

AUGU AIZSARGREAKCIJU REGULĀCIJA

Hormonālā regulācija

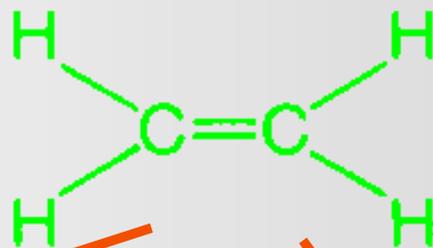
- etilēns

- jasmonāti
- salicilskābe
- sistemīns
- abscīzskābe

Iekšējās pārnēsēji

- H_2O_2
- NO
- askorbīnskābe

Etilēns stresa situācijās



- **ievainojuma atbilde**
- **ķīmiskais stress;
gaisa piesārņojums**
- **aizsargreakcijas
pret patogēniem**
- **aizsardzība pret
augēdājiem**

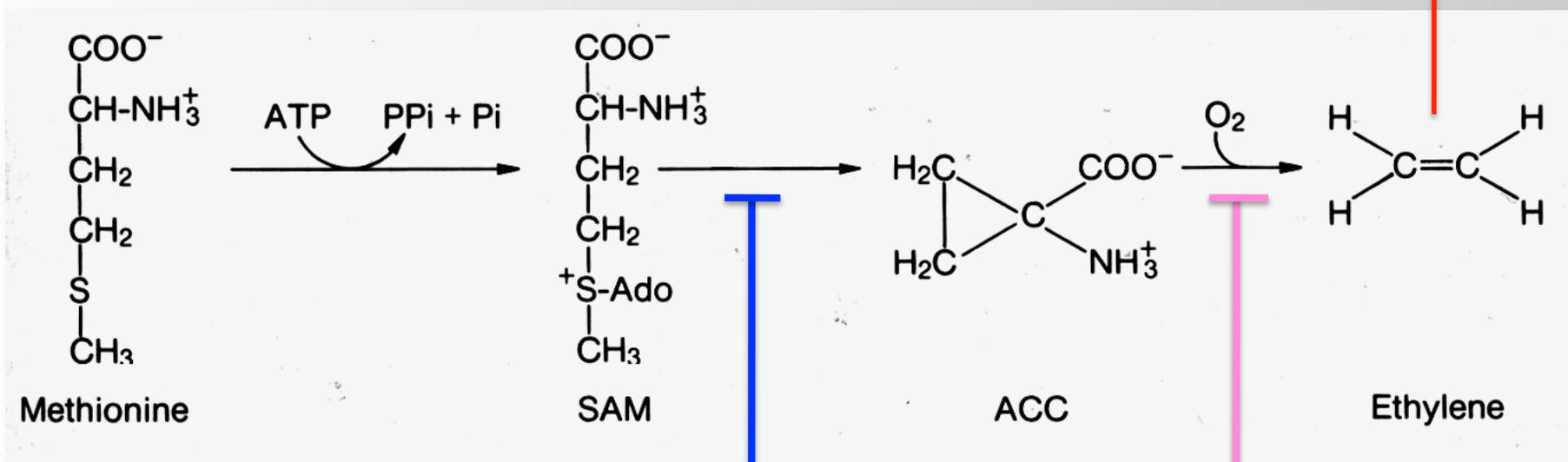
Etilēna biosintēze un inhibitori

FIZIOLOĢISKIE EFEKTI

Sudrabs (Ag)

Norbornadiēns

1-Metilciklopropēns

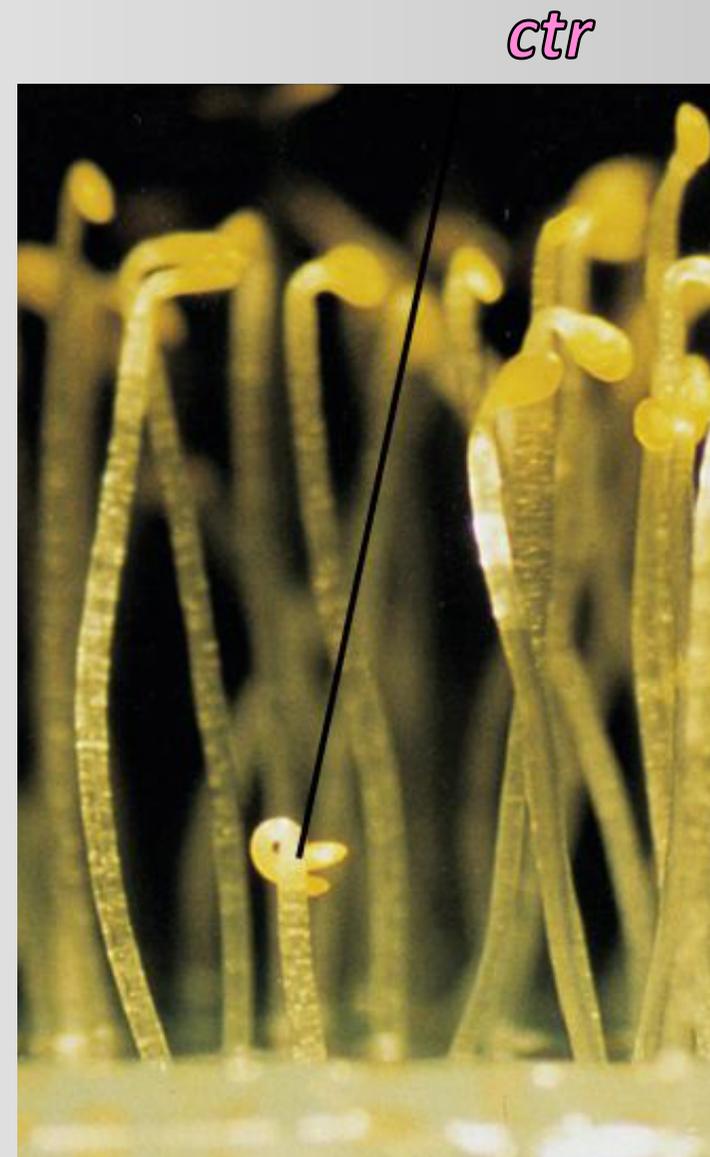
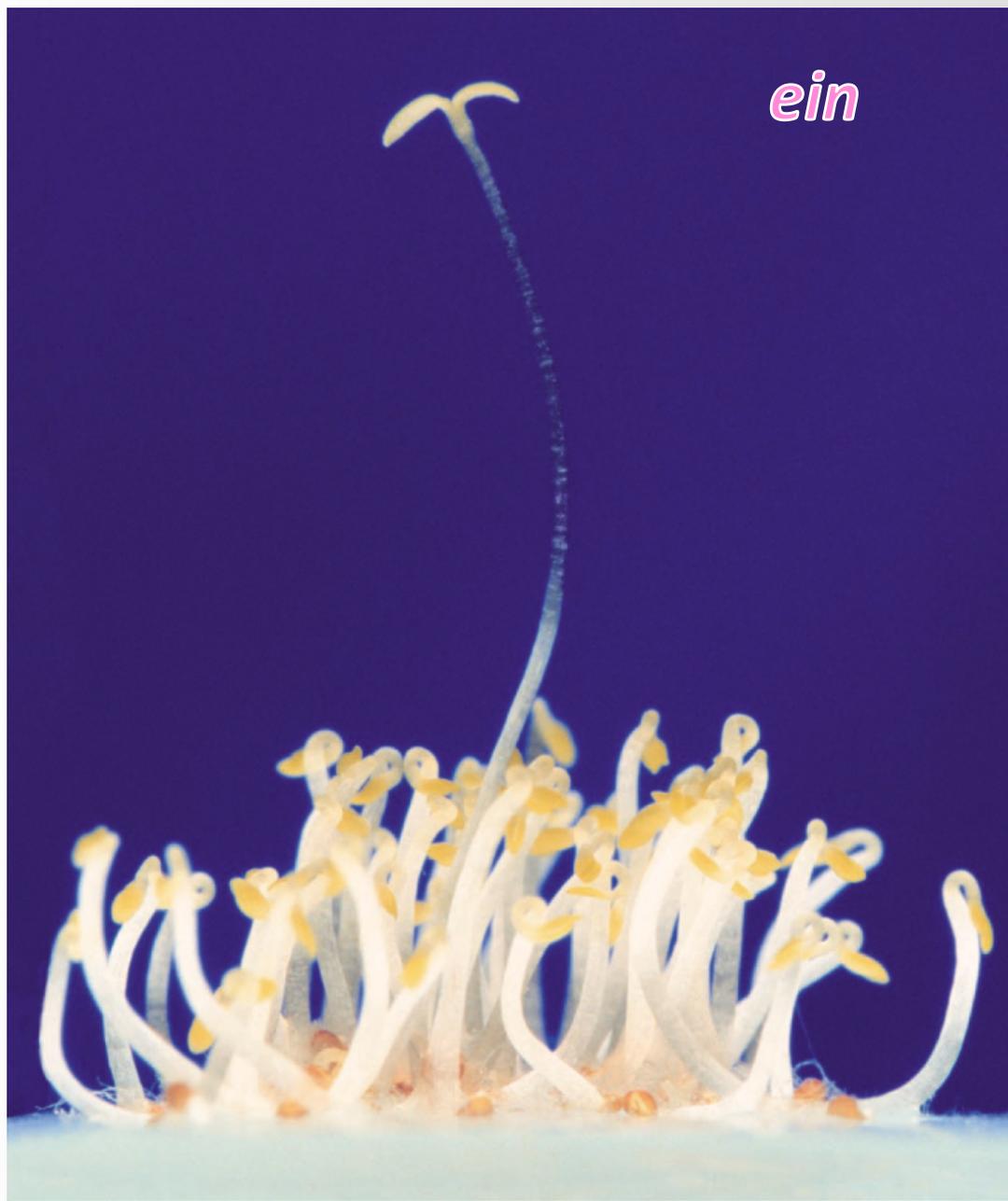


Aminoetoksivinilglicīns (AVG)

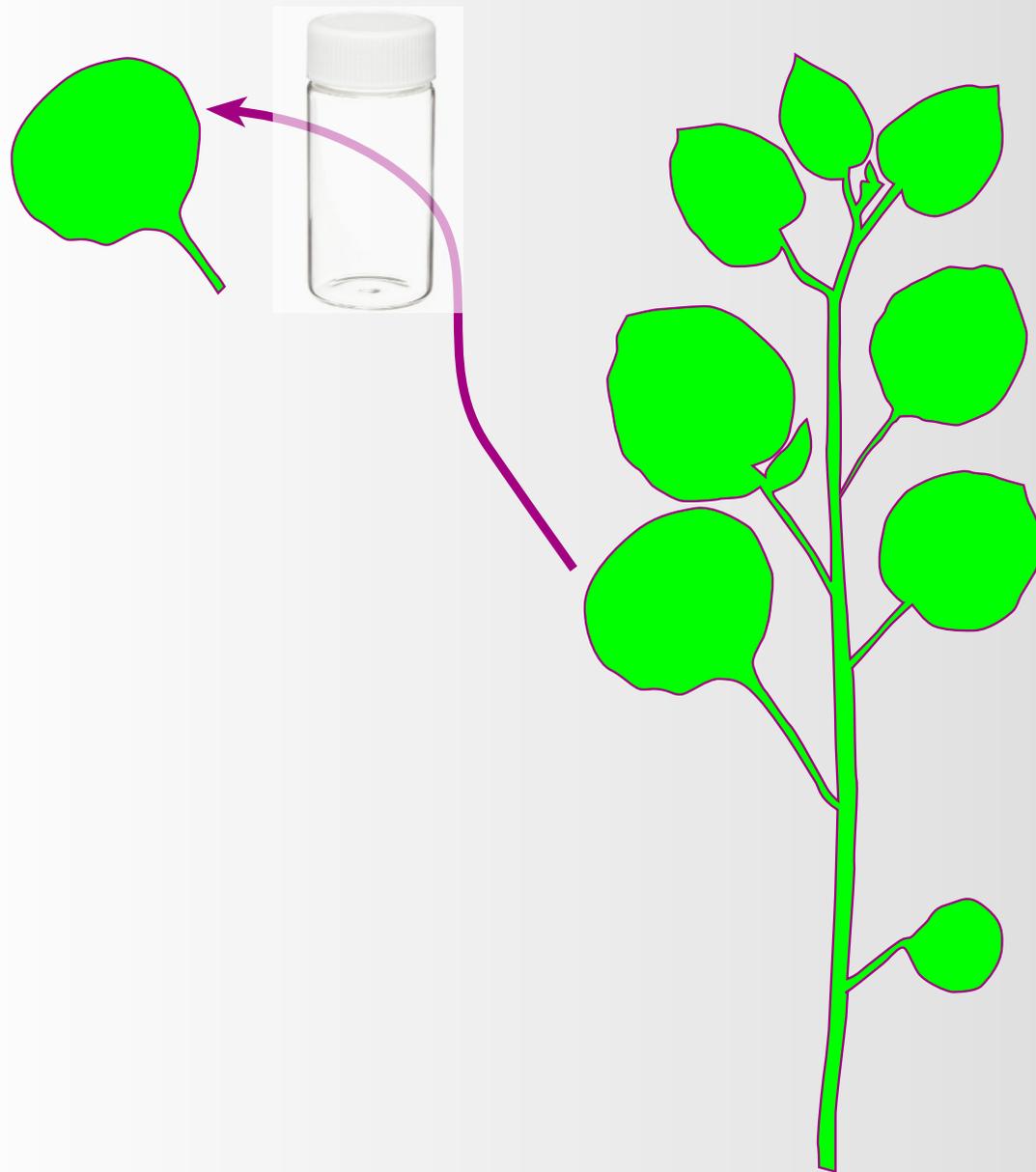
Aminooksietikskābe (AOA)

Kobalts (Co)
n-Propilgallāts

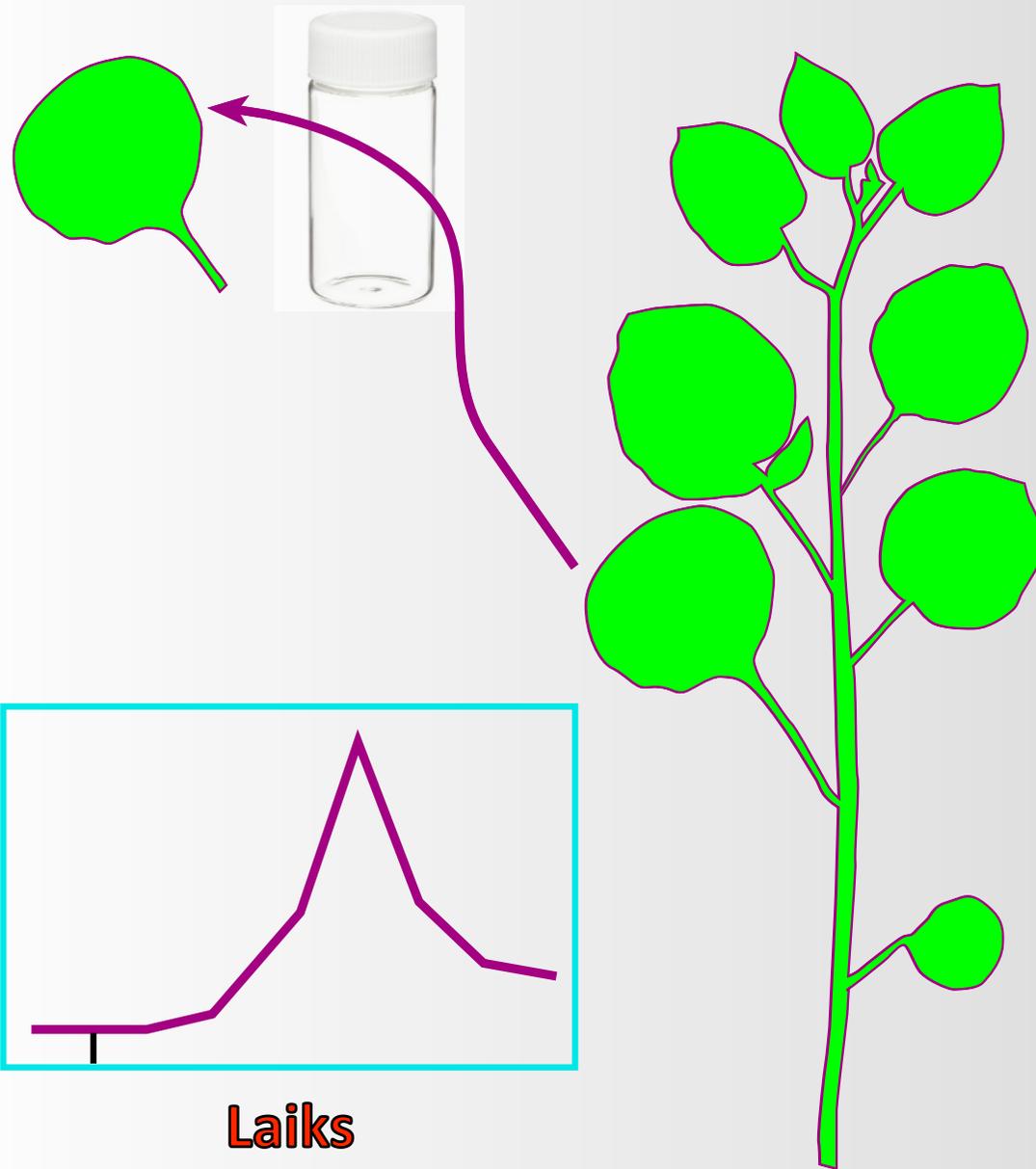
Etilēna mutanti



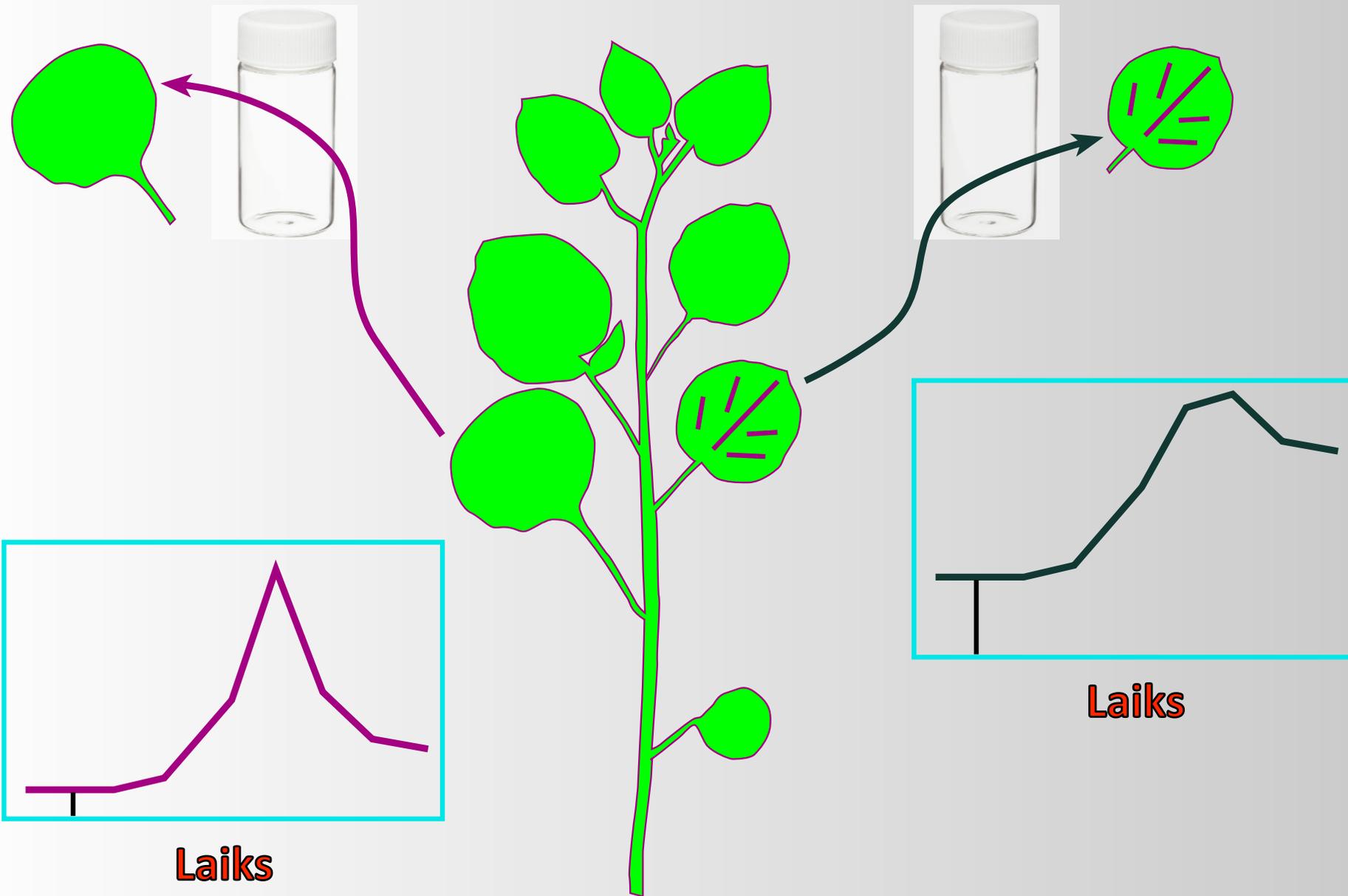
Etilēna izdalīšanās no audiem



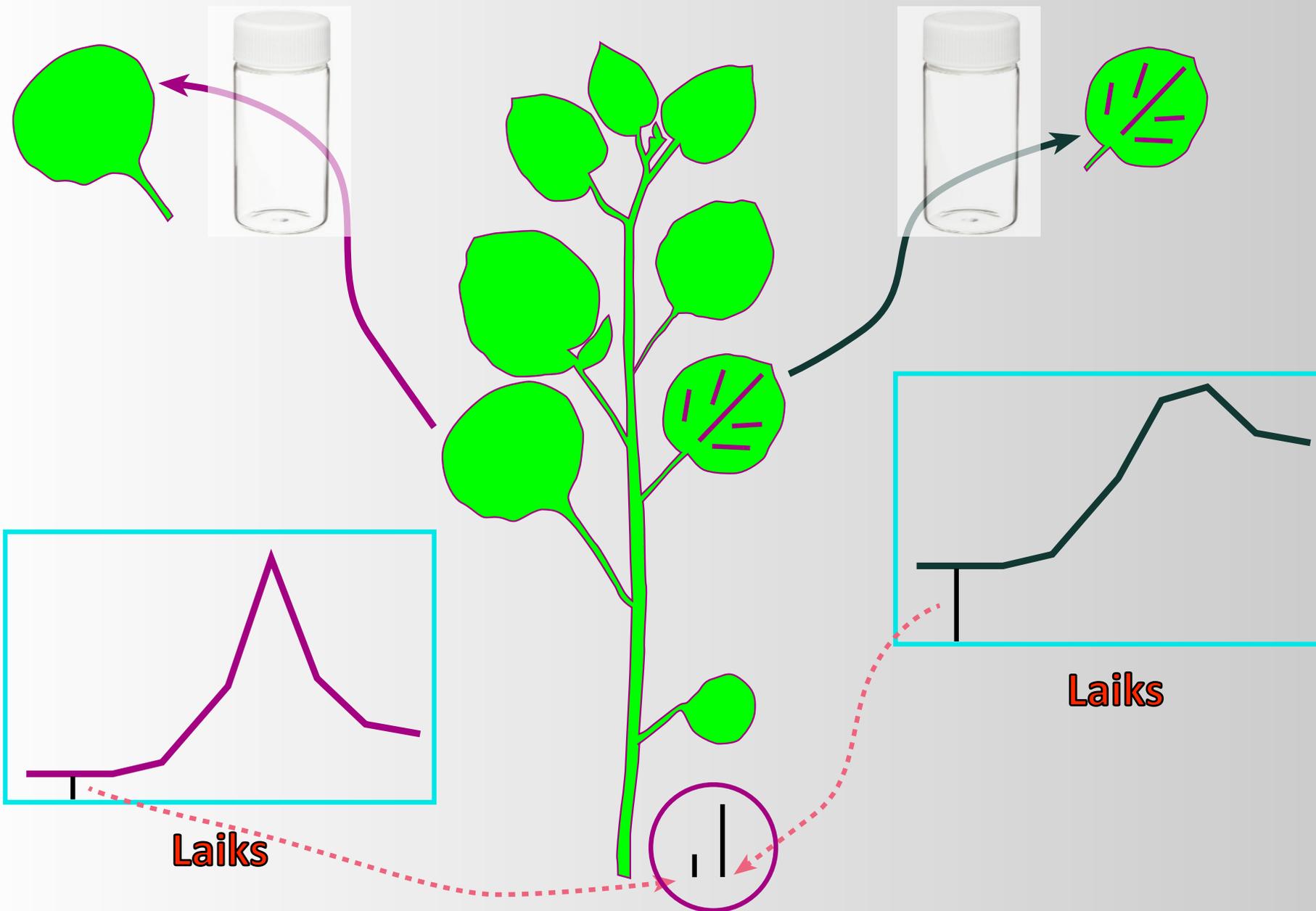
Etilēna izdalīšanās no audiem



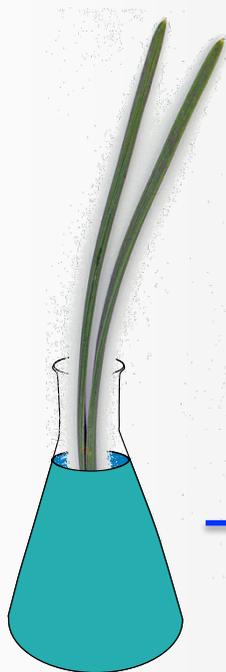
Etilēna izdalīšanās no audiem



Etilēna izdalīšanās no audiem



C_2H_4 priežu skujās ķīmiskā stresa ietekmē



Inkubē



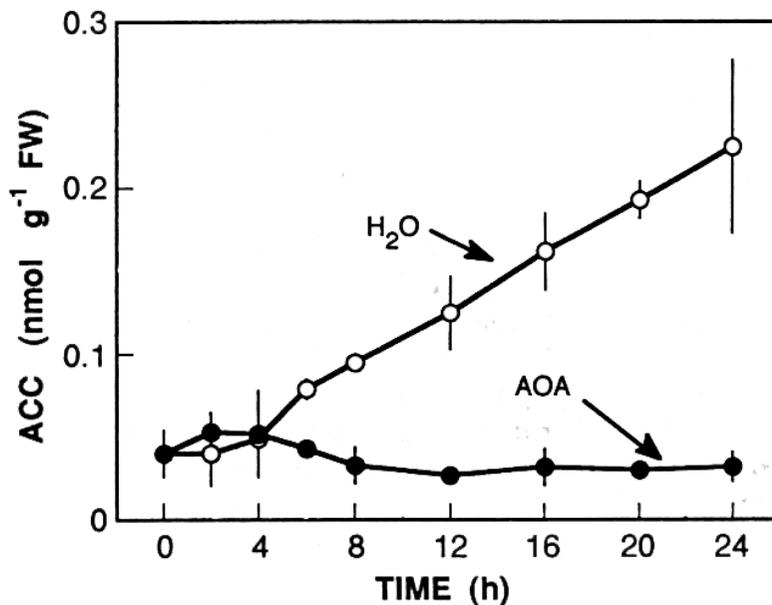
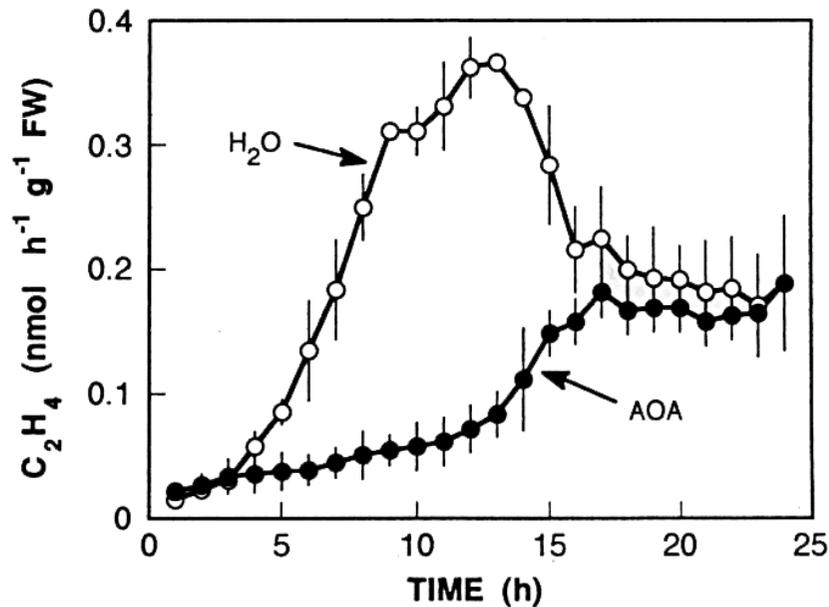
Inkubē



Analizē C_2H_4
ar GC

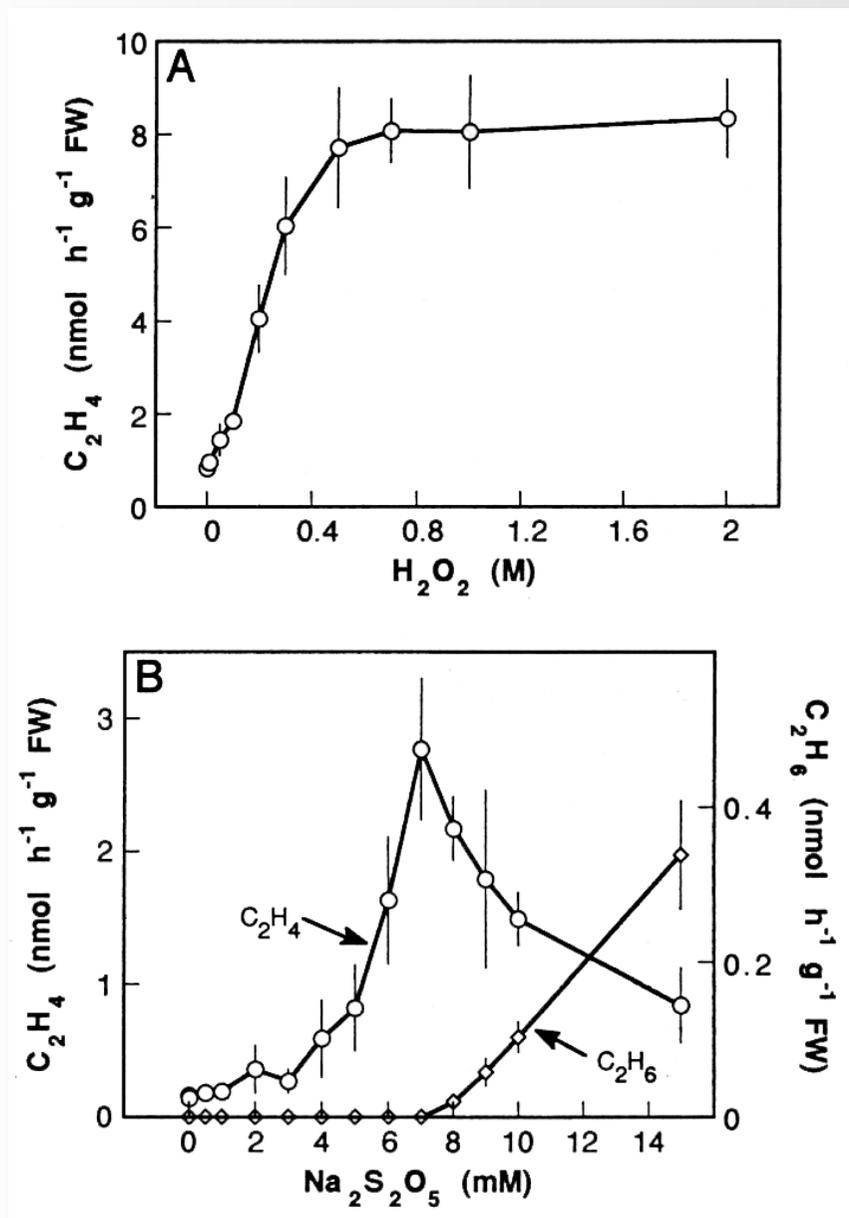


C_2H_4 priežu skujās ķīmiskā stresa ietekmē



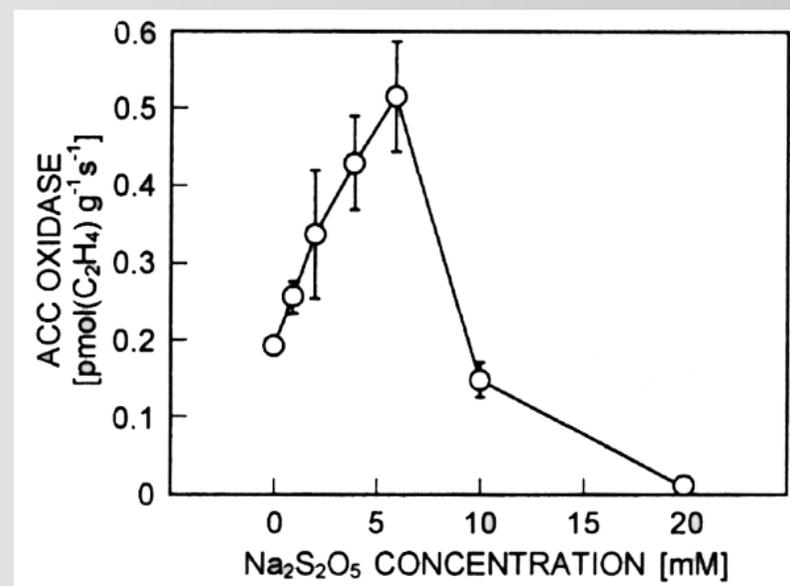
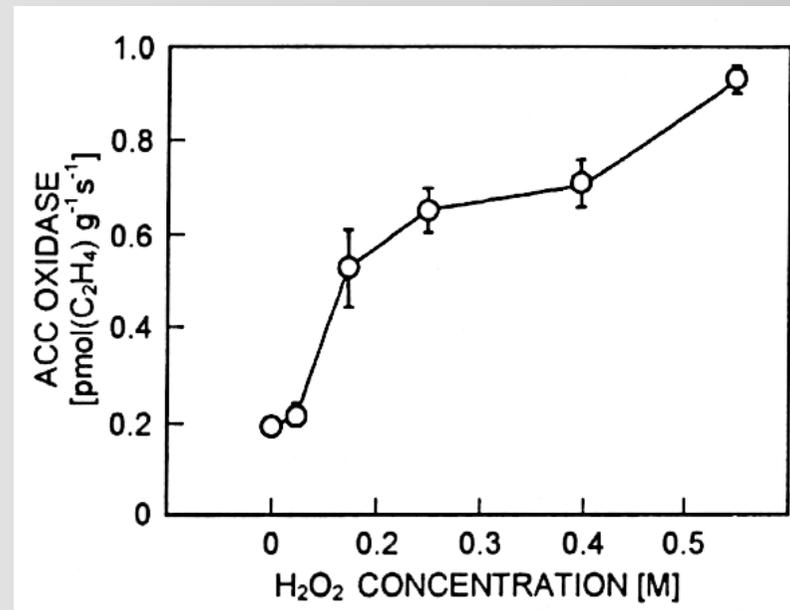
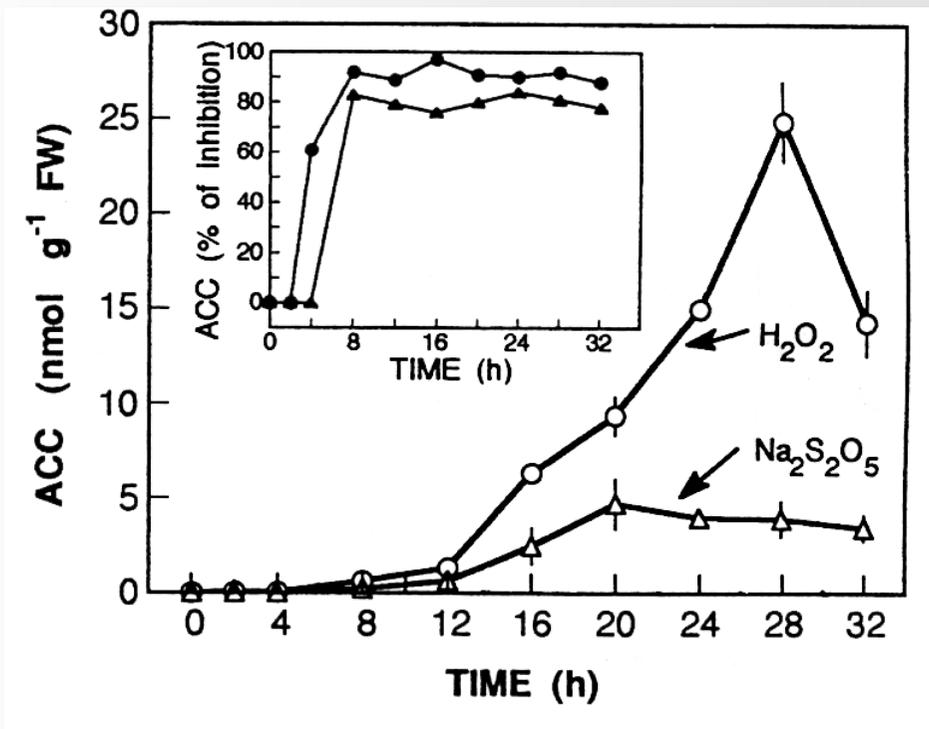
Skuju atdalīšana
inducē C_2H_4 sintēzi
ACC sintēzes
līmenī

C_2H_4 priežu skujās ķīmiskā stresa ietekmē



H_2O_2 un $Na_2S_2O_5$ inducē C_2H_4 veidošanos

C₂H₄ priēžu skujās ķīmiskā stresa ietekmē

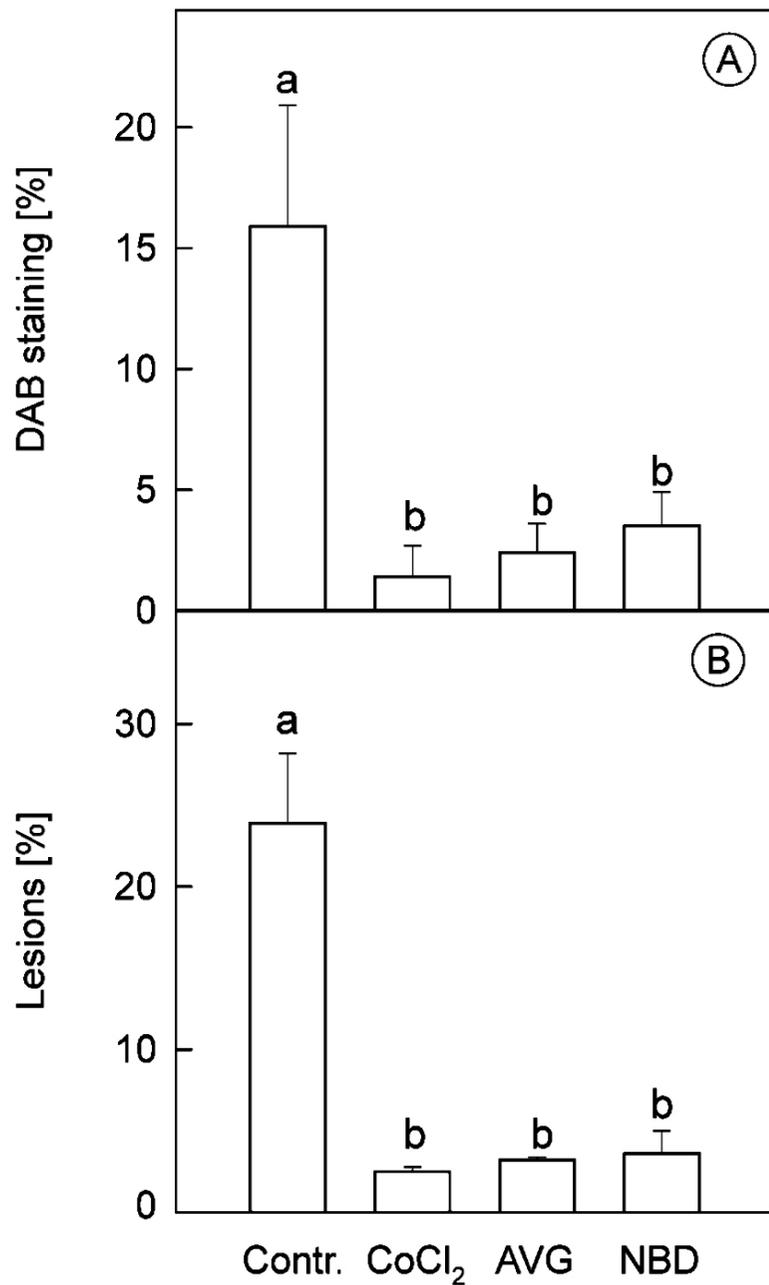


H₂O₂ un Na₂S₂O₅ inducē C₂H₄ caur ACCS & ACCO

Etilēns un abiotiskais stress

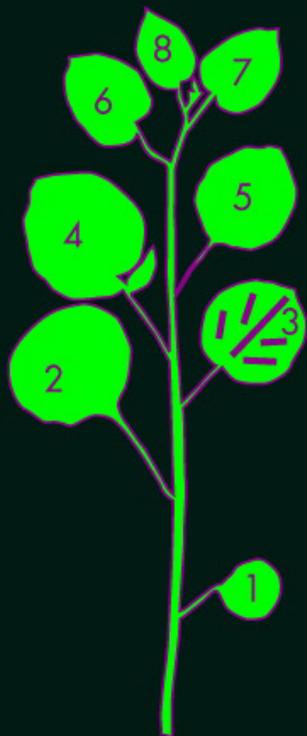
Etilēns inducē aizsardzības gēnu ekspresiju

Etilēns un abiotiskais stress

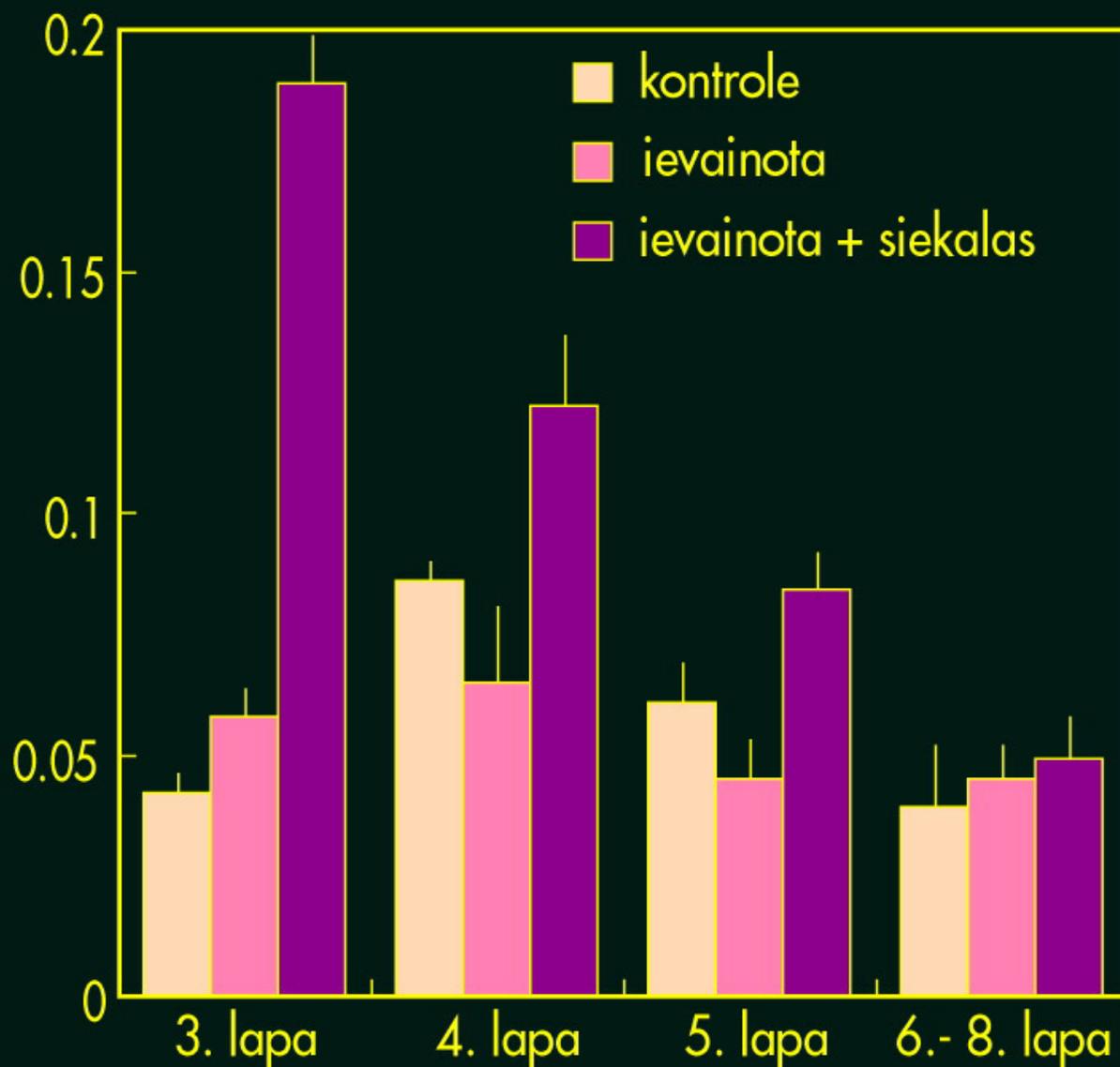


**Etilēna sintēze un darbība
ir nepieciešama
H₂O₂-atkarīgo ozona
bojājumu izraisīšanai**

C_2H_4 augēdāja ietekmē

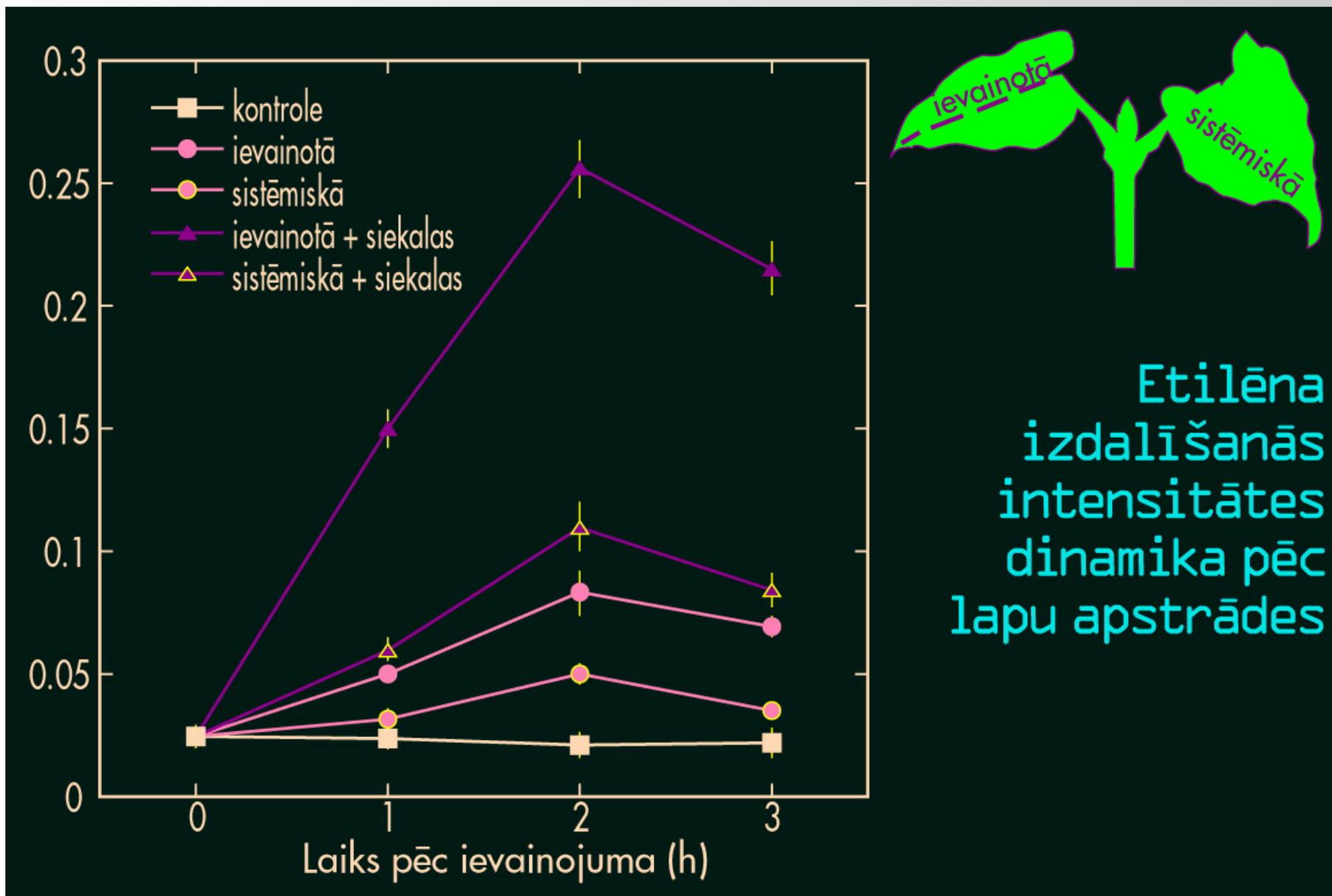


Etilēna
izdalīšanās
izmaiņas 4 h
pēc augu
apstrādes



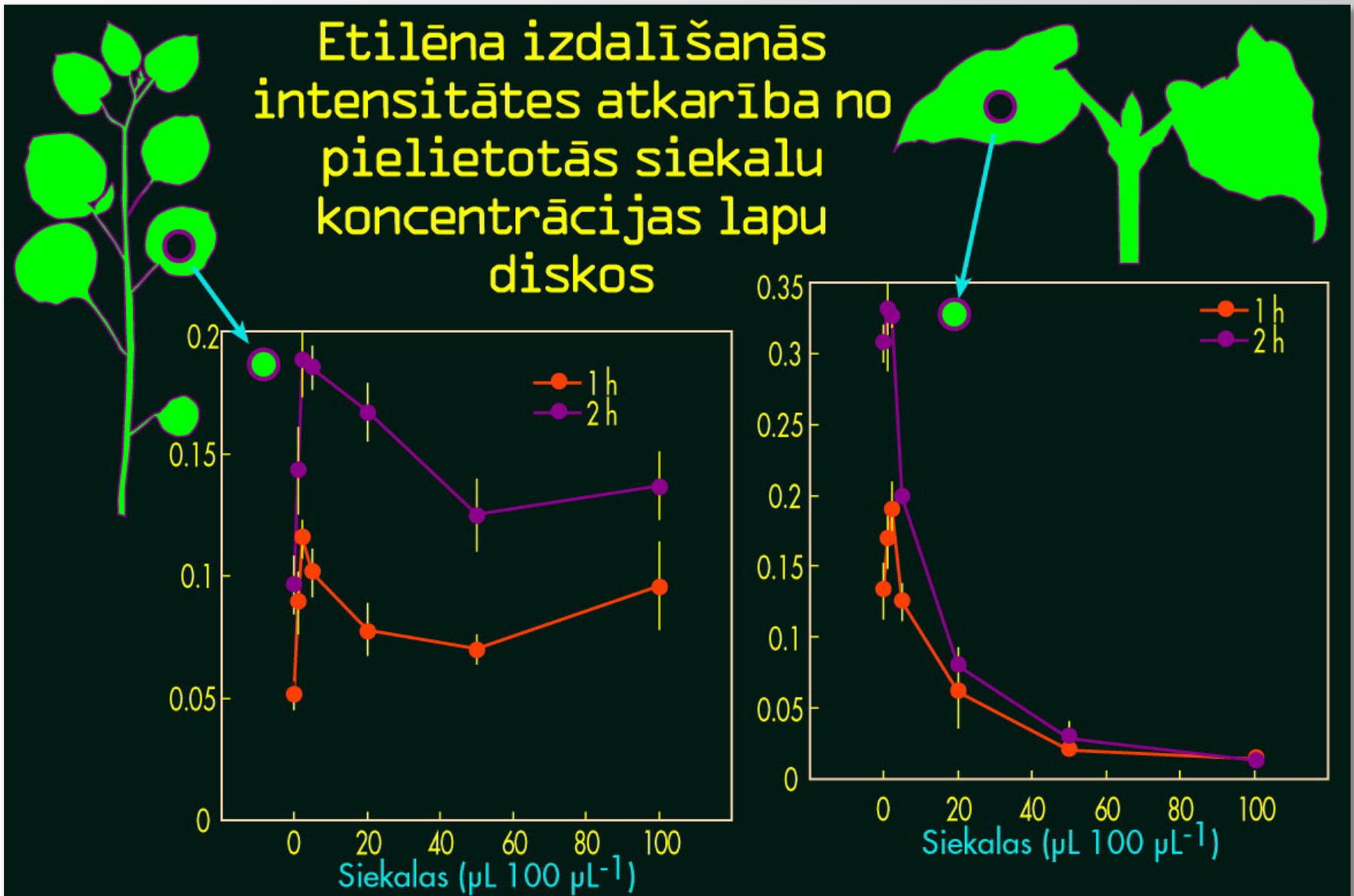
Siekalas izraisa papildus etilēna sintēzi

C_2H_4 augēdāja ietekmē



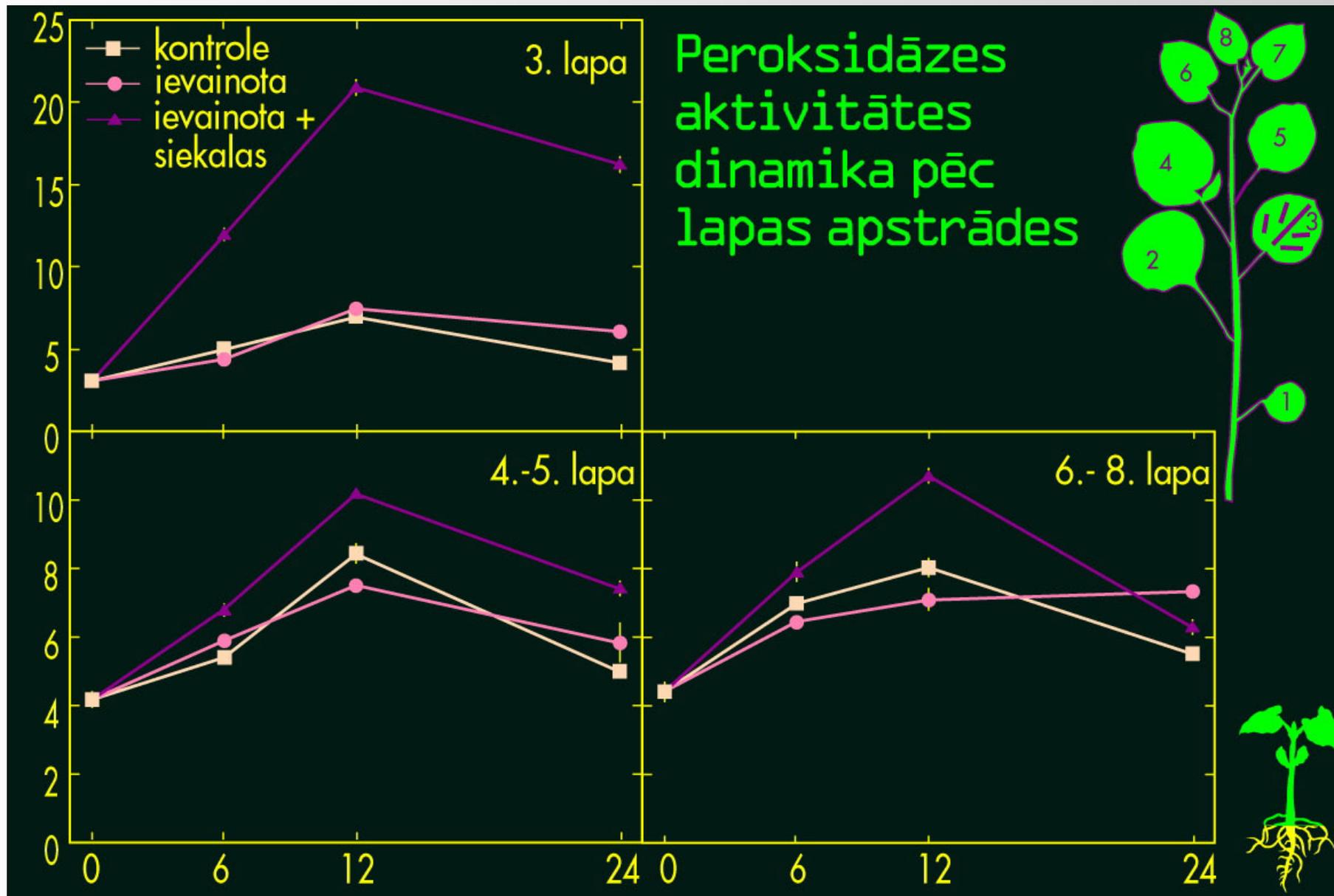
Etilēna sintēzes pieaugums kā universāla reakcija

C_2H_4 augēdāja ietekmē



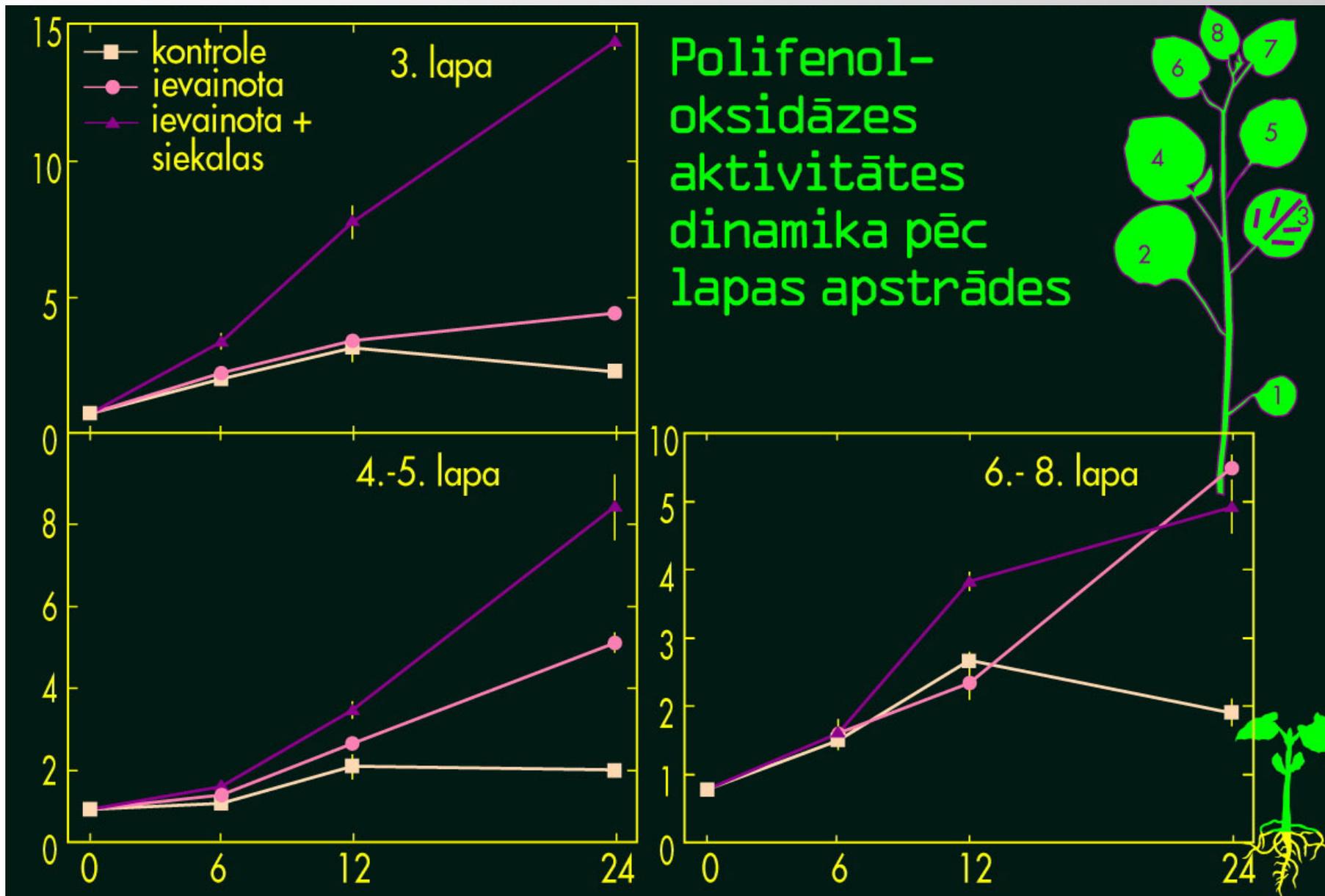
Etilēna sintēzes pieaugums kā universāla reakcija

C_2H_4 augēdāja ietekmē



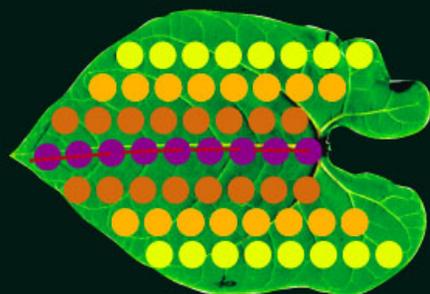
Siekalas palielina P un PPO aktivitāti

C_2H_4 augēdāja ietekmē

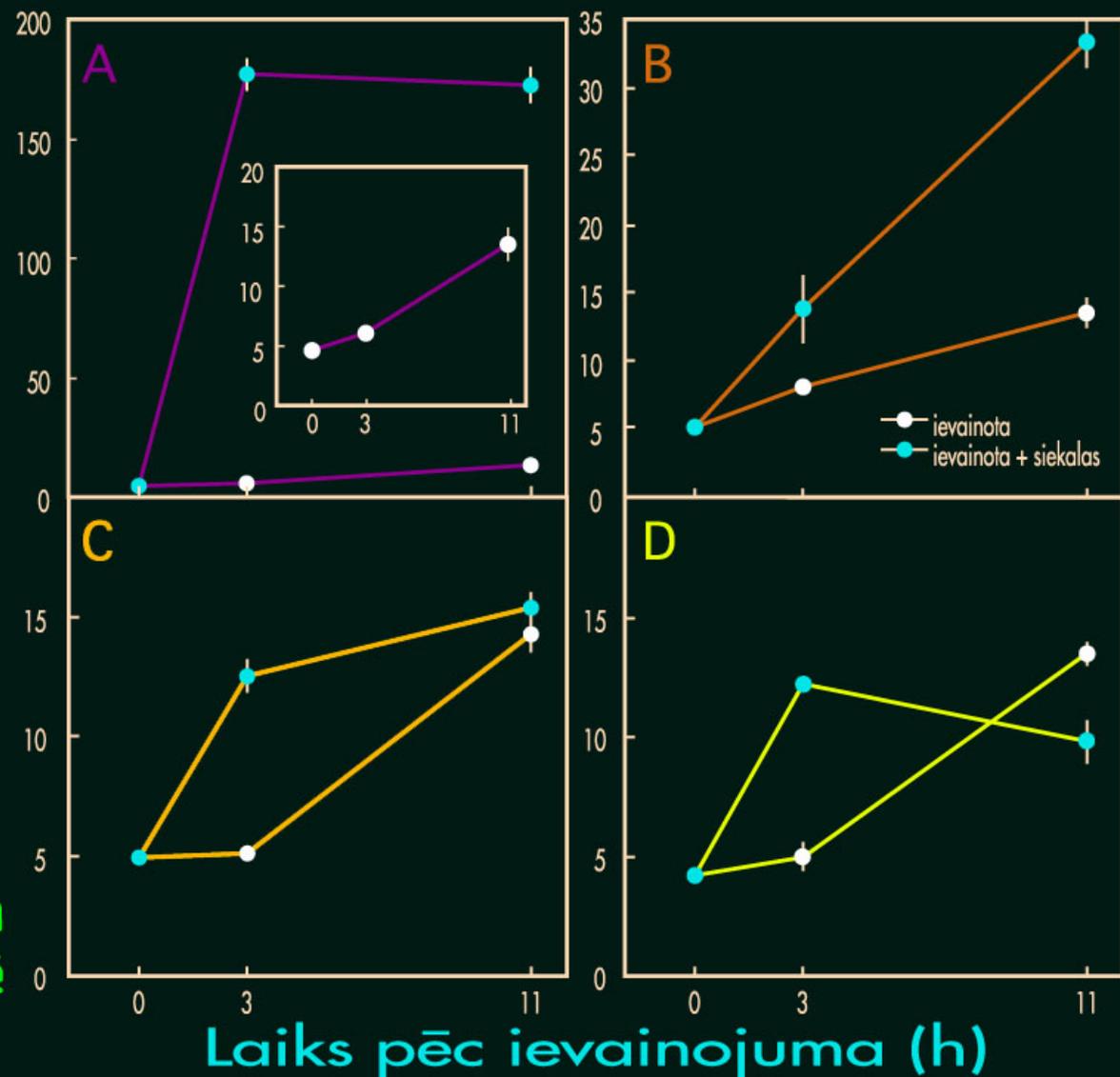


Siekalas palielina P un PPO aktivitāti

C_2H_4 augēdāja ietekmē

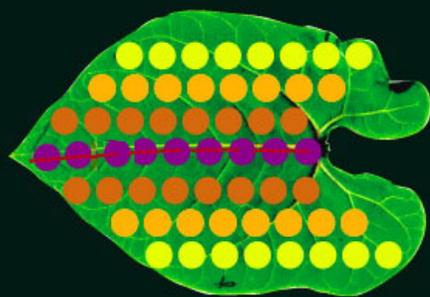


Peroksidāzes
aktivitātes
dinamika
dažādā
attālumā no
ievainojuma
un tās
izmaiņas
L. decemlineata
siekalu ietekmē

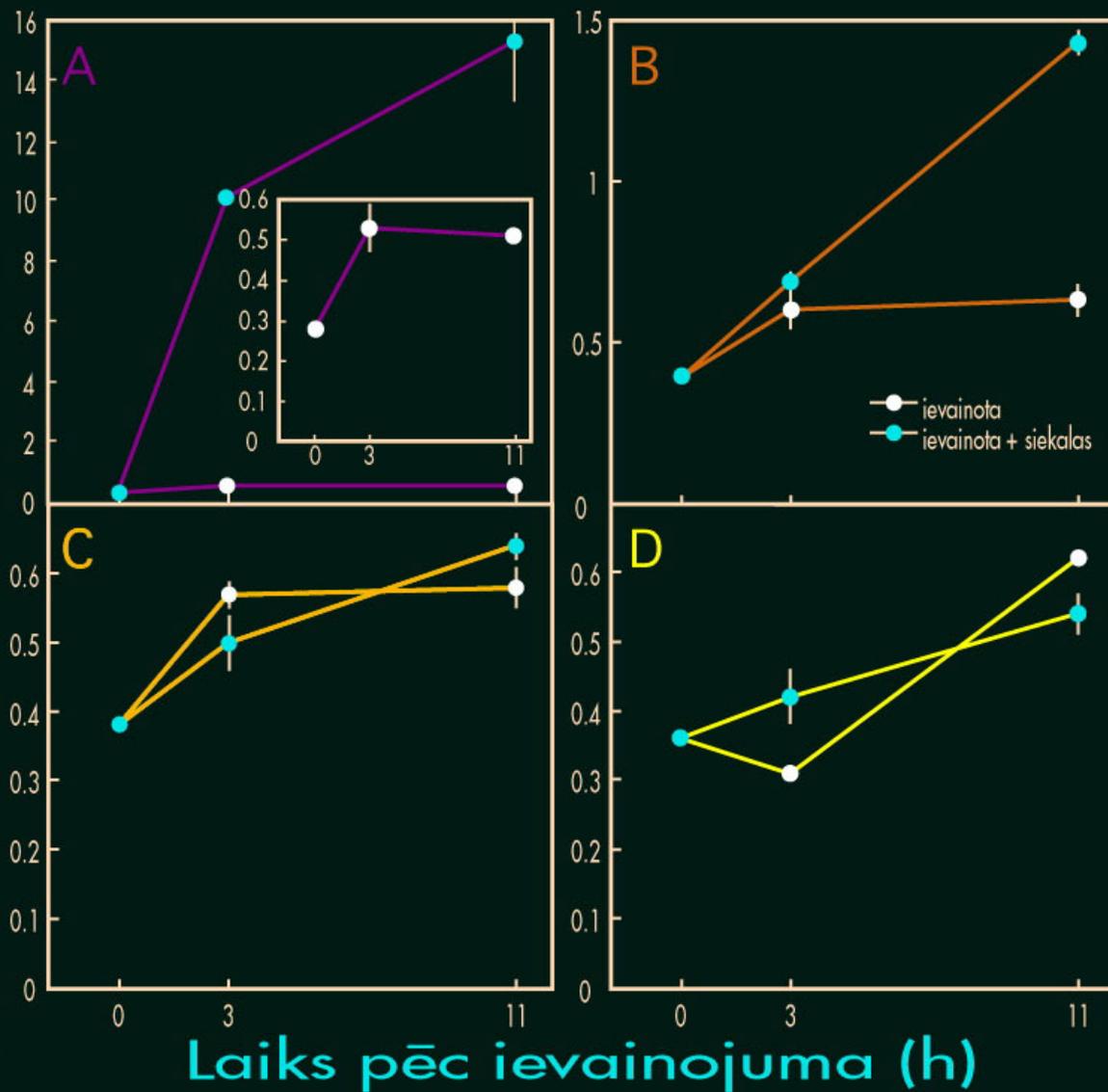


Siekalas palielina P un PPO aktivitāti

C₂H₄ augēdāja ietekmē



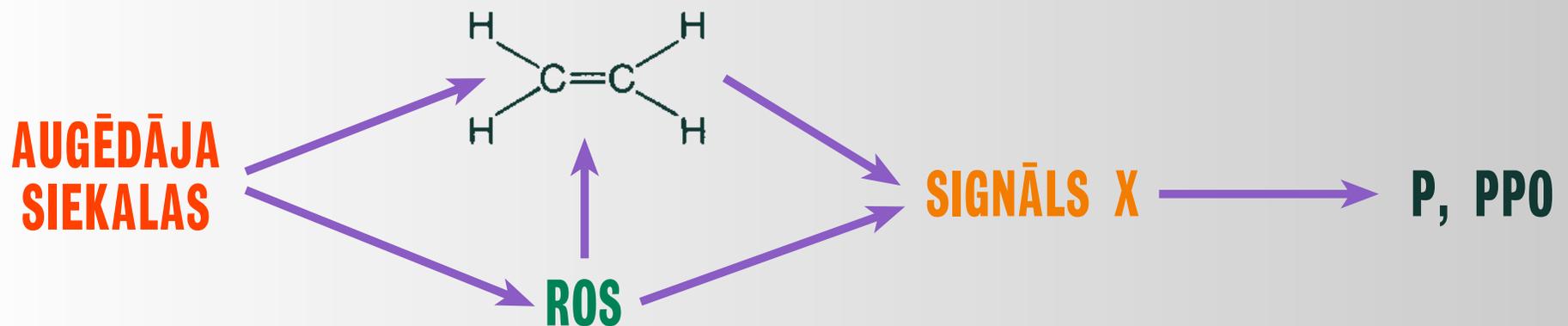
Polifenol-
oksidāzes
aktivitātes
dinamika
dažādā
attālumā no
ievainojuma
un tās
izmaiņas
L. decemlineata
siekalu ietekmē



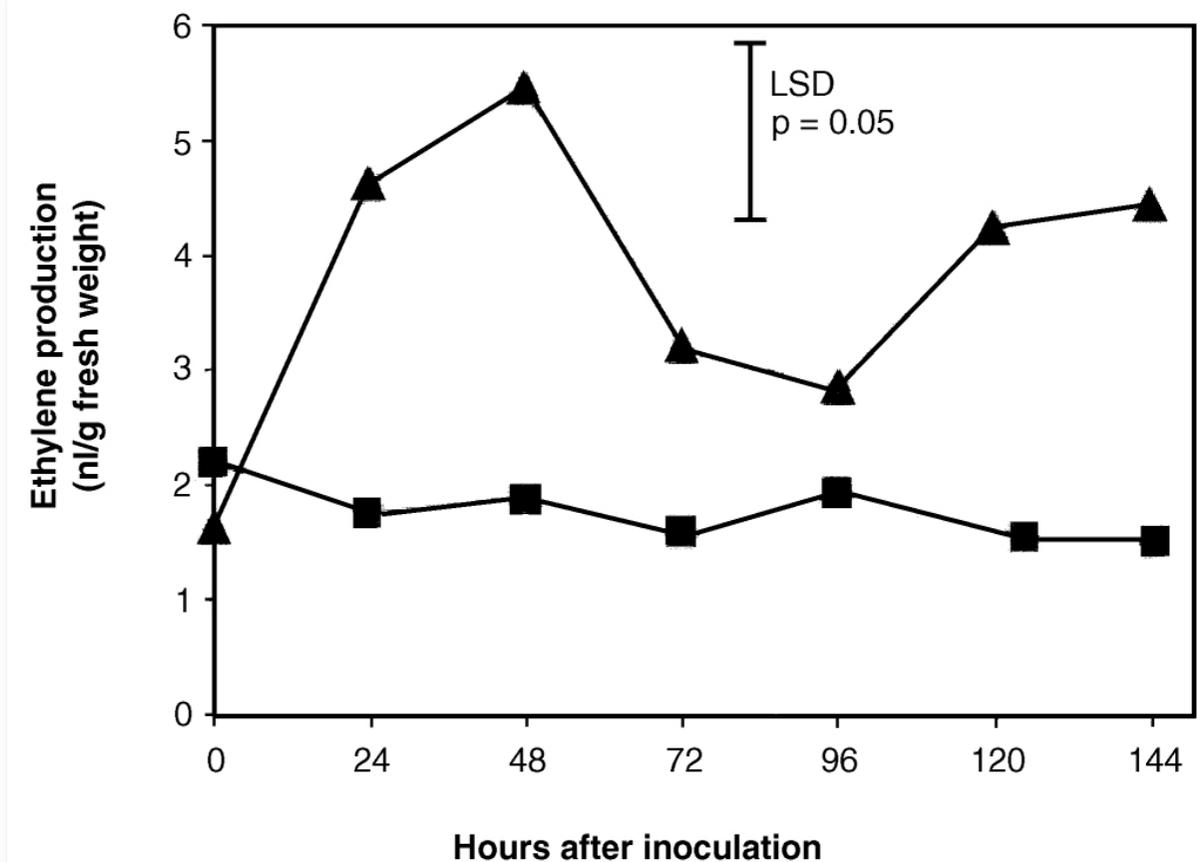
Siekalas palielina P un PPO aktivitāti

C_2H_4 augēdāja ietekmē

	Etilēns (%)	P aktivitāte (%)	PPO aktivitāte (%)
Siekalas	100	100	100
CHI + siekalas	3	7	12
AOA + siekalas	10	9	7
1-MCP + siekalas	110	7	10
Imidazols + siekalas	46	9	9
DEDTC + siekalas	37	12	7



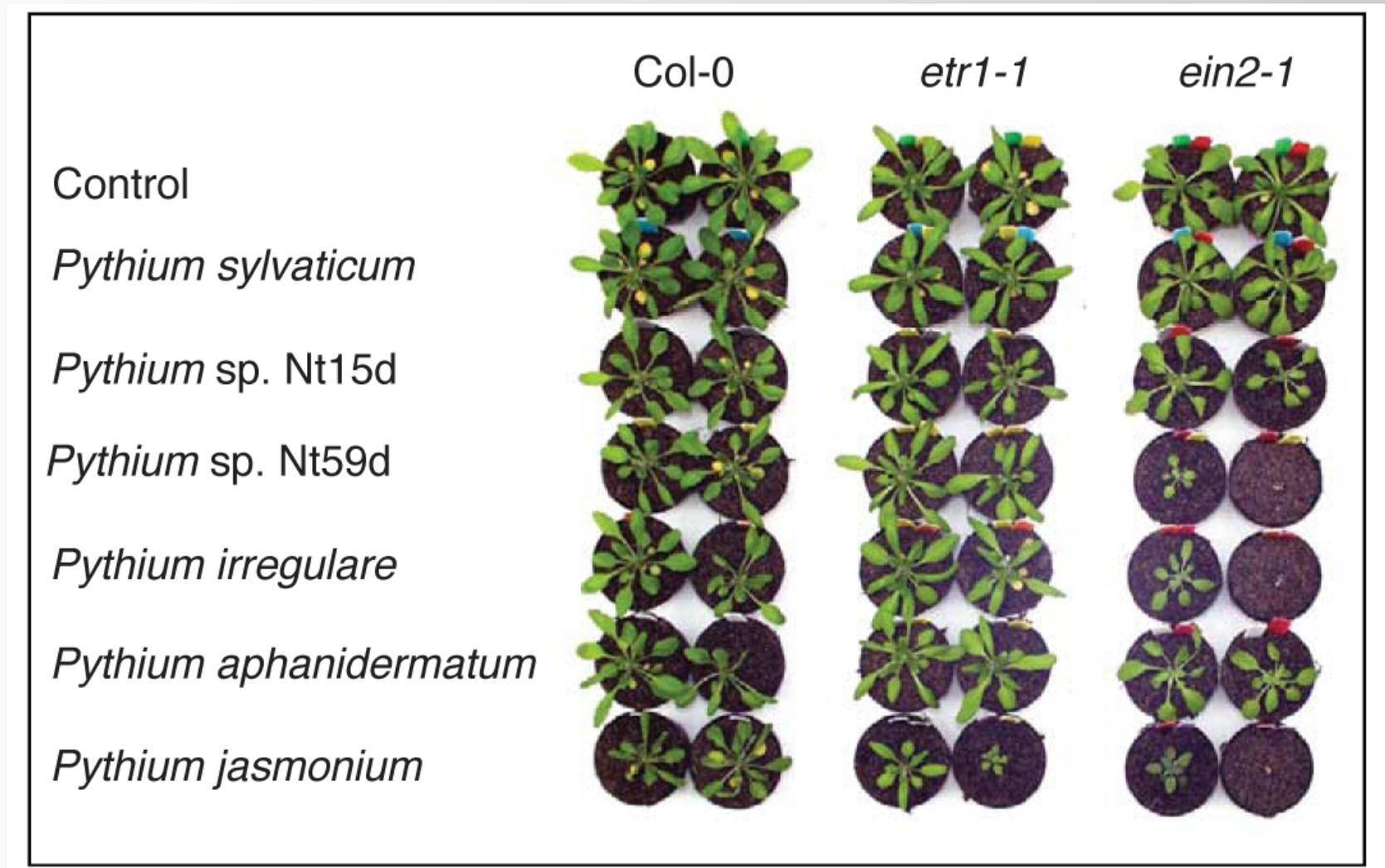
Etilēns un patogēnu iedarbība



Etilēna biosintēze pieaug tabakas augiem pēc infekcijas ar *Colletotrichum destructivum*

Atkarībā no mijiedarbības rakstura, etilēnam var būt gan pozitīva, gan negatīva ietekme uz patogēnu izturību

Etilēns un patogēnu iedarbība



Nejutības pret etilēnu ietekme uz *Pythium* izturību

Etilēns un patogēnu iedarbība

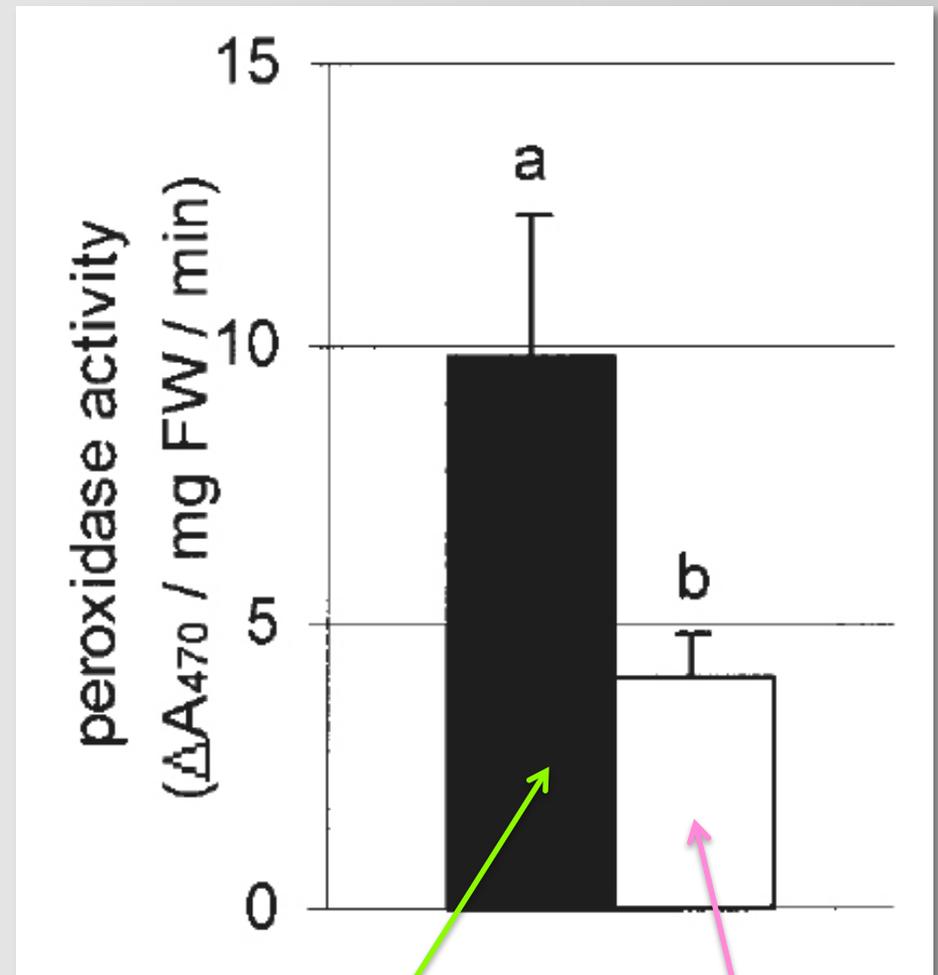
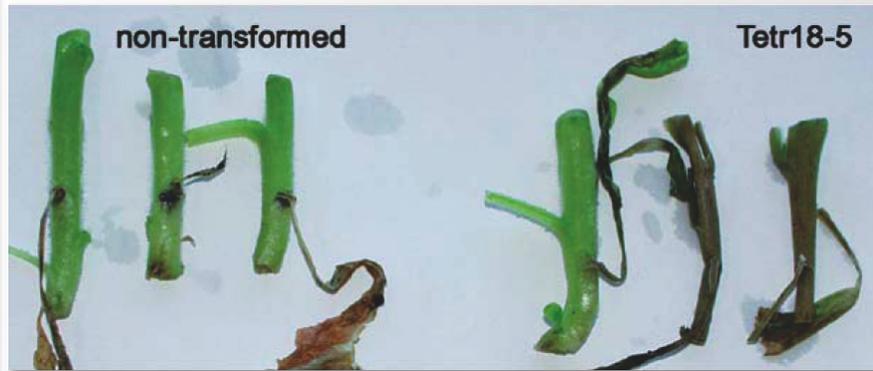


Kontrole

Nejutīgi

Pret etilēnu nejutīgiem tabakas augiem samazinās izturība pret *Botrytis cinerea*

Etilēns un patogēnu iedarbība

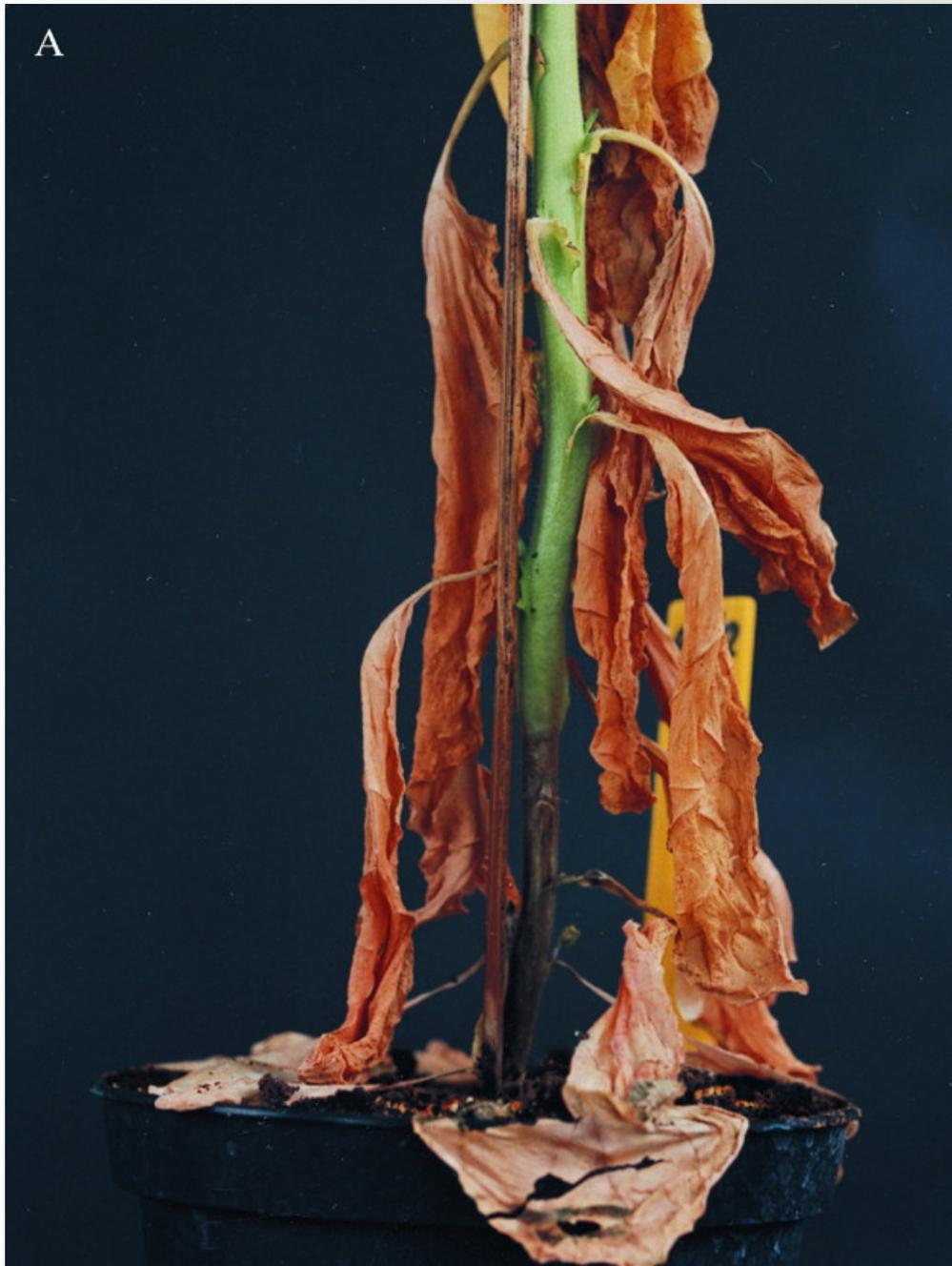


Kontrole

Nejutīgi

Nejutīgiem augiem ir samazināta peroksidāzes aktivitāte

Etilēns un patogēnu iedarbība



Pret etilēnu
nejutīgais tabakas
mutants ir neizturīgs
pret augsnes
patogēniem

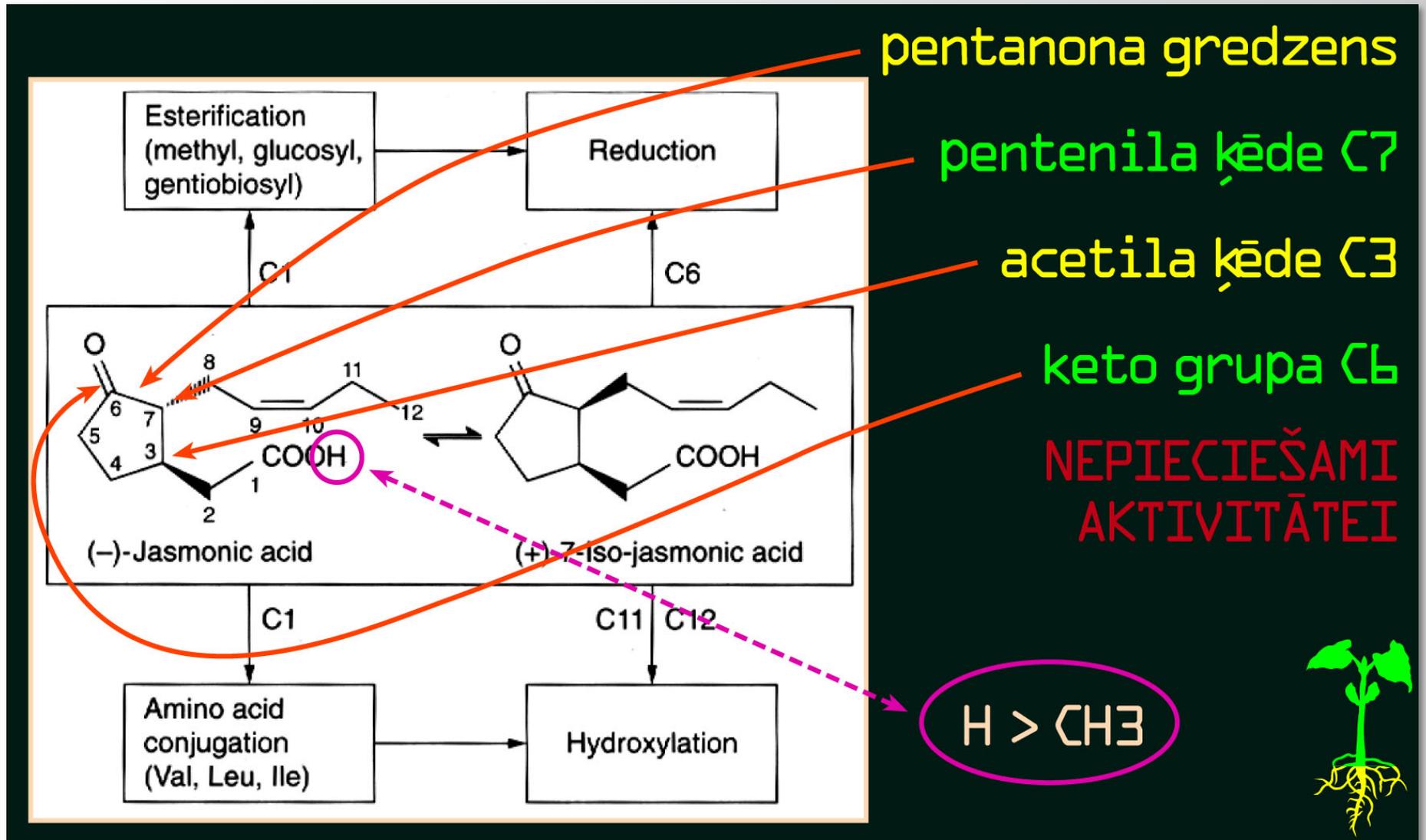
Hormonālā regulācija

- etilēns
- **jasmonāti**
- salicilskābe
- sistemīns
- abscīzskābe

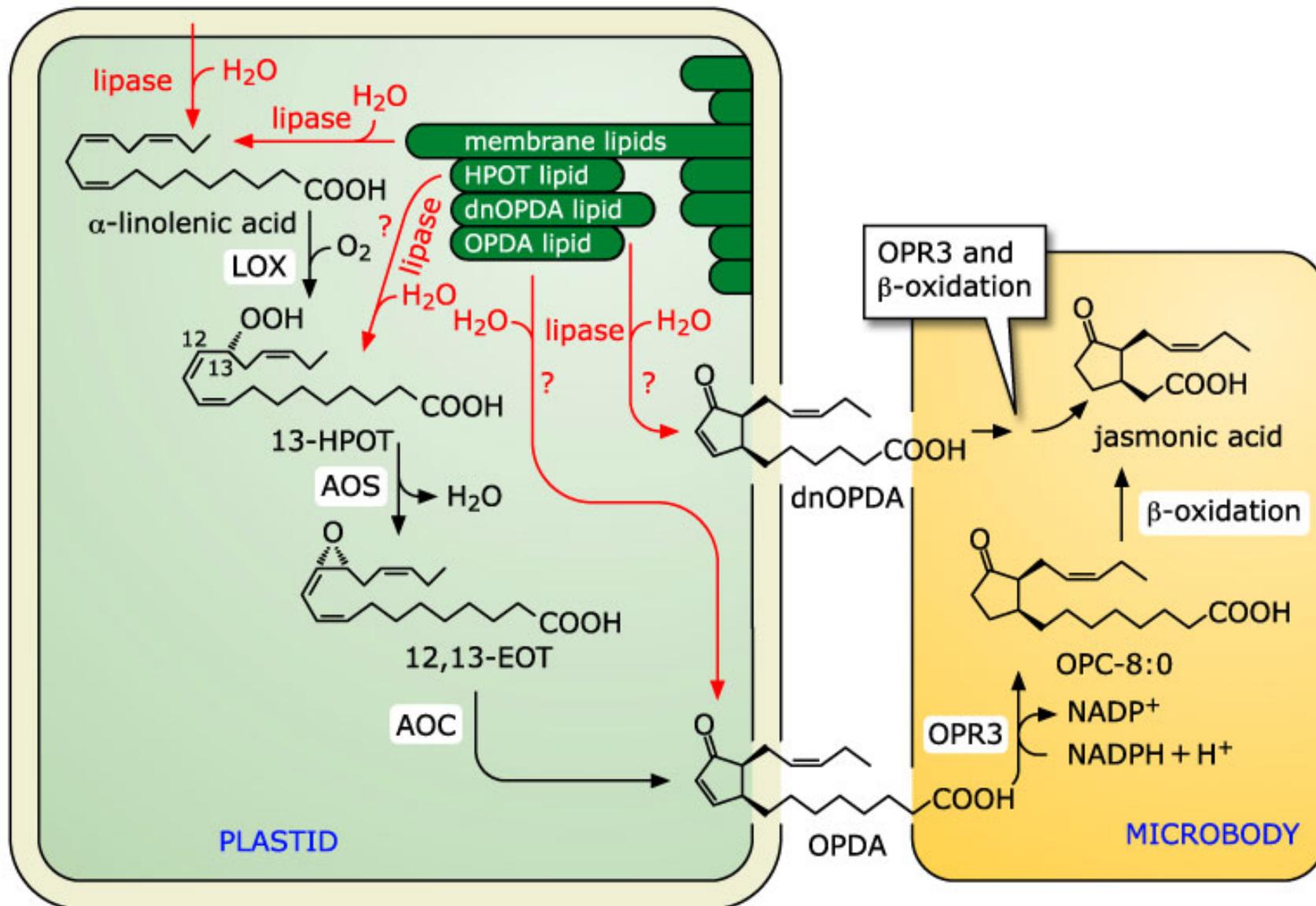
Iekššūnas pārnēsēji

- H_2O_2
- NO
- askorbīnskābe

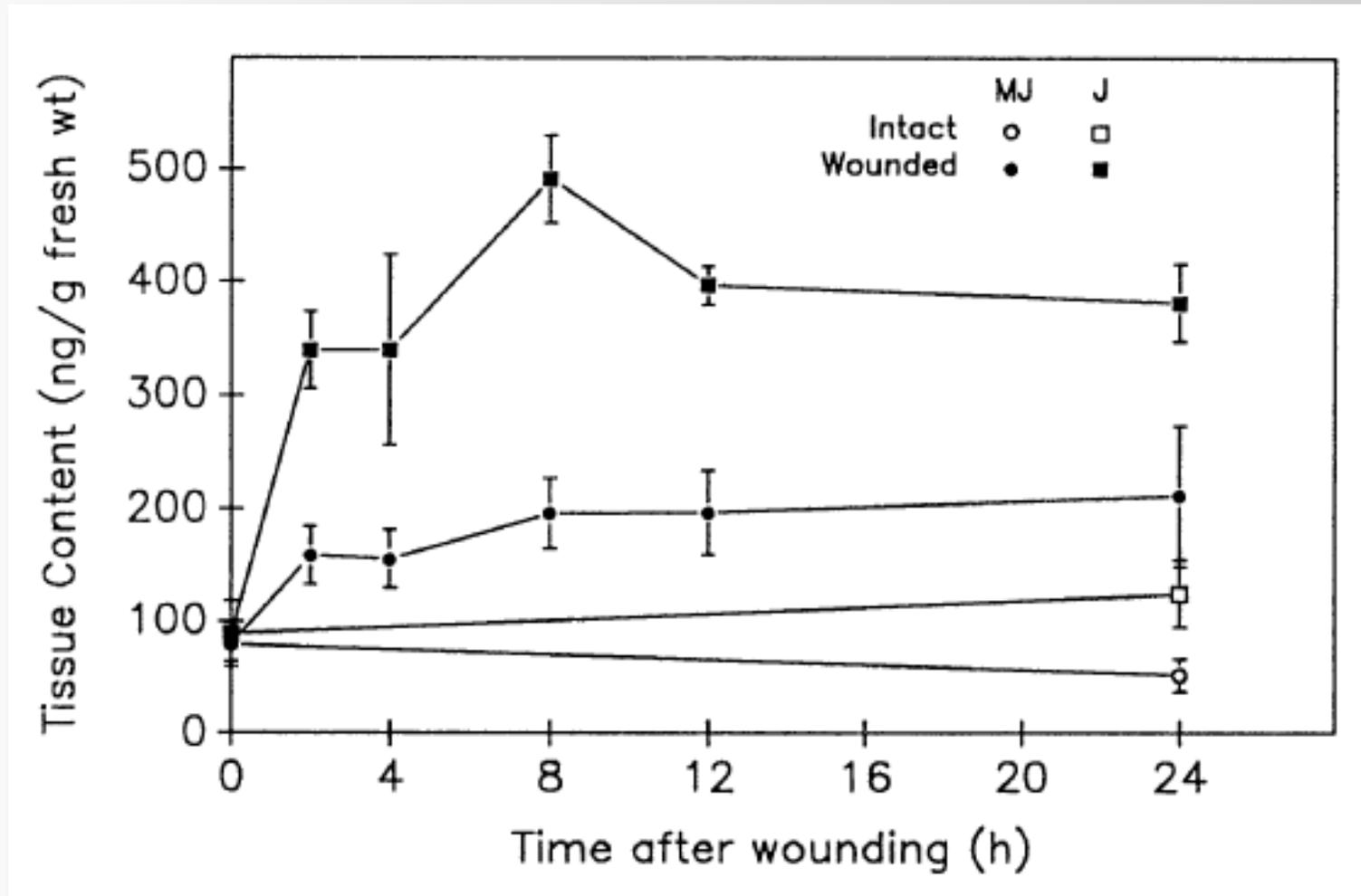
Jasmonātu aktivitātei nepieciešamās grupas



Jasmonātu sintēze no taukskābēm

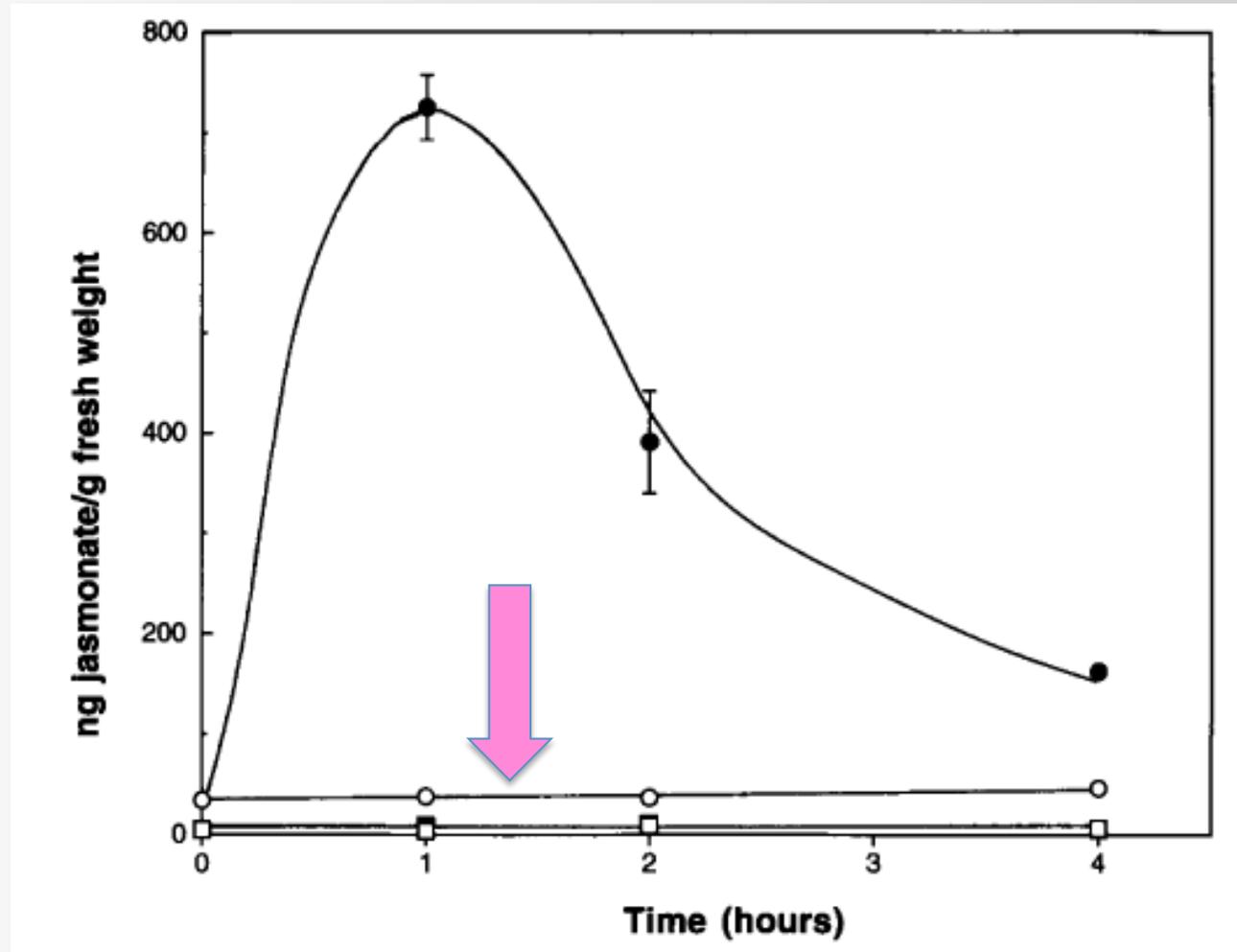


Jasmonāts uzkrājas ievainotos audos



JA un MeJA ir potenciālie signāli augu ievainojuma atbildes gēnu ekspresijā

Jasmonāts augēdāju aizsardzības regulācijā



Mutanti, kas neveido linolēnskābi, neuzkrāj JA pēc ievainojuma

Jasmonāts augēdāju aizsardzības regulācijā



Mutanti bez JA ir neizturīgi
pret augēdājiem

Apstrāde ar JA atjauno
izturību



Hormonālā regulācija

- etilēns
- jasmonāti
- **salicilskābe**
- sistemīns
- abscīzskābe

Iekšējās pārnesēji

- H_2O_2
- NO
- askorbīnskābe

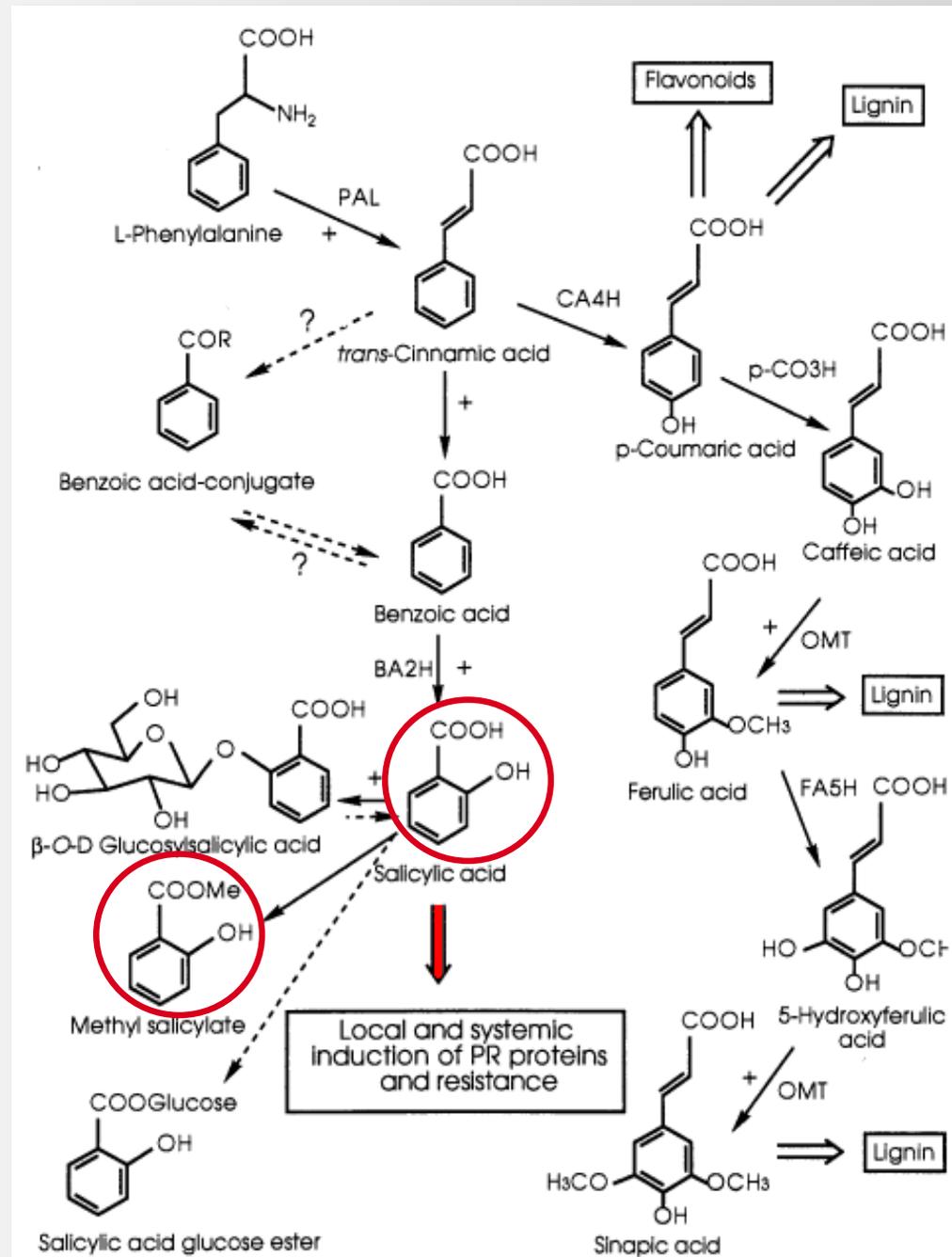
Salicilskābes saistība ar augu patoģenēzi

1979. – acetilsalicilskābes injekcija tabakas lapās palielina izturību pret TMV

1990. – patogēnu inficētos augos uzkrājas salicilskābe

Apstrāde ar salicilskābi inducē patoģenēzes proteīnu (PR proteīnu) sintēzi augos

Salicilskābes sintēze



Salicilskābes mutanti

nahG

ekspresē baktēriju salicilāta hidroksilāzi, kas pārvērš salicilskābi par kateholu

npr1

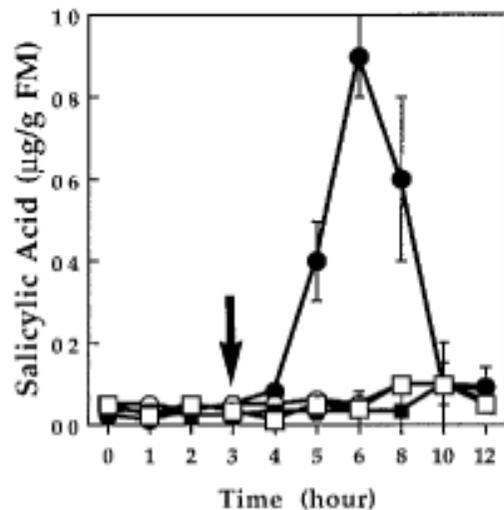
neekspresē PR gēnus pēc inducējošas apstrādes, palielināta uzņēmība pret patogēniem

pad4

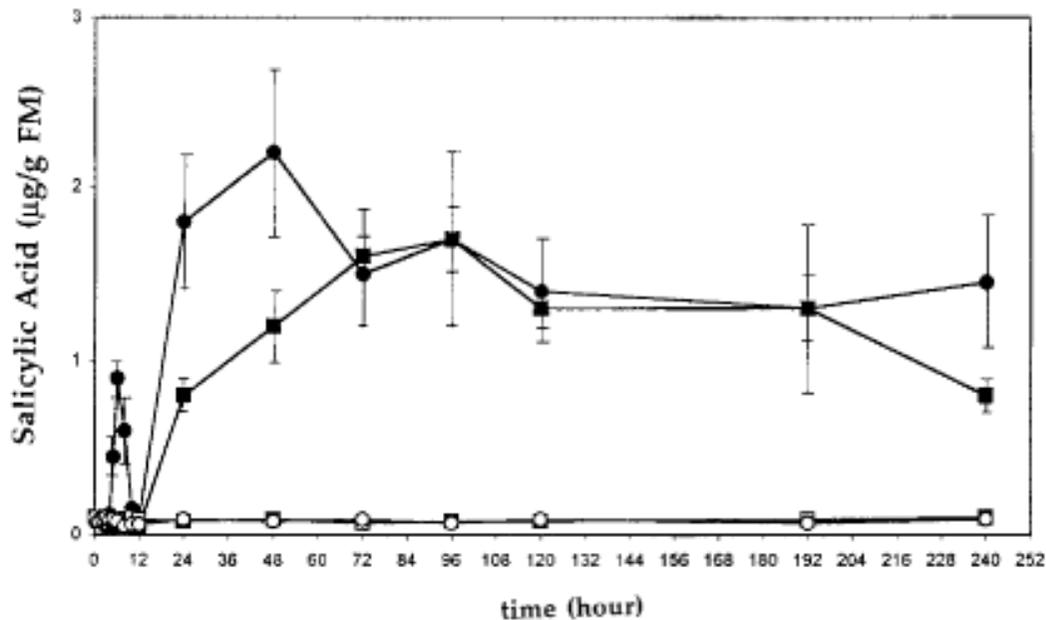
samazināta PR gēnu ekspresija, pazemināts salicilskābes līmenis pēc infekcijas

Salicilskābe nepieciešama rezistencei

A

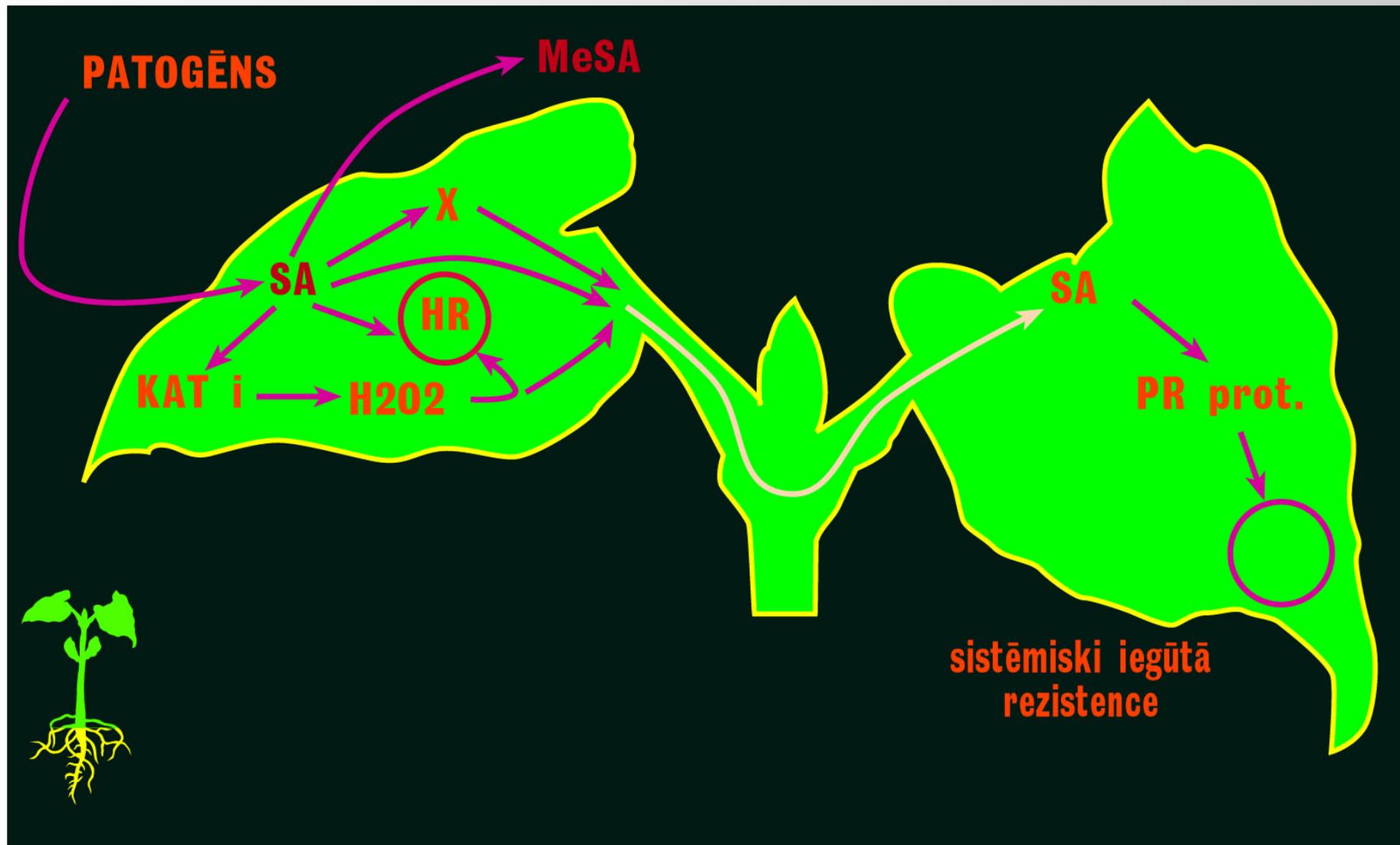


B



SA saturs ātri
pieaug
rezistentās
kombinācijas
gadījumā

Salicilskābe nepieciešama rezistencei



SA pieaugums nepieciešams lokālās un sistēmiskās rezistences attīstībai

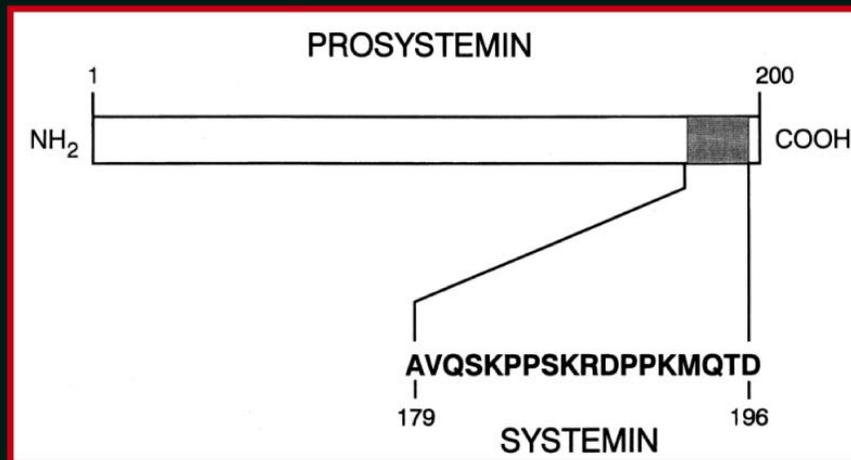
Hormonālā regulācija

- etilēns
- jasmonāti
- salicilskābe
- **sistemīns**
- abscīzskābe

Iekšējās pārnēsēji

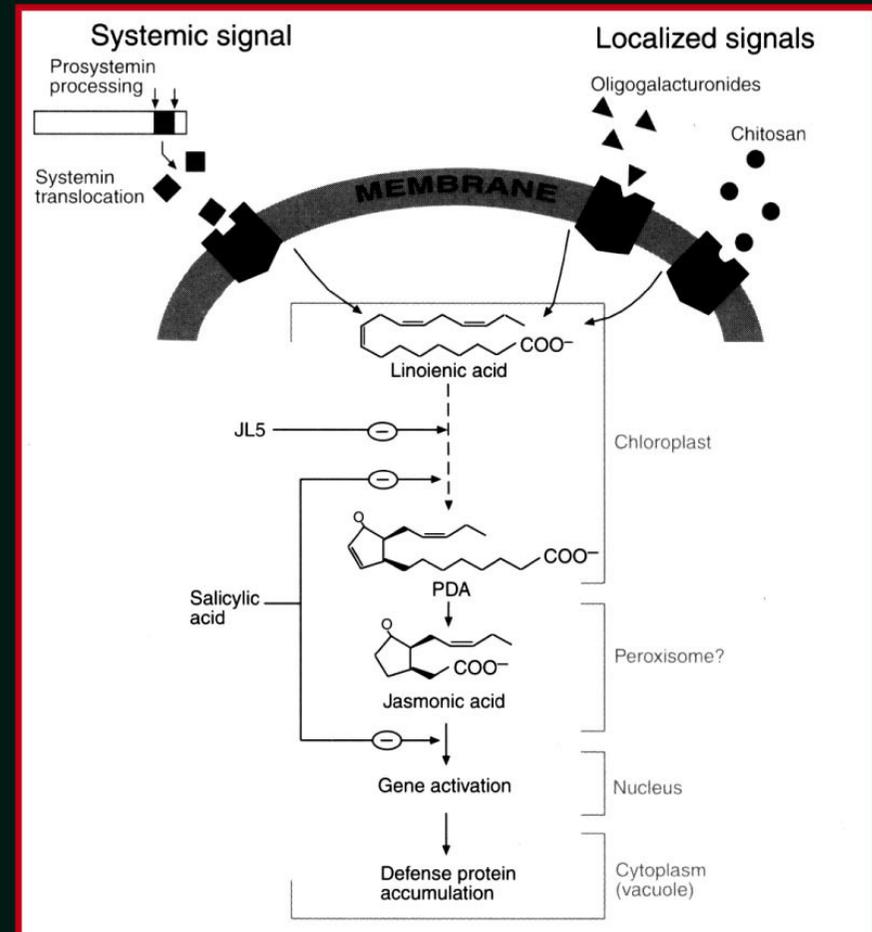
- H_2O_2
- NO
- askorbīnskābe

Solanaceae dzimtas augu sistēmiskais ievainojuma signāls



Inducē sistēmisku aizsardzības gēnu ekspresiju un proteīnu sintēzi

Darbojas caur jasmonātu sistēmu



Citi ar aizsardzību saistīti peptīdi

A	
TomSys	AVQSKPPSKRDPPKMQTD
PotSys I	AVHSTPPSKRDPPKMQTD
PotSys II	AAHSTPPSKRDPPKMQTD
NitSys	AVRSTPPSKRDPPKMQTD
PprSys	AVHSTPPSKRDPPKMQTD
B	
TobHypSys I	RGANLPOOSOASSOOSKE
TobHypSys II	NRKPLSOOSOKPADGQRP
TomHypSys I	RTOYKTOOOOTSSSOHQ
TomHypSys II	GRHDYVASOOOKPQDEQRQ
TomHypSys III	GRHDSVLPPOOSKTD
NitHypSys I	RNRPYITPSPEASPSTKQE
NitHypSys II	GRHDHVLPPSPKHEPIIGQ
NitHypSys III	GRHDHVPAPPAPKPEDEQGG
PetHypSys I	RSLHKSOOOTOKPSDEQGG
PetHypSys II	RHDYHLSOOOAKPADHTGQ
PetHypSys III	RGKRLPOOAOEYDPOYHQ
SwpHypSys I *	REAKSPPPSFKPSDFKNP
SwpHypSys II *	RGAKSPPPSFKPSDFINP
SwpHypSys III *	REPKSPPPSFKPSDFKNP
SwpHypSys IV *	REEKPOOAOETDDPNRP
SwpHypSys V *	REARSPPPAPEKDIPTHP
SwpHypSys VI *	RTARPPPAPEKPAAPHP
C	
AtPep1	ATKVKAKQRGKEKVSSGRPGQH
AtPep2	DNKAKSKKRDKEKPSGRPGQTSVFNAAIQVYKED
AtPep3	EIKARGKNKTKPTPSSCKGGKHN
AtPep4	GLPGKKNVLLKKSRESSCKPGGTNKKPF
AtPep5	SLNVMRKGIRKQFVSSCKRGGVNDYDM
AtPep6	ITAVLRRRFRPPYSSGRPGQNN
AtPep7	VSGNVAARKGKQQTSSCKGGGTN
Canola *	VARLTRRRRFRPP-YSSGQPGQIN
Potato *	PTERRGRPPSRPKVSGPPQNN
Poplar *	DAAVSALARRTPPVSRGGGQTTTTS
Medicago *	LSSMGRGGPRRTPLTQGGPPQHN
Soybean *	ASLMATRGRSGSKISDGGSPQH
Rice1 *	ARLRPKPPGNPREGSGGNGGHH
Rice2 *	DDSKPTRPGAPAEKSGGNGGAIHTAASS

Sintezējas citoplazmas ribosomās.

Lokalizēti citoplazmā

Sintezējas ER ribosomās.

Lokalizēti šūnapvalkā

Sintezējas citoplazmas ribosomās.

Lokalizēti citoplazmā

Hormonālā regulācija

- etilēns
- jasmonāti
- salicilskābe
- sistemīns
- **abscīzskābe**

Iekššūnas pārnēsēji

- H_2O_2
- NO
- askorbīnskābe

Abscīzskābes saistība ar stresu

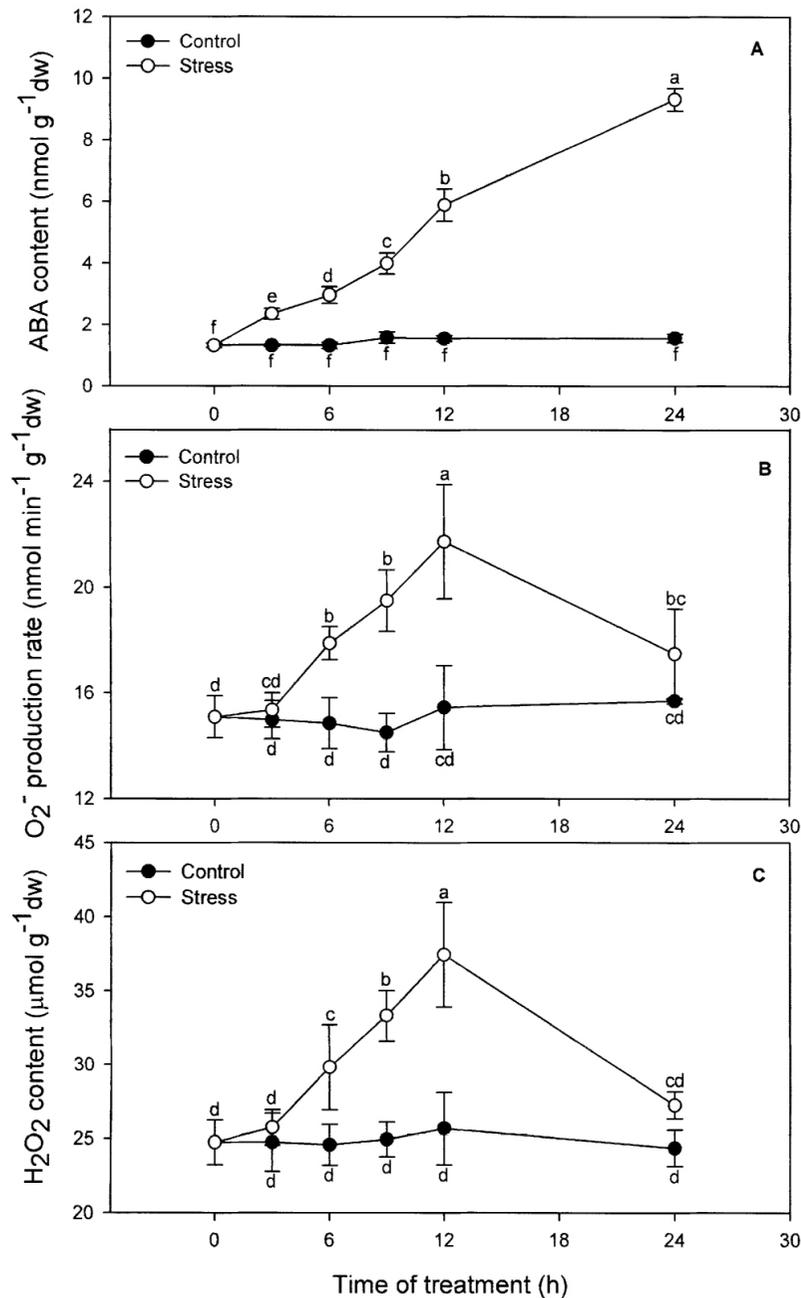
- ūdens stresa tolerances pozitīvais regulators

- palielinās ievainojuma gadījumā

- piedalās infekcijas procesā

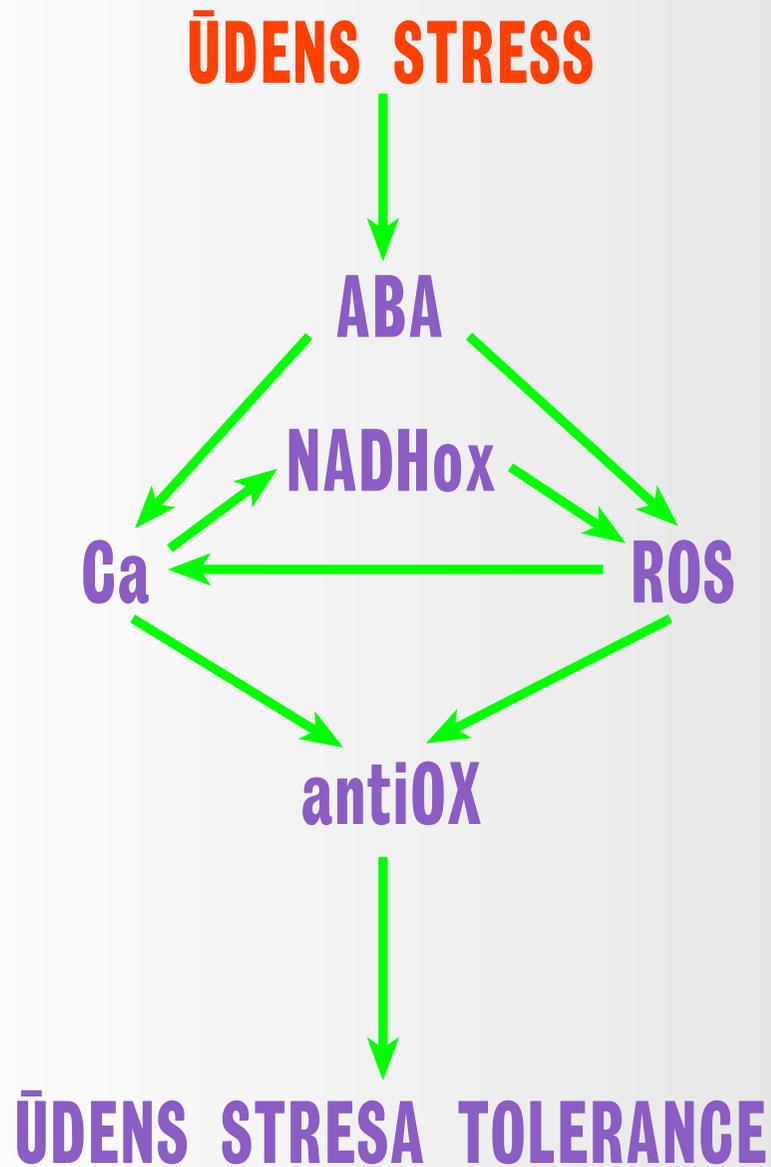
ABA

ABA ūdens trūkumā



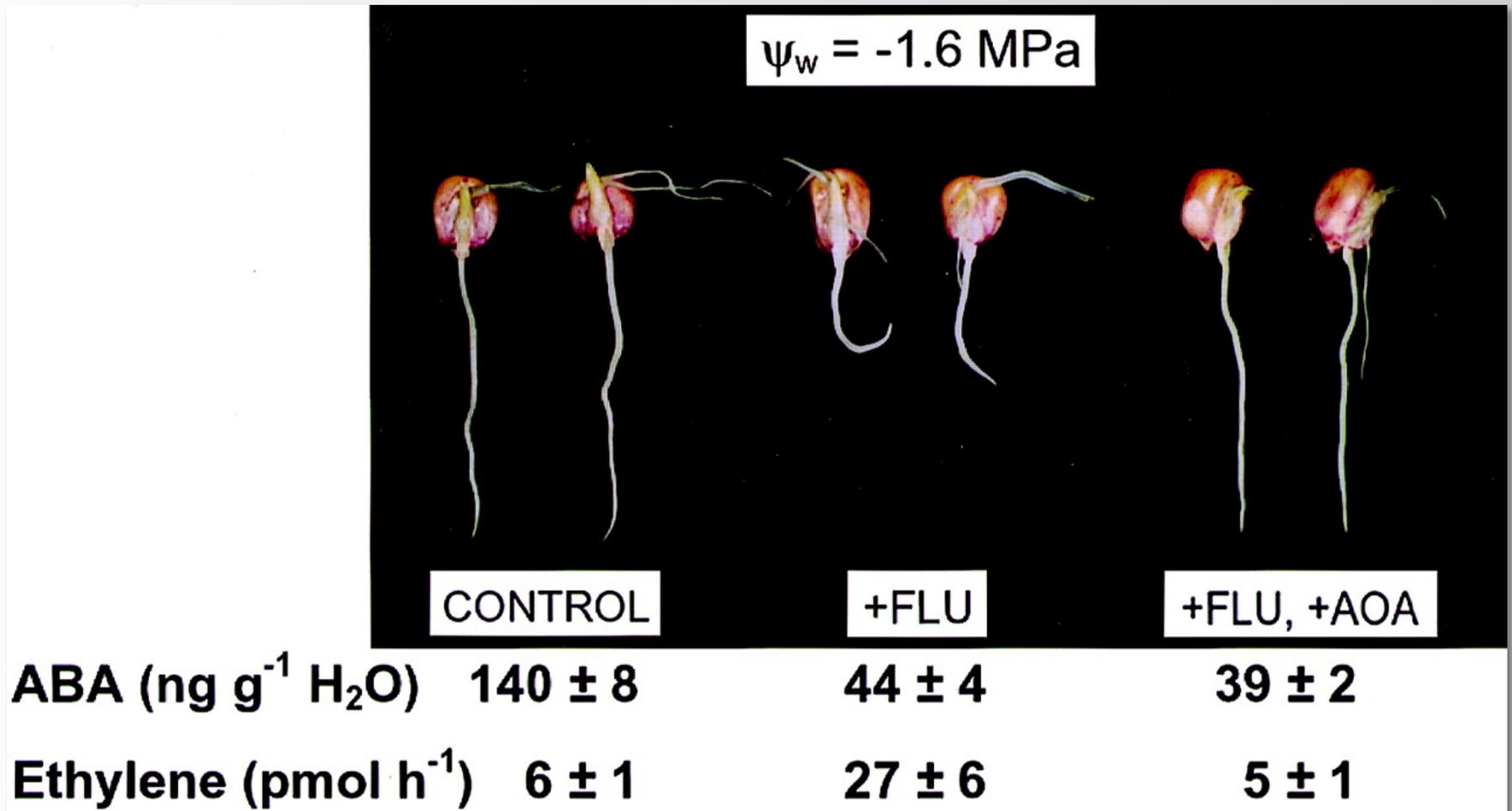
- Saknēs sintezējas ABA
- Veidojas ROS

ABA ūdens trūkumā



ABA ir galvenais aizsargreakciju regulators ūdens trūkumā esošiem augiem

ABA ūdens trūkumā



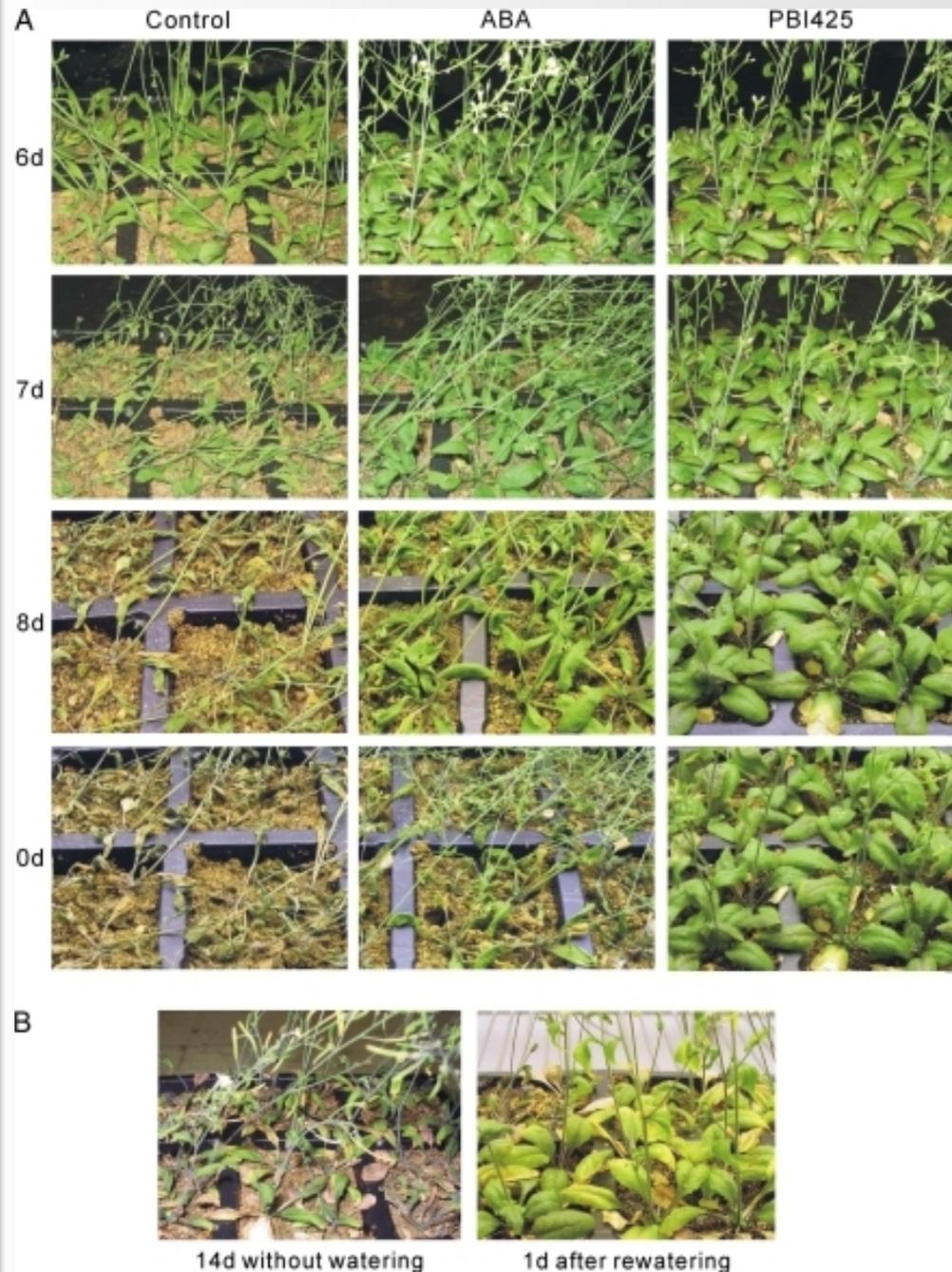
- Novērš etilēna izsaukto sakņu augšanas inhibēšanu

ABA ūdens trūkumā



- Veicina dzinuma augšanu

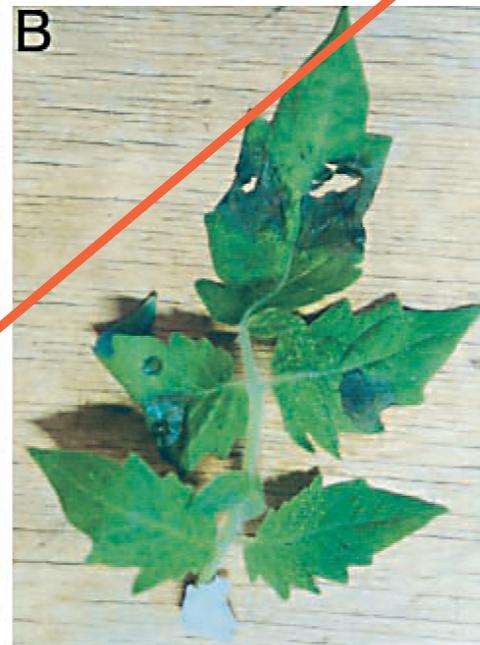
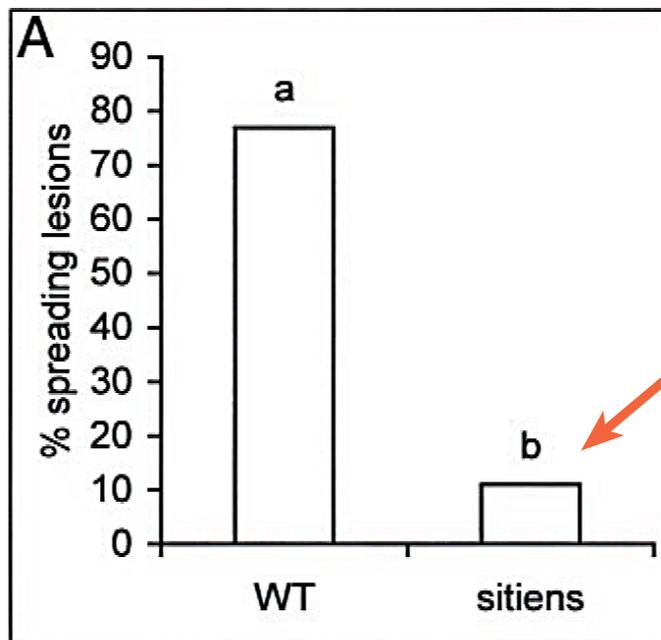
ABA ūdens trūkumā



**ABA analogs PGI425
hiperinducē ABA atbildes
reakcijas**

ABA piedalās patogēnu uzņēmības reakcijās

ABA nesintezējošs mutants



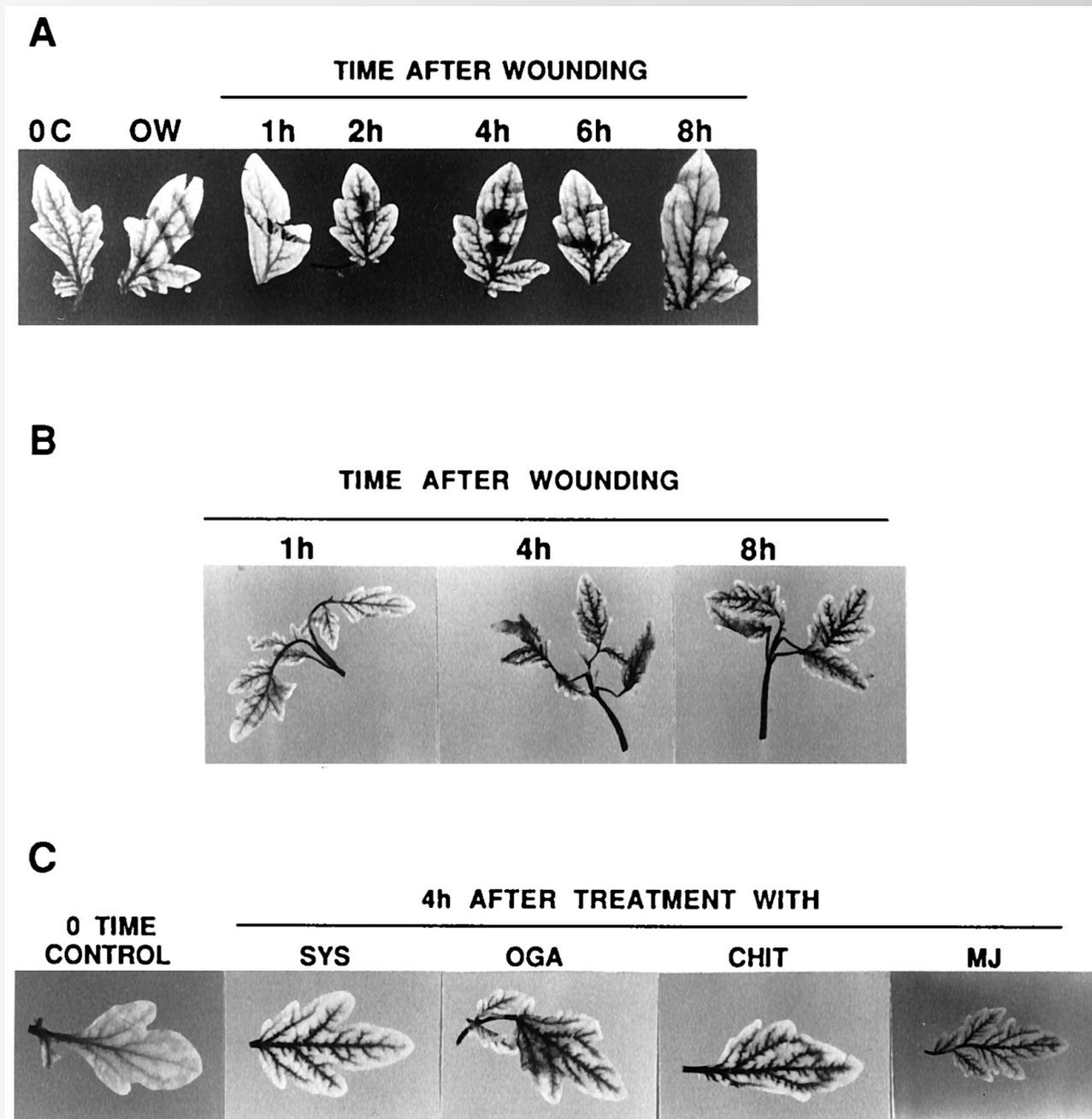
Hormonālā regulācija

- etilēns
- jasmonāti
- salicilskābe
- sistemīns
- abscīzskābe

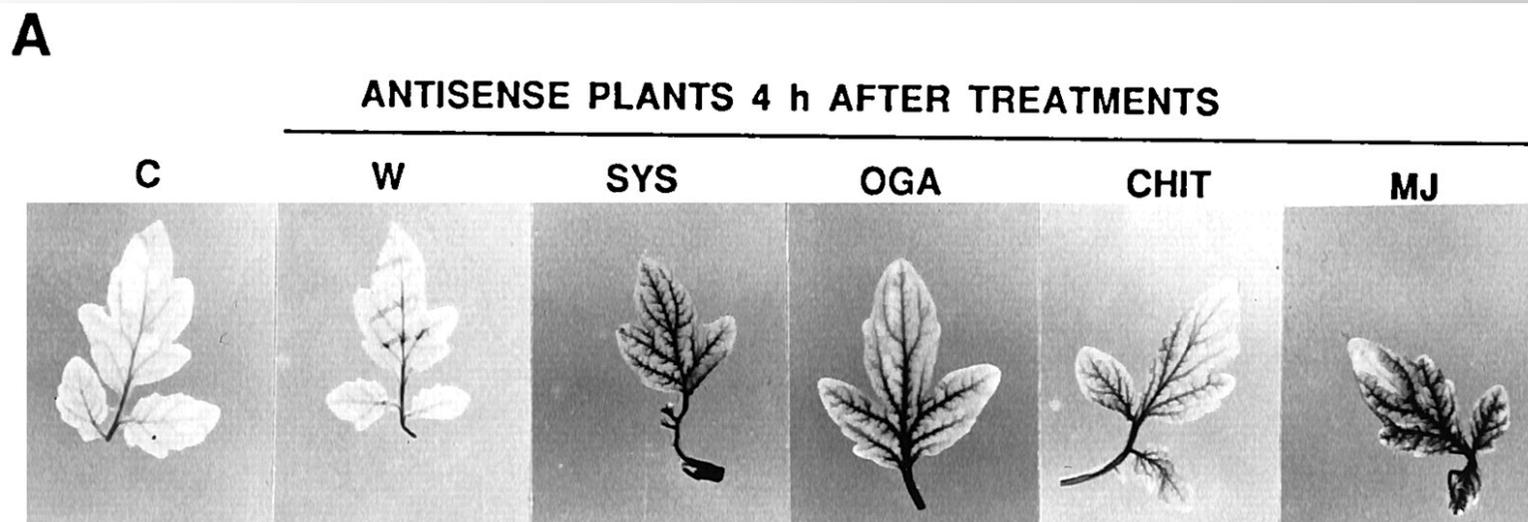
lekššūnas pārnēsēji

- H_2O_2
- NO
- askorbīnskābe

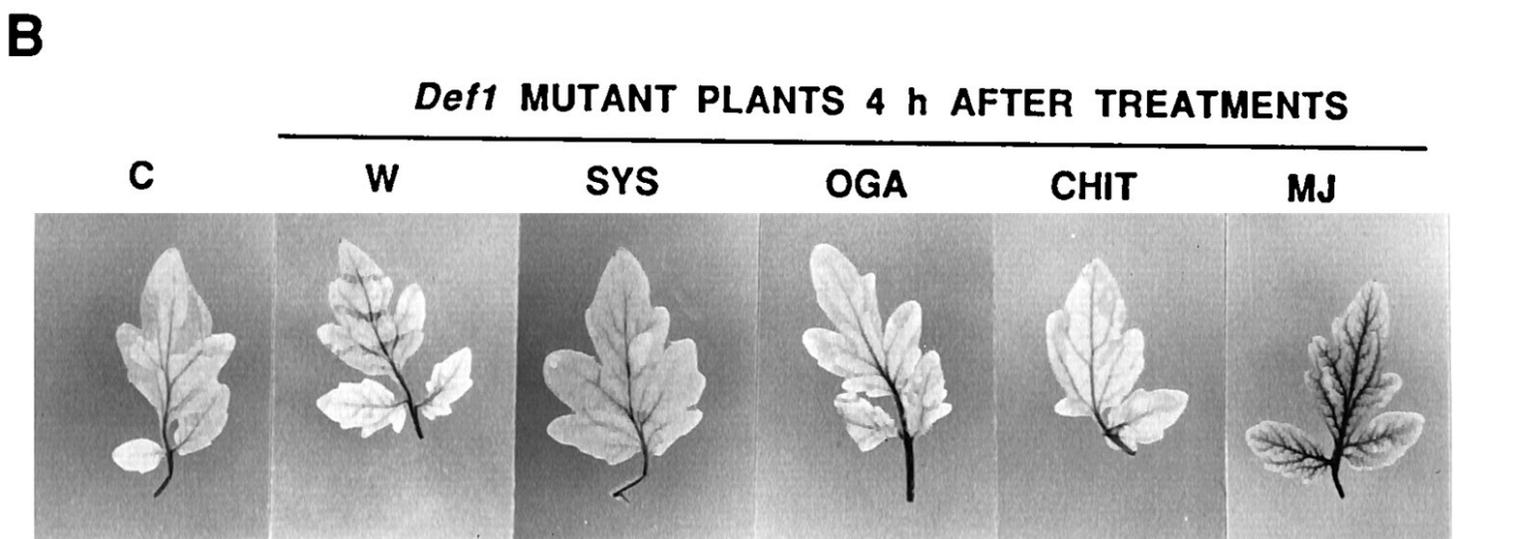
H₂O₂ veidojas ievainojuma rezultātā



H₂O₂ veidojas ievainojuma rezultātā

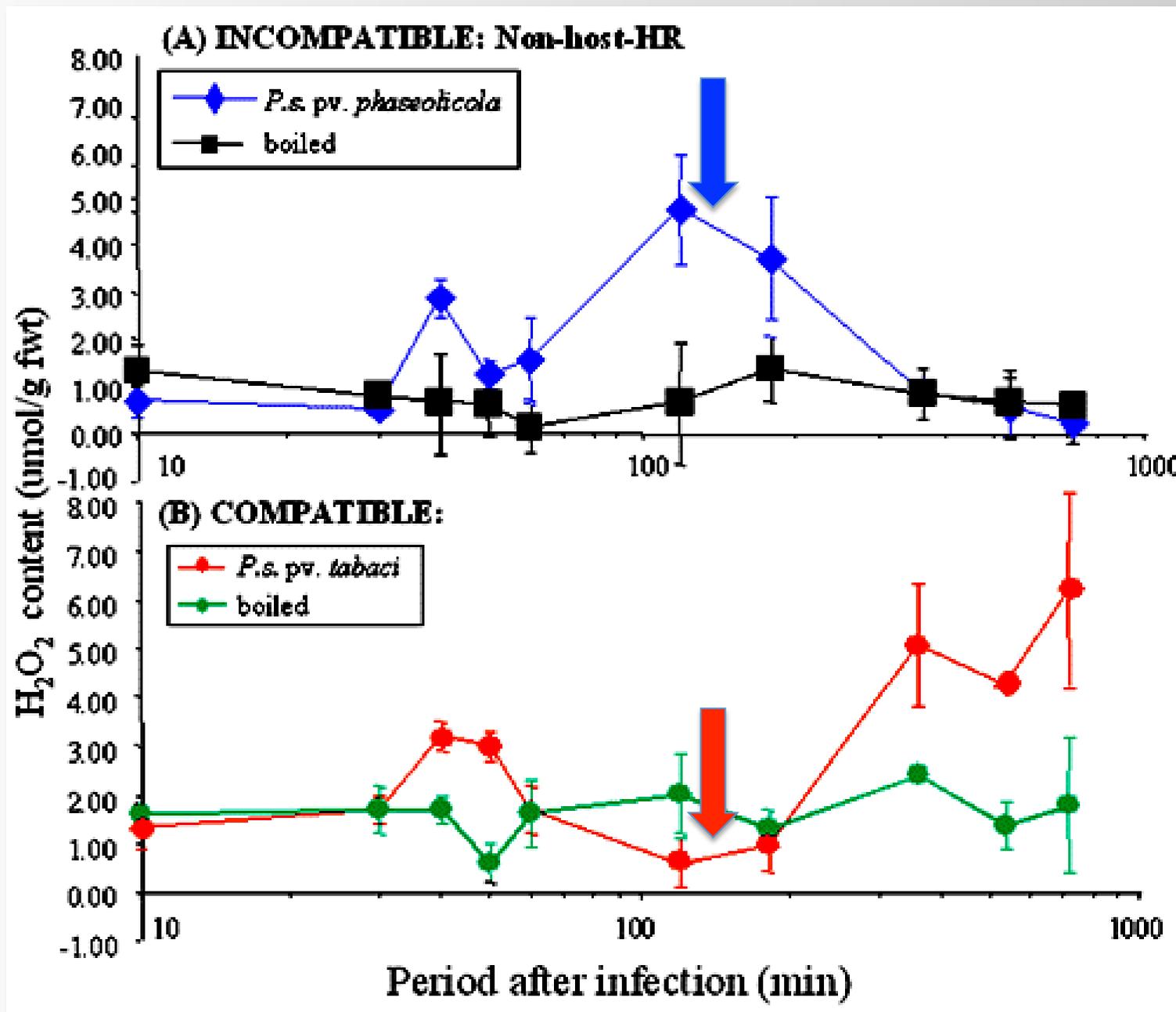


Prosistemīna gēns antisensa orientācijā

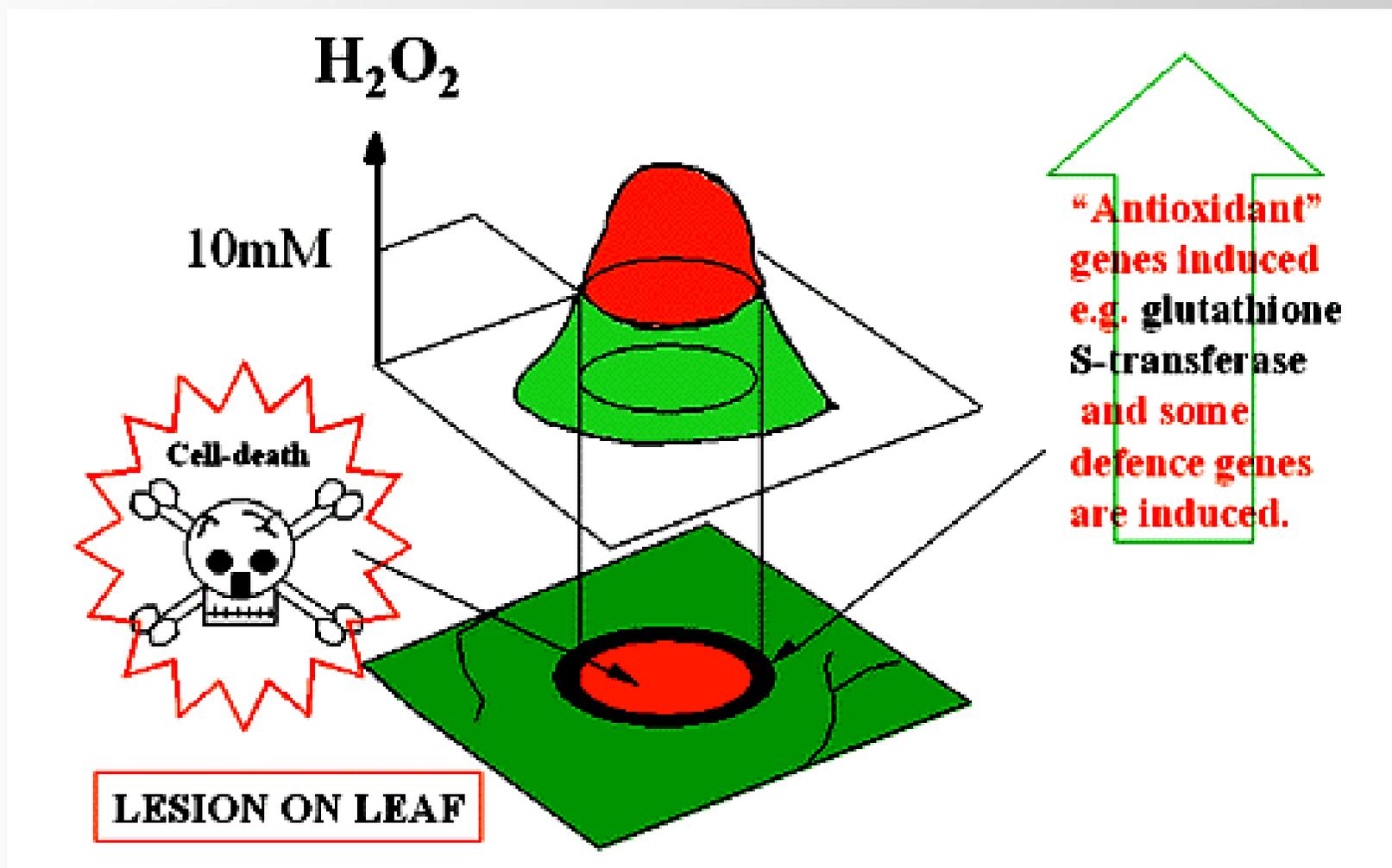


Mutanti ar jasmonāta signāla deficītu

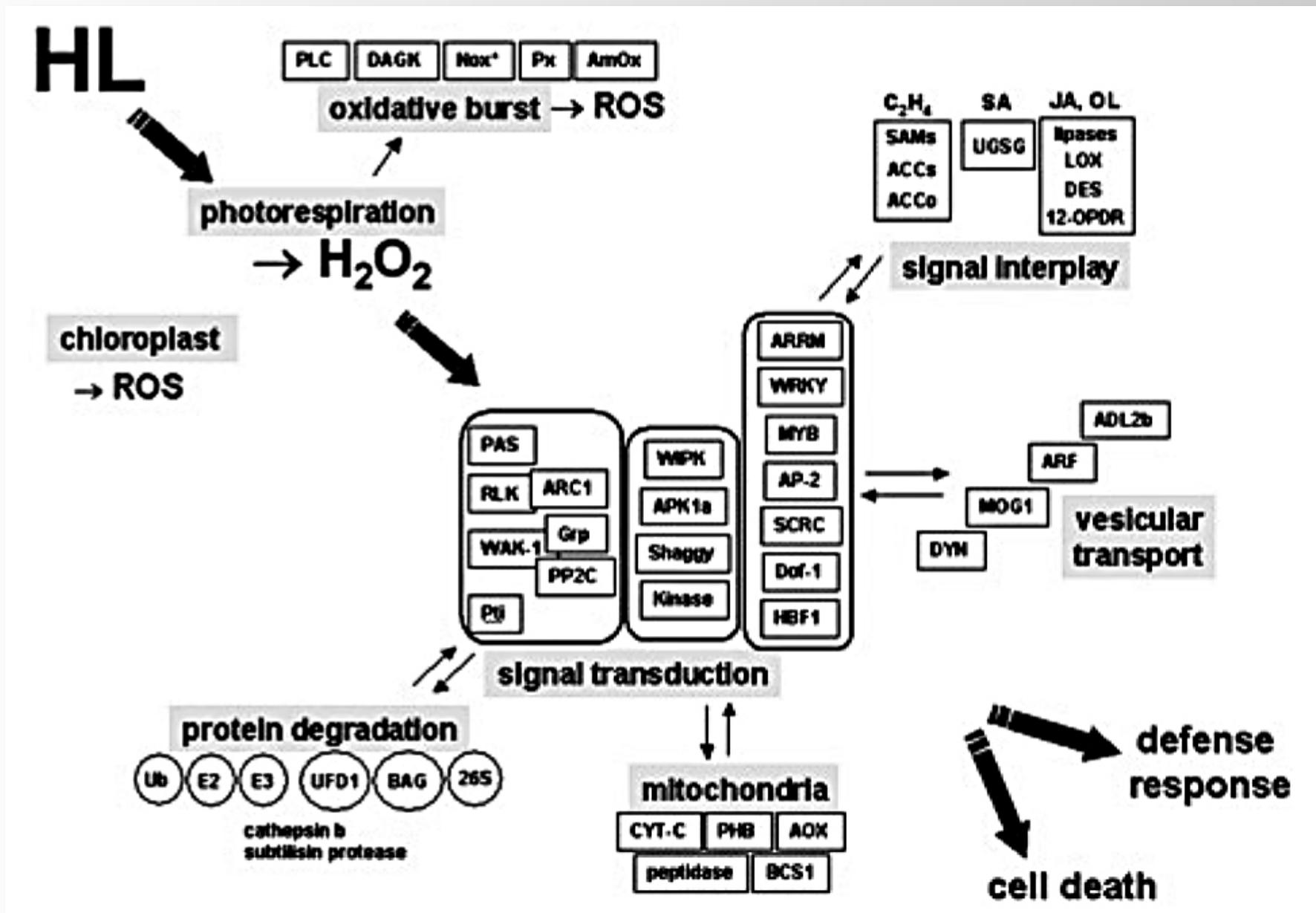
H₂O₂ ir nepieciešams patogēnu rezistencei



H₂O₂ ir nepieciešams patogēnu rezistencei



H₂O₂ inducētās izmaiņas gēnu ekspresijā



Gaismas inducētais H₂O₂ izsauc 1207 gēnu izmaiņas

Hormonālā regulācija

- etilēns
- jasmonāti
- salicilskābe
- sistemīns
- abscīzskābe

lekššūnas pārnēsēji

- H_2O_2
- **NO**
- askorbīnskābe

NO ir fizioloģiski aktīvs

- **PATOGĒNU ATBILDES REAKCIJAS**
 - **IEVAINOJUMA ATBILDES REAKCIJAS**
 - **PROGRAMMĒTĀ ŠUNU BOJĀEJA**

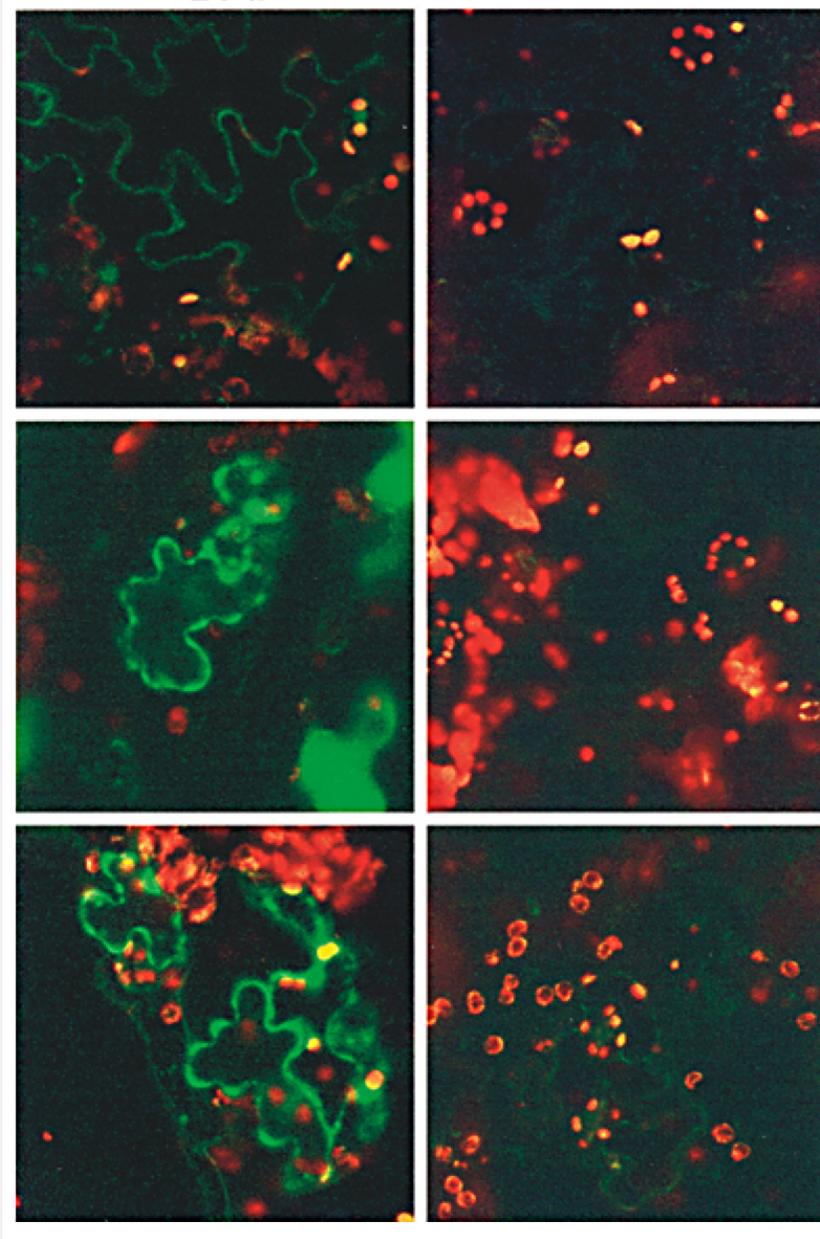
NO darbojas kopā ar ROS

NO ir fizioloģiski aktīvs

- **PATOGĒNU ATBILDES REAKCIJAS**
 - **IEVAINOJUMA ATBILDES REAKCIJAS**
 - **PROGRAMMĒTĀ ŠUNU BOJĀEJA**

NO darbojas kopā ar ROS

NO inducējas stresa rezultātā



Kontrolē

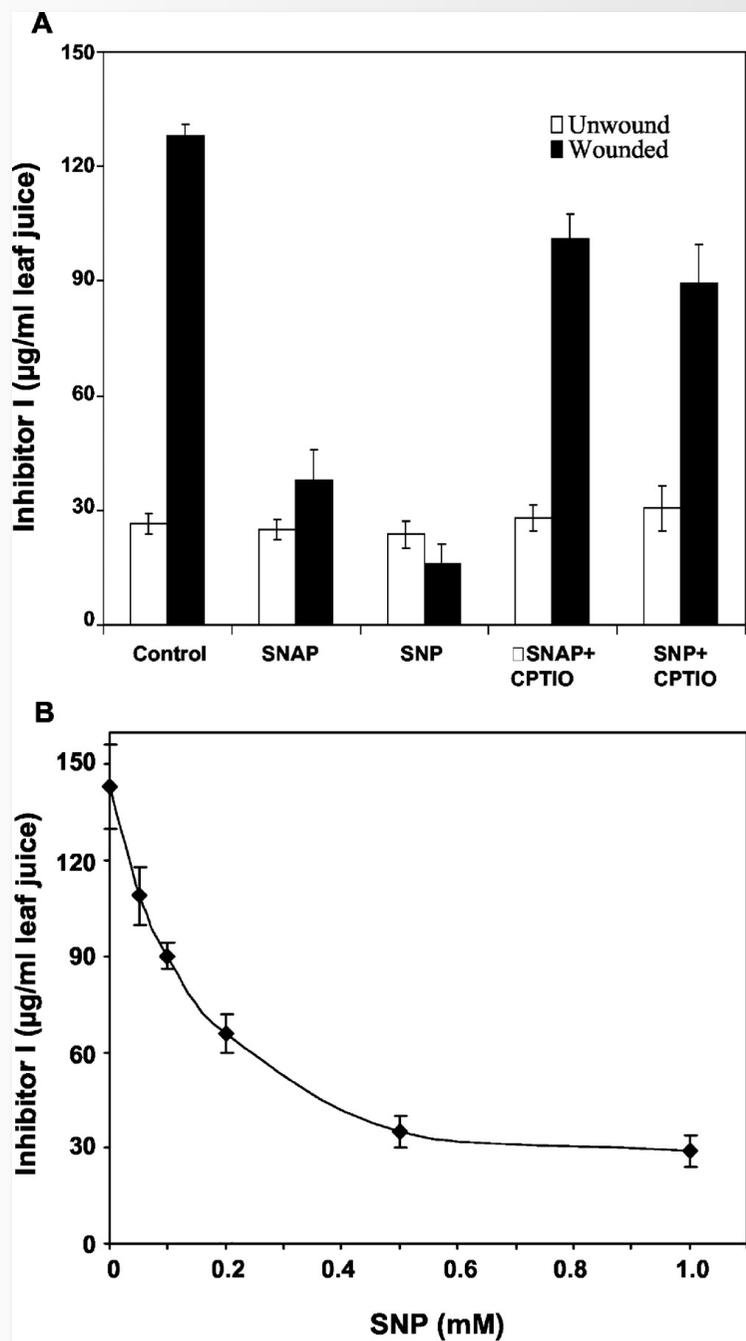
JA

Ievainojums

DAF

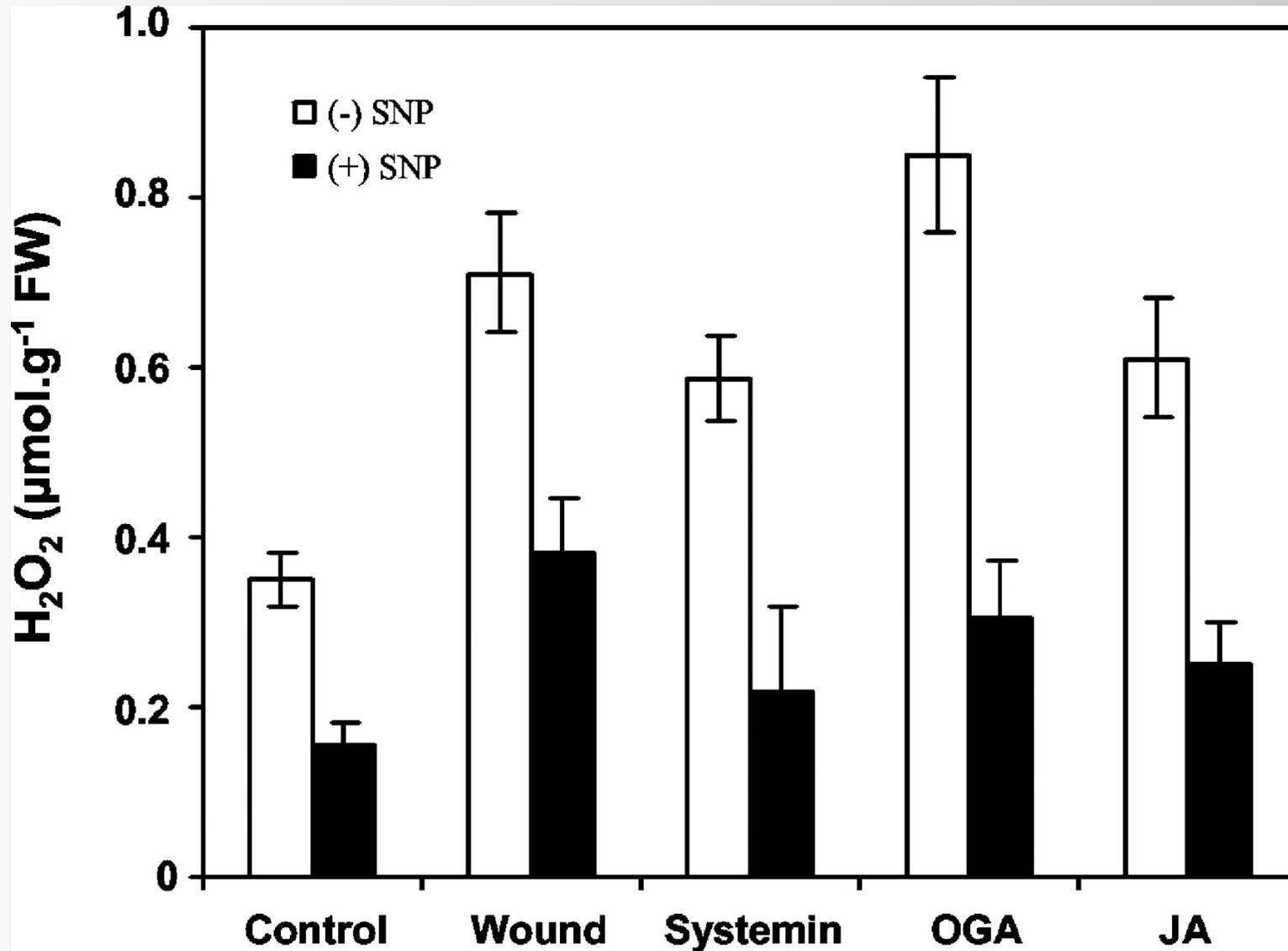
DAF + PTIO

NO inhibē proteināzes inhibitoru uzkrāšanos



SNP – ģenerē NO
PTIO – pārtver NO

NO inhibē H_2O_2 uzkrāšanos



Hormonālā regulācija

- etilēns
- jasmonāti
- salicilskābe
- sistemīns
- abscīzskābe

lekššūnas pārnēsēji

- H_2O_2
- NO
- askorbīnskābe

Askorbīnskābes funkcijas augos

ANTIOKSIDANTS

Pilda mazmolekulārā antioksidanta funkcijas, reaģējot ar aktīvā skābekļa formām.

ENZĪMU SUBSTRĀTS

Askorbāta peroksidāze, askorbāta oksidāze.

ENZĪMU KOFAKTORS

Dioksigenāzes (ACC oksidāze, gibberelīna hidroksilāze, prolil hidroksilāze).

ELEKTRONU TRANSPORTS

Ir elektronu donors fotosintēzes un mitohondriju elektronu transportā.

SINTĒZĒS

Ūksalātu un tartrātu priekštecis.



Askorbīnskābes saturs augos

kompartmenti	AA (mM)
CITOZOLS	30 - 60
HLOROPLASTI	10
APOPLASTS	1 - 5
VAKUOLA	0.6 - 3

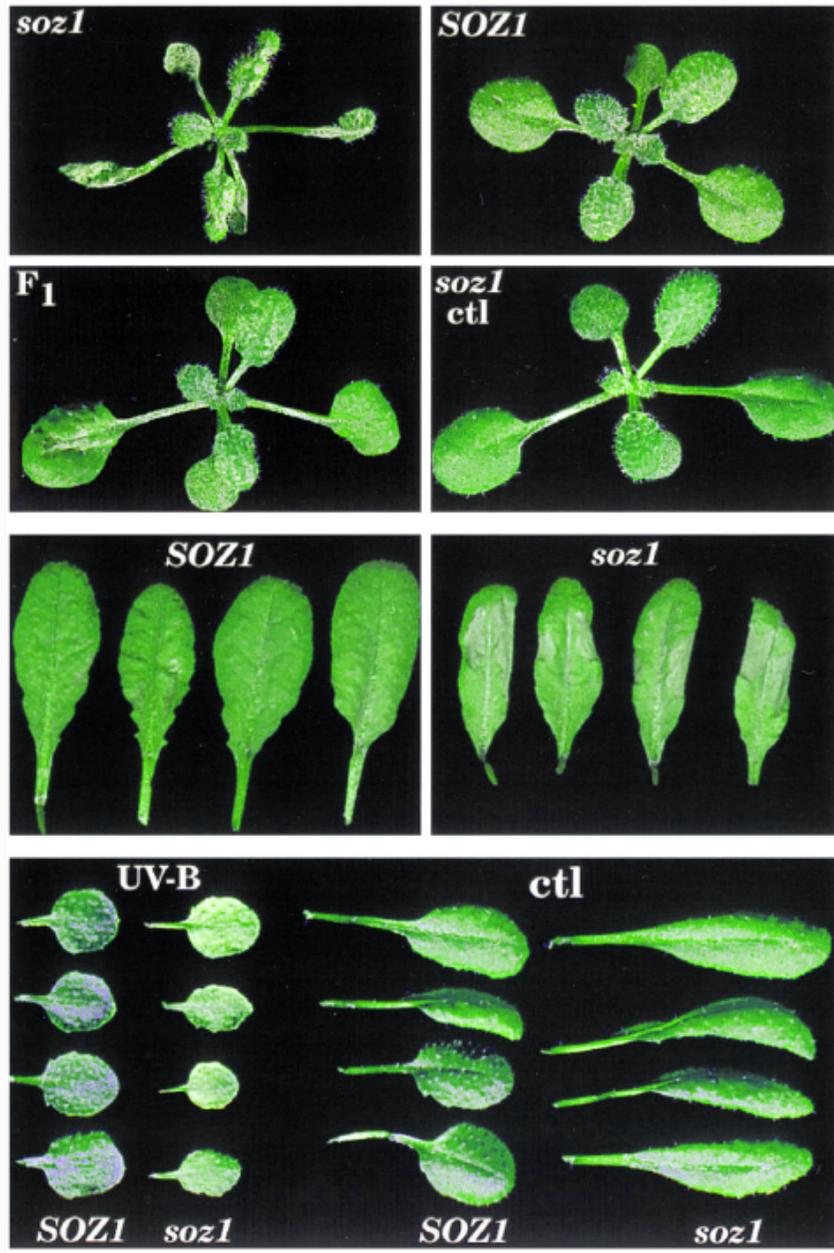
fotosintezējoši > uzkrājoši

lapas > augļi, saknes

jauni > nobrieduši, veci

meristēmas > novecojošas lapas

Askorbīnskābe aizsargreakcijās



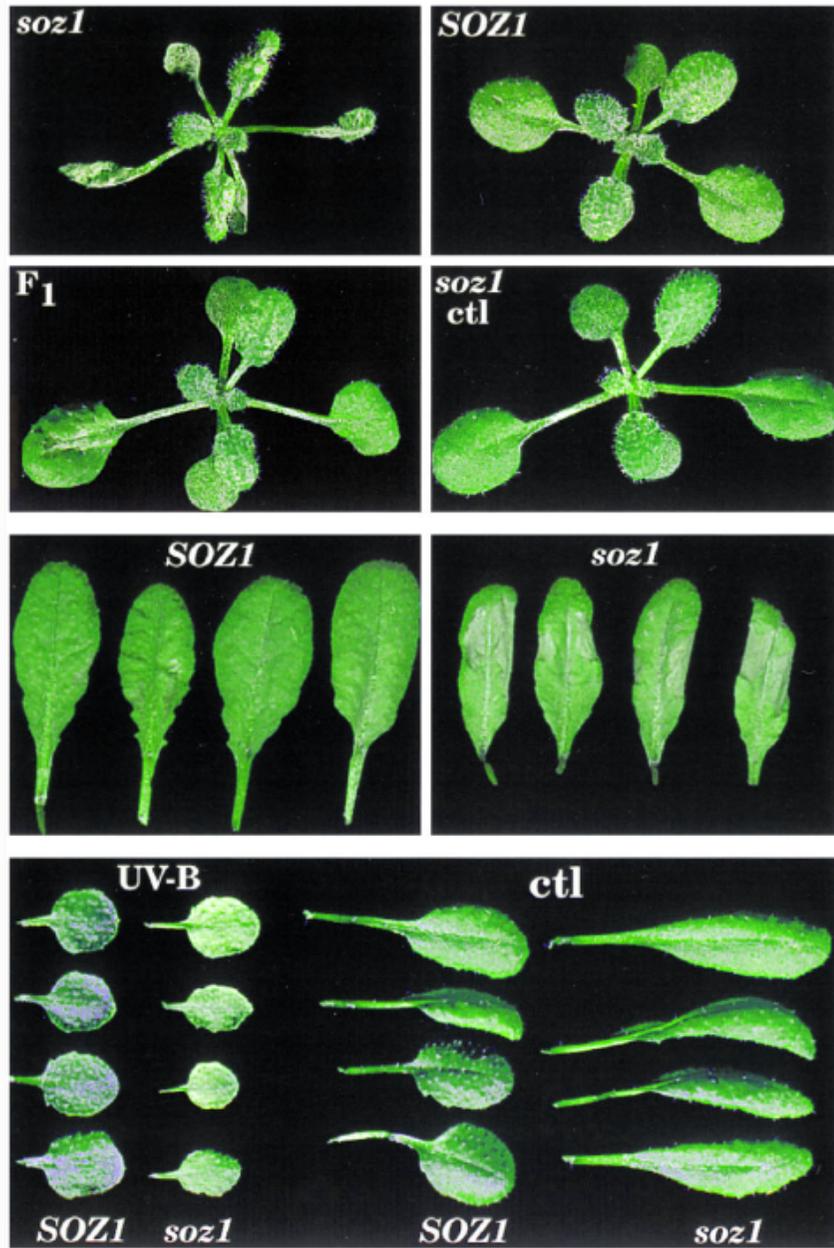
Mutants, kas pastiprināti reaģē uz ozonu, ar samazinātu AA daudzumu

Table 2. Total and oxidized ascorbate and glutathione in *soz1*

Genotype	Total AsA	DHA	DHA % of total	Glutathione	GSSG*
<i>SOZ1</i>	42.7 ± 1.7	5.5 ± 2.8	≈13%	5.3 ± 0.8	0.16 ± 0.02
<i>soz1</i>	11.9 ± 0.6	2.8 ± 0.5	≈24%	5.0 ± 0.3	0.10 ± 0.05

Askorbīnskābe aizsargreakcijās

Apstrāde ar AA vai tā priekšteci atjauno stresa izturību



Askorbīnskābes deficīts ietekmē augšanu

