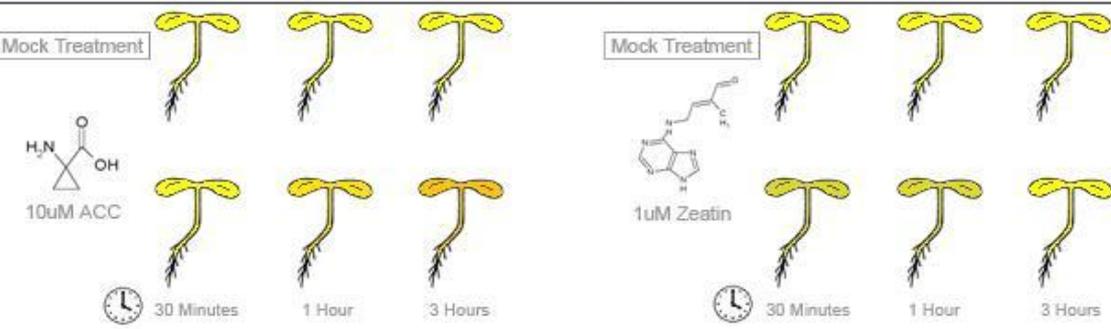
Analysis by Genevestigator

# São os genes de interesse regulados por hormônios?

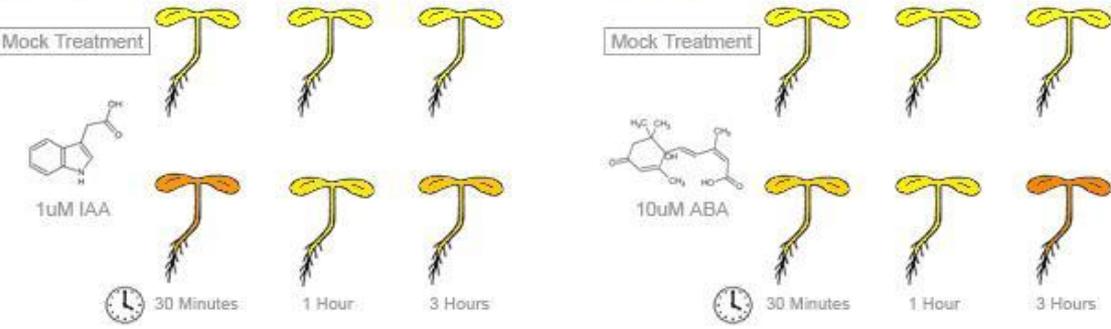


Analysis by Botany Array Resource

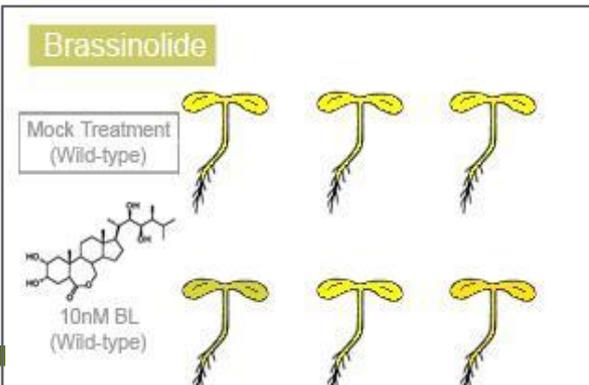
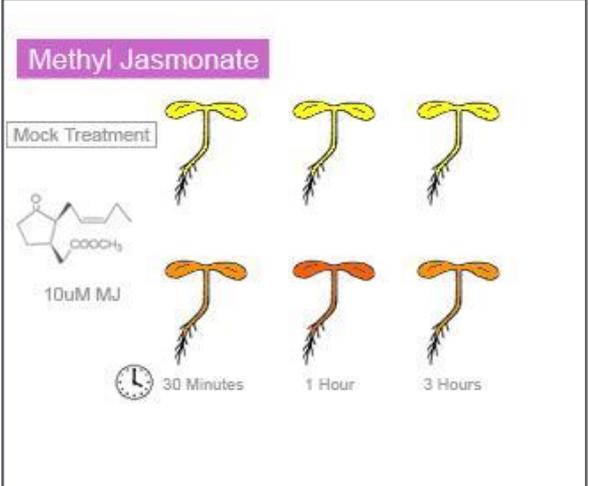
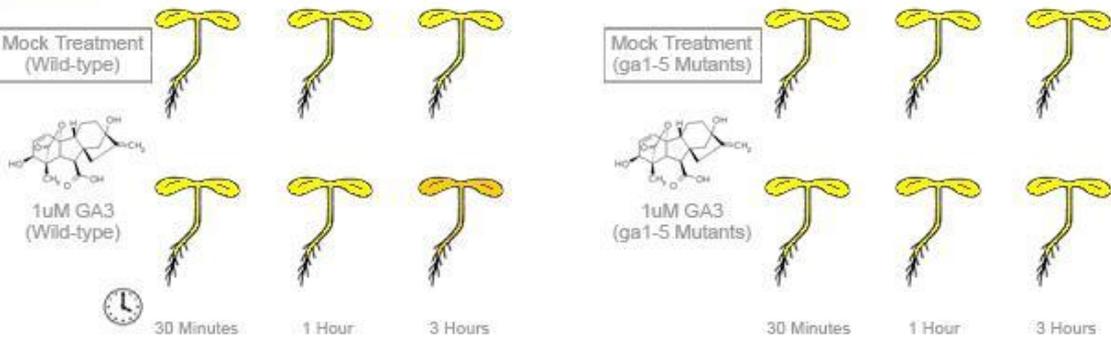
## ACC Zeatin



## IAA ABA



## GA-3



**FOSFITOS**

# USO DE FOSFITOS NA AGRICULTURA

## 1º período

- ✓ Década de 30: primeiros trabalhos com aplicações via solo  
resultados irrelevantes
- ✓ MacIntire (1950): Fosfito x Fosfato  
Incrementos na produtividade  
Fosfato > Fosfito > Controle
- ✓ Maior custo do fosfito em relação ao fosfato
- ✓ Década de 70: uso no controle de doenças

# USO DE FOSFITOS NA AGRICULTURA

## 2º Período

- ✓ Década de 70: uso no controle de doenças
- ✓ Fosfito+etanol → etil fosfonato (Fosetyl Al = Aliette®)
- ✓ Excelente controle de fungos da ordem dos Oomicetos, principalmente Phytophthora
- ✓ Na planta: etil fosfonato +  $H_2O$ : liberação do íon fosfito
- ✓ Sal fosfito: comportamento similar ao Fosetyl-Al
- ✓ Grande número de trabalhos visando o controle de patógenos

# USO DE FOSFITOS NA AGRICULTURA

## 3º Período

- ✓ Observações de efeitos fisiológicos do fosfito em plantas na ausência do patógeno
- ✓ Fosfito: absorvido mais rapidamente que o fosfato via foliar (Ouimette & Coffey, 1989)
- ✓ Fosfito é facilmente translocado e metabolizado mais lentamente que o fosfato, sendo mais persistente no interior dos tecidos (Rickard, 2000)
- ✓ Maior fixação e desenvolvimento de frutos cítricos com aplicações foliares de fosfito (Lovatt, 1990)

# CONTROLE DE DOENÇAS

- ✓ Muito eficazes para Oomicetos,
- ✓ Principalmente para Phytophthora
- ✓ Fosetyl –AL: libera fosfito no interior da planta
- ✓ Efeitos similares ao Fosetyl-Al

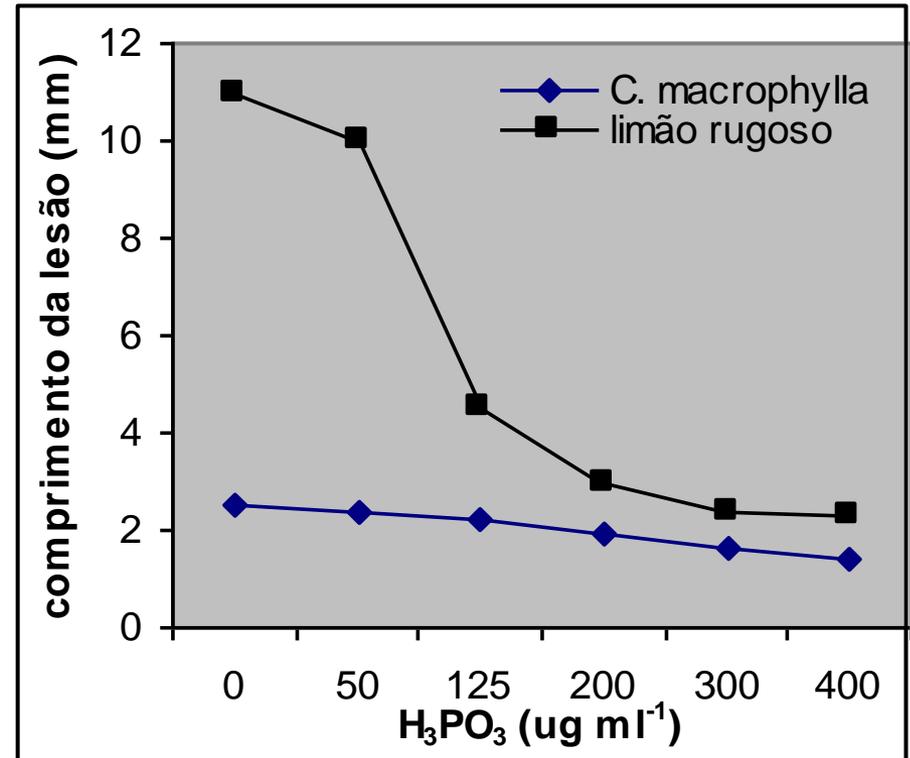
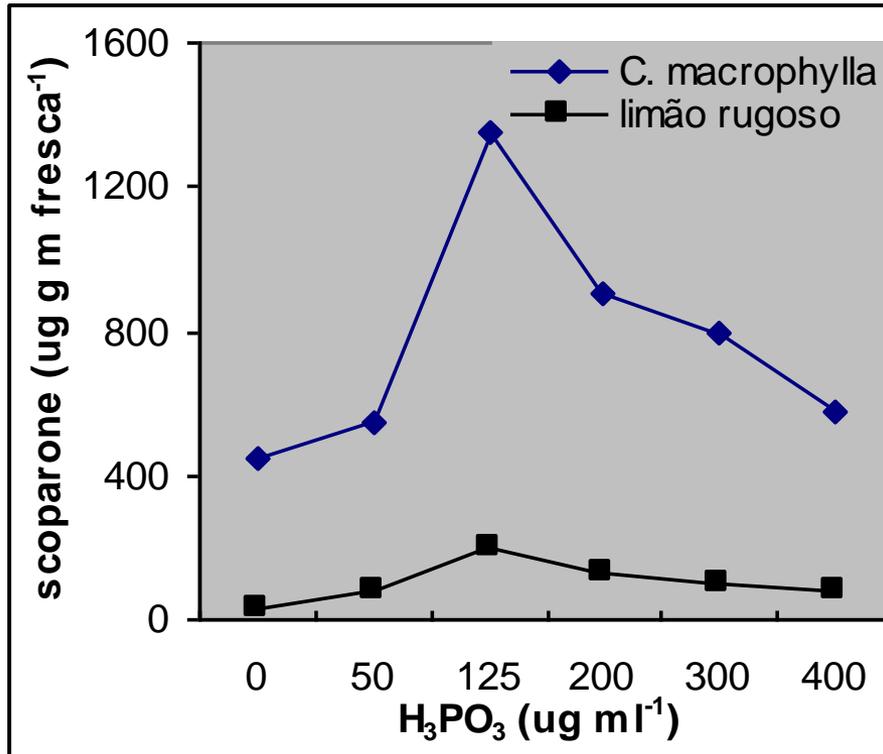
## Controle:

- ✓ Direto: Ação direta sobre o patógeno
- ✓ Indireto: Ativação dos mecanismos de defesa das plantas

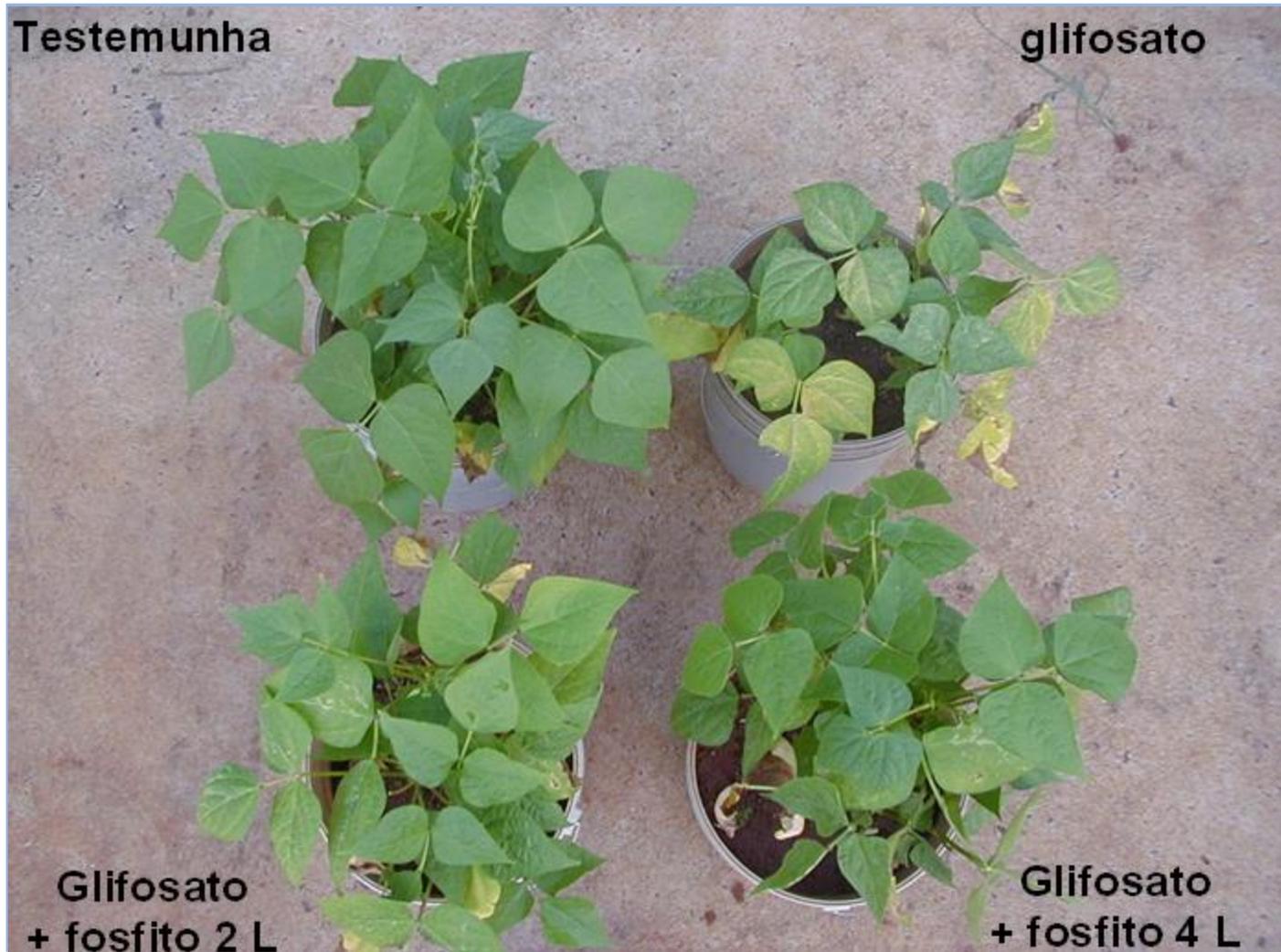
Produção de FITOALEXINAS

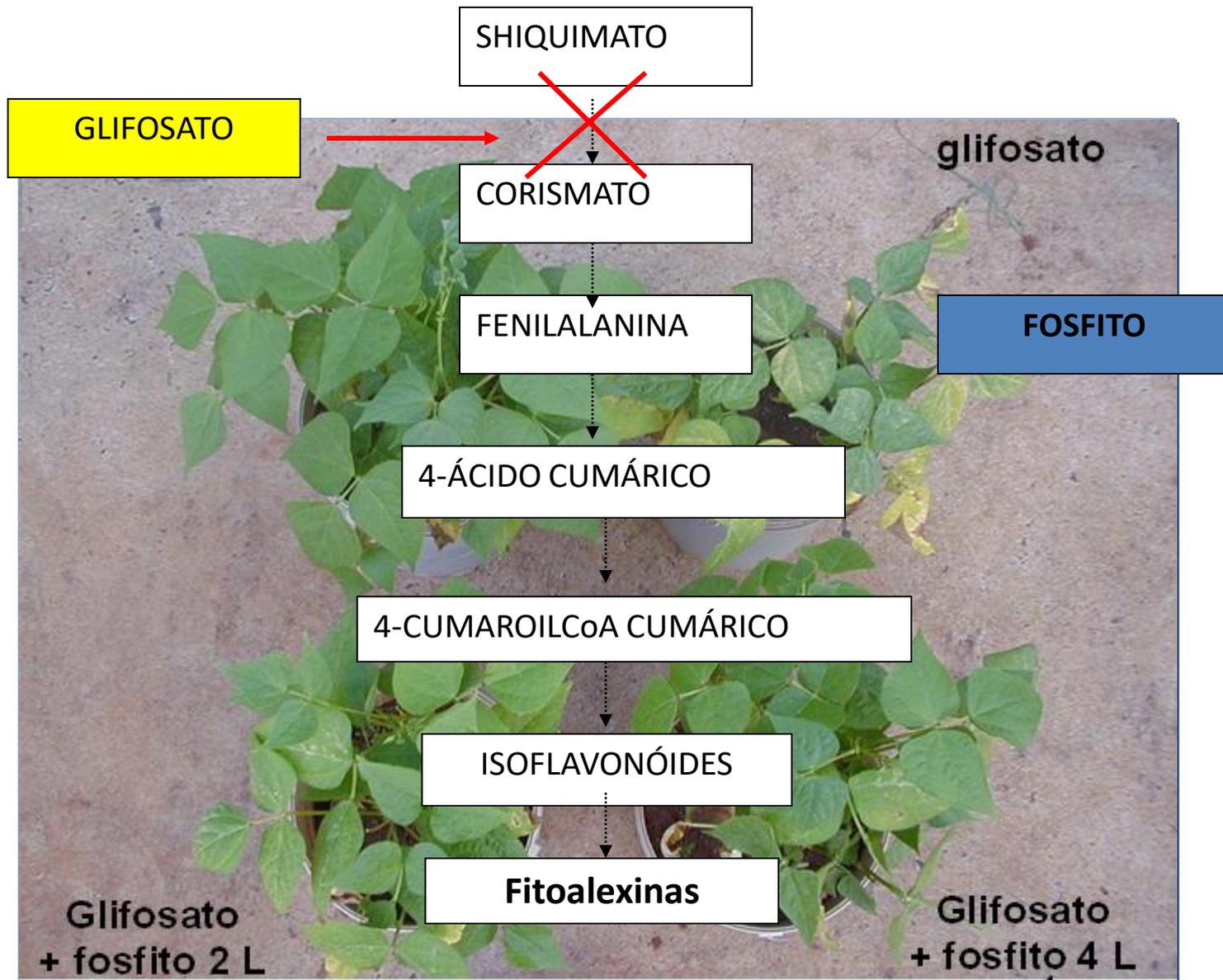
# CONTROLE DE DOENÇAS

Efeito de aplicações de ácido fosforoso na produção de Fitoalexina (esq) e no tamanho das lesões (dir) promovidas por *Phytophthora citrophthora* na casca de árvores de citros.



# REDUÇÃO DA FITOTOXICIDADE DO GLIFOSATO



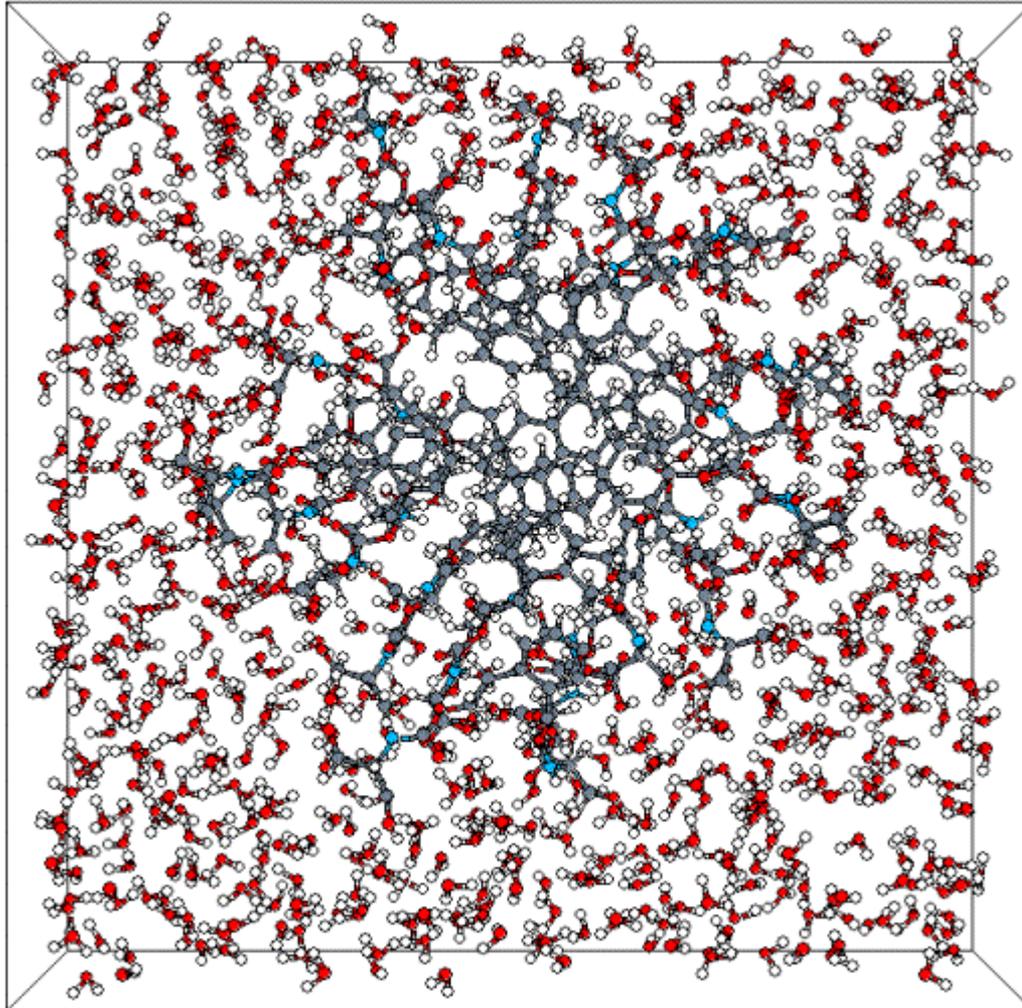


# **MATÉRIA ORGÂNICA**

# SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

- Constituintes da matéria orgânica dos solos e dos sedimentos que podem melhorar as propriedades do solo e o metabolismo vegetal.
- São mais importantes as frações húmicas com relação a reatividade e ocorrência nos ecossistemas os ácidos húmicos e ácidos fúlvicos.

# ESTRUTURA DO ÁCIDO HÚMICO



# SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

- Aumentam o movimento e absorção de íons.
- Aumentam a respiração e a velocidade das reações enzimáticas do ciclo de Krebs resultando em alta produção de ATP nas células radiculares.
- Aumento nos níveis de clorofila e na síntese de ácidos nucleicos.
- Aumento ou redução na atividade de diversas enzimas.
- Afetam a dinâmica do  $\text{NH}_4^+$  no solo.

# SUBSTÂNCIAS HÚMICAS

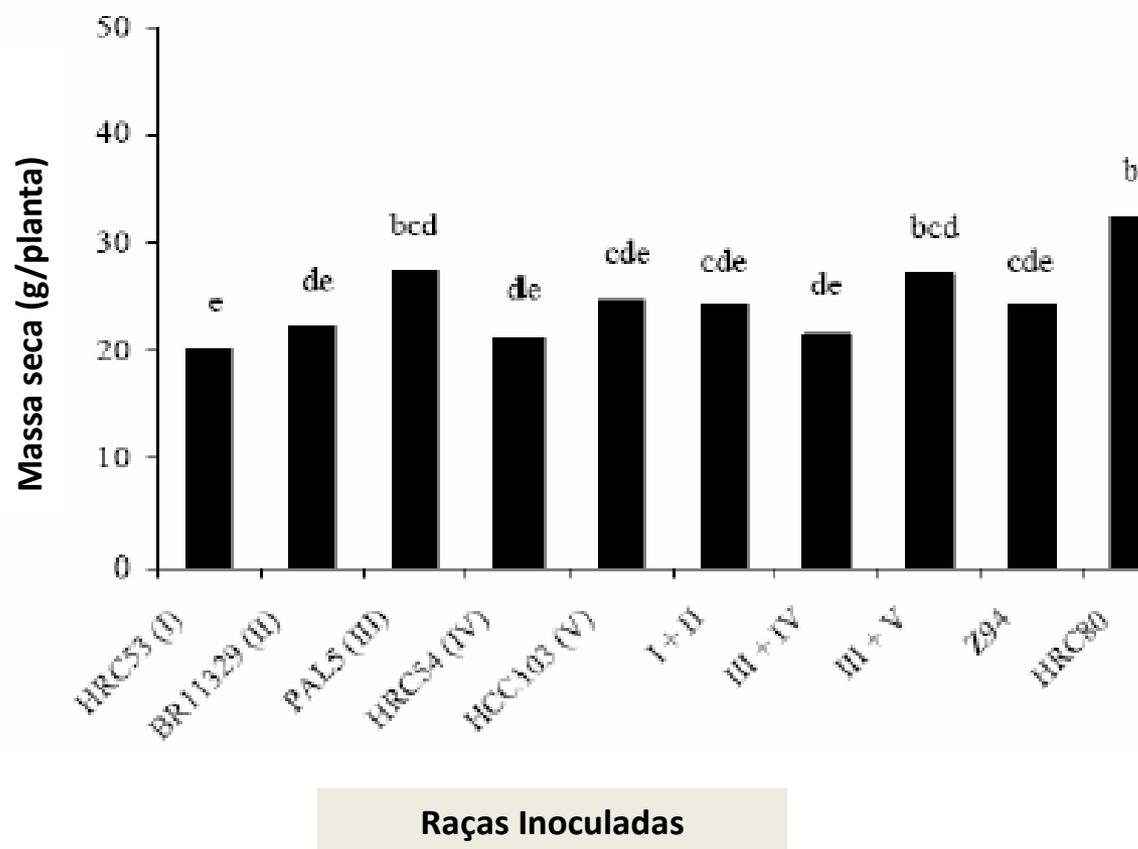
- Reduzem a perda de N para a atmosfera pela redução do  $N_2$ . Consumo de  $OH^-$  pelo  $H^+$  dado pelo ácido orgânico, produz grupos orgânicos com cargas negativas com alta afinidade pelo  $NH_4^+$ , reduzindo seu movimento no solo. Diminui a perda por lixiviação aumentando a disponibilidade de  $NH_4^+$  para o cultivo.

# RIZOBACTÉRIAS

# RIZOBACTÉRIAS ESTIMULANTES

- Produzem metabólitos diretamente relacionados com o crescimento da planta (auxinas, giberelinas e citocininas).
- Produzem antibióticos, sideróforos e ácido hidrocianâmico (HCN) que reduzem a atividade de patógenos.
- Melhor desenvolvimento da planta e das raízes.
- São bactérias não simbióticas do gênero *Pseudomonas* e *Bacillus*. Outras: *Herbaspirillum* e *Gluconacetobacter*.

# RIZOBACTÉRIAS ESTIMULANTES



# **ALGAS MARINHAS**

# ALGAS MARINHAS ESTIMULANTES

- Ação polivalente nos processos biológicos da planta.
- Aumentam a germinação de sementes, o crescimento e o desenvolvimento das plantas, assim como a qualidade dos frutos colhidos.
- Sinais ativos estão presentes no extrato de alga. As doses são muito baixas para o produto atuar como uma fonte direta de nutrição. Pode ser um elicitor, uma molécula atuando como um sinal ativador para enzimas ou vias metabólicas específicas.

## ALGAS MARINHAS ESTIMULANTES

- Extratos de *Ascophyllum nodosum* aplicados juntamente com uma solução nutritiva promoveram grande aumento no crescimento da planta em comparação com o controle pulverizado somente com a solução nutritiva, sendo que esses resultados foram obtidos com tomateiro e trigo. O conteúdo de N, P e K é aumentado nas plantas tratadas. O teor de clorofila também é incrementado.

# MECANISMO DE AÇÃO

Extrato de Alga

Expressão/Repressão Gênica

Integridade da Membrana

Poliaminas

Etileno

Transcrição

Síntese de Citocinina

Betaínas

Ajustamento Osmótico

Sinalização (Reguladores do Estresse)

Complexo Quelatizante

Fosfatases

Absorção de P

Antioxidantes

Sistemina

Peroxidase

Ácido Jasmônico

Fitoalexinas

Ativação de Fatores de Transcrição

Proteínas da Membrana

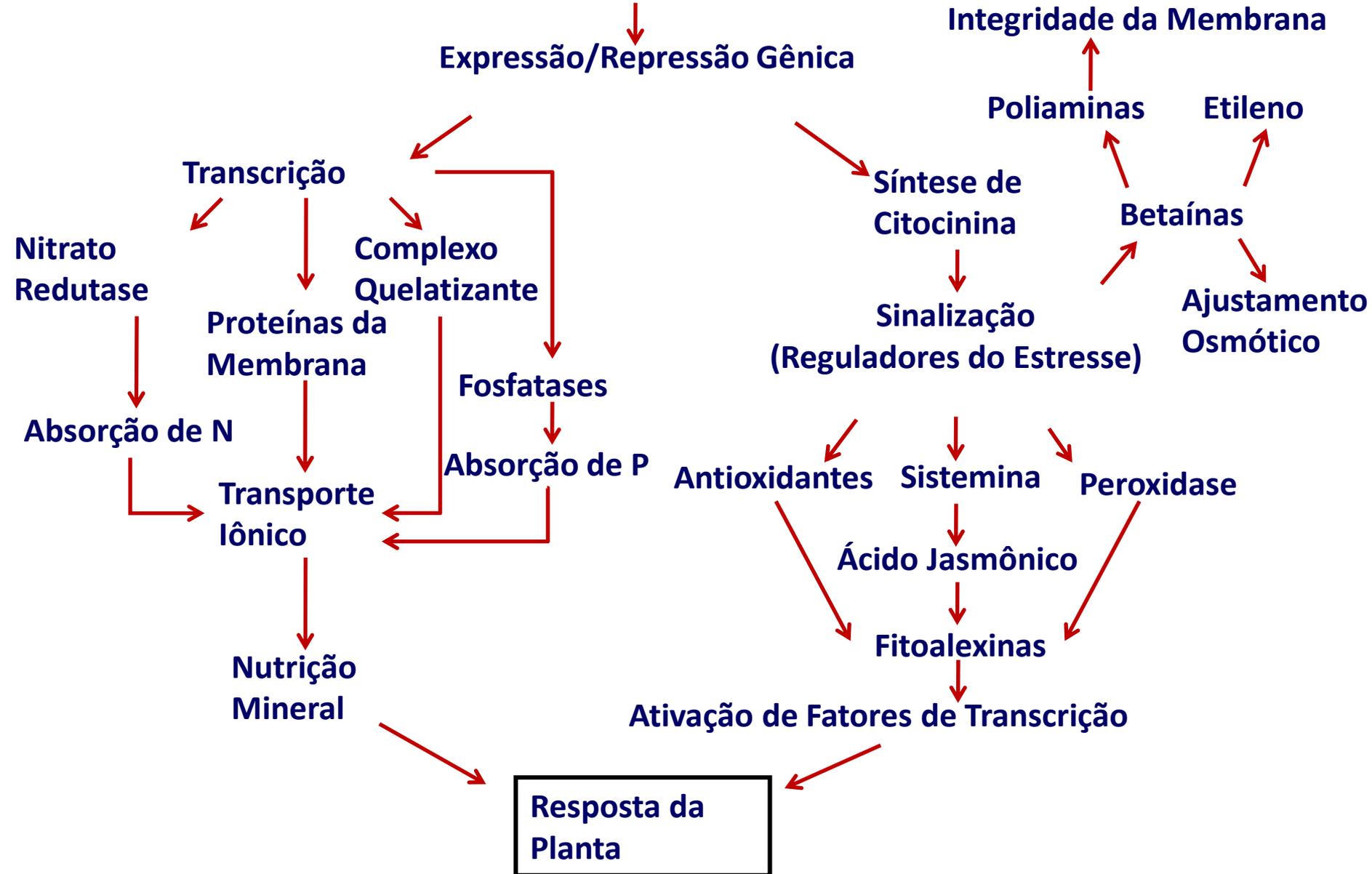
Transporte Iônico

Nutrição Mineral

Nitrato Redutase

Absorção de N

Resposta da Planta





**OBRIGADO**

***prcastro@usp.br***