

ETILENE

1800

alberi in prossimità dei lampioni stradali



perdita foglie
sviluppo alterato

1901

l'etilene è il gas responsabile degli effetti

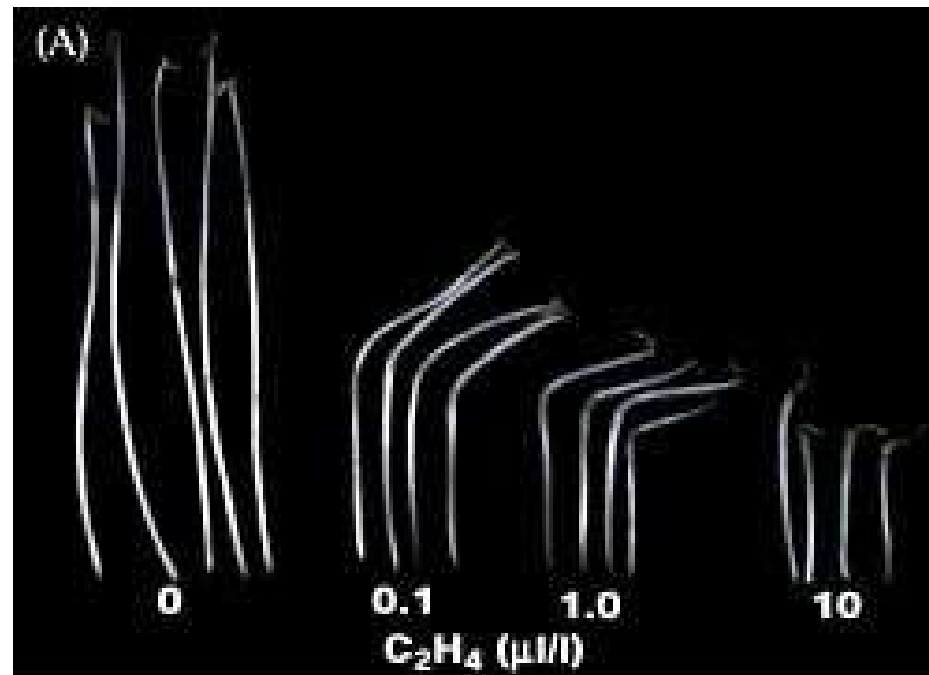


RISPOSTA TRIPLA

riduzione allungamento fusto

aumento crescita laterale (rigonfiamento)

accrescimento orizzontale anormale
(alterato gravitropismo negativo)



l'etilene viene prodotto dalle piante?

1910

banane conservate insieme
ad arance



maturazione
banane

1930

identificazione etilene nelle piante

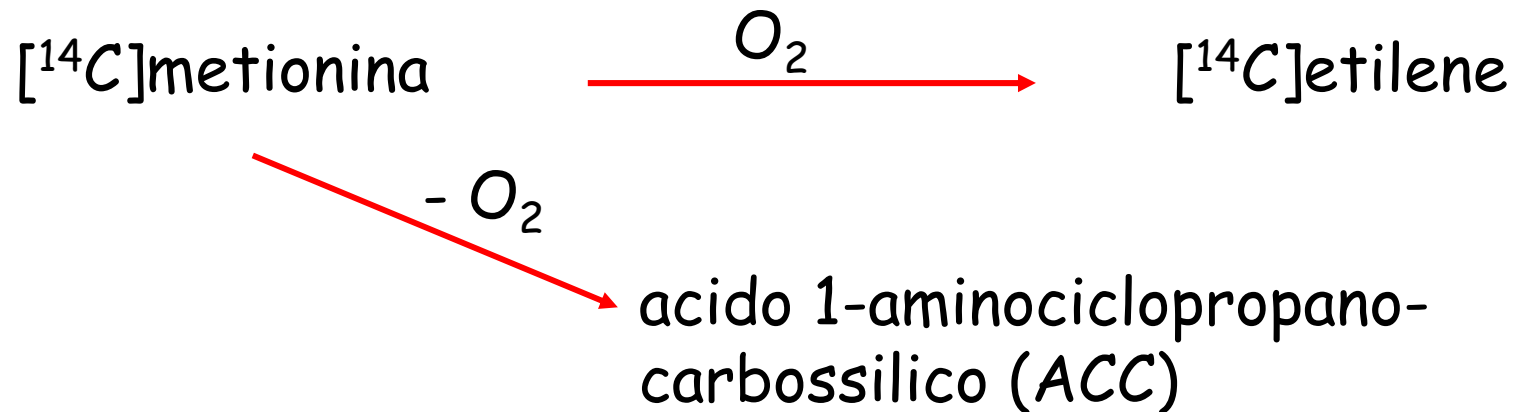
SINTESI DELL'ETILENE

è prodotto da molti tessuti

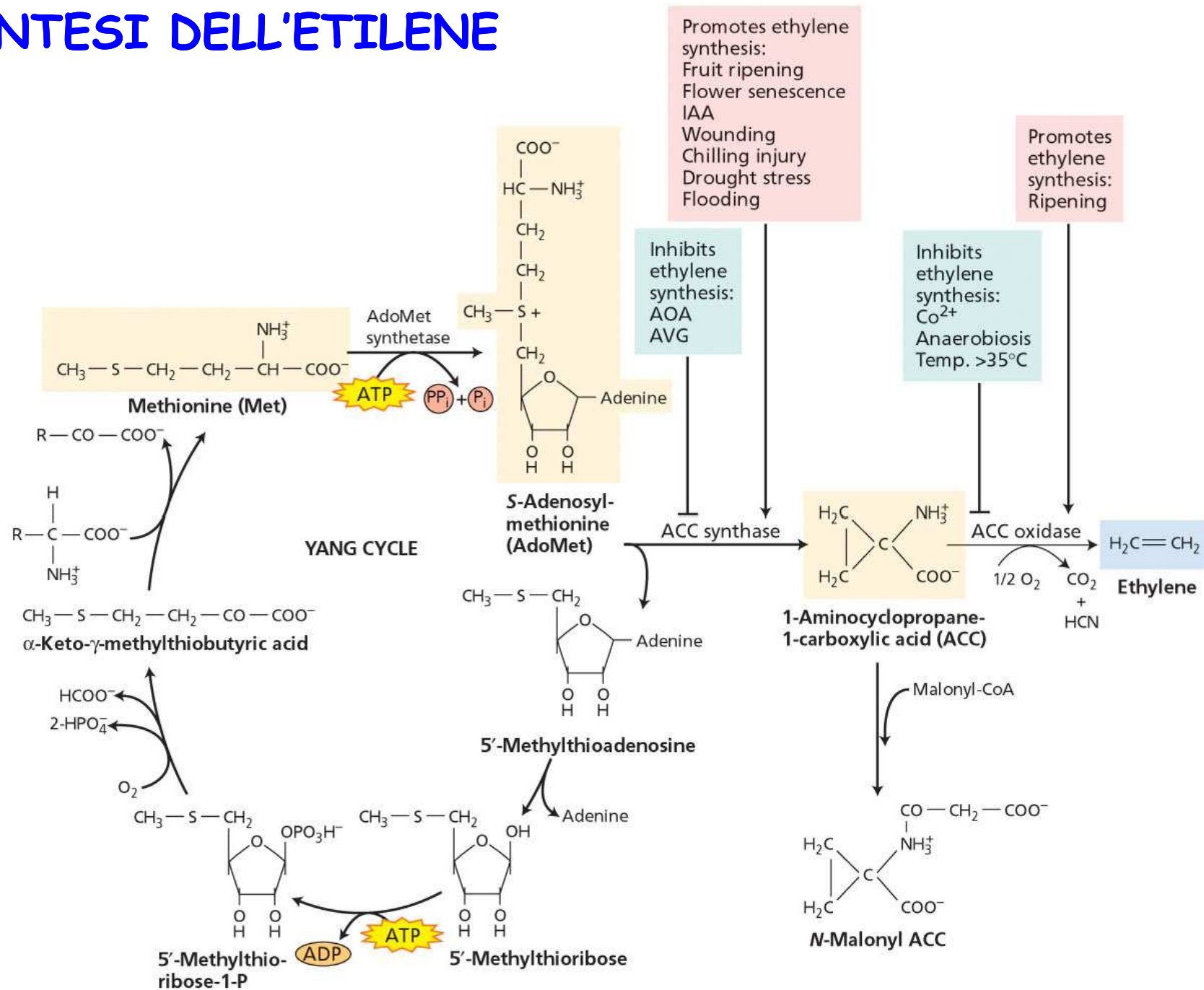
principali siti di sintesi



Il precursore è la **METIONINA**



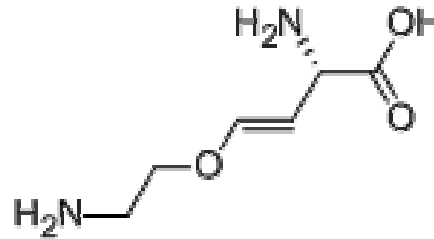
SINTESI DELL'ETILENE



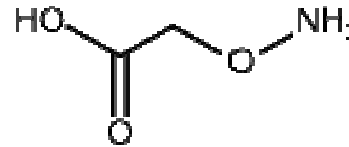
INIBITORI DELLE SINTESI DELL'ETILENE

Bloccano la conversione dell'AdoMet in ACC

Il Co^{2+} è invece un inibitore della conversione di ACC in etilene



AVG
(amminoetossivinilglicina)

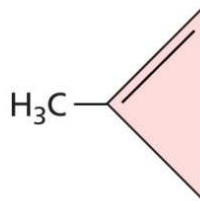


AOA
(acido amminoossiacetico)

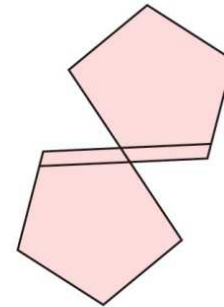
INIBITORI DELL'AZIONE DELL'ETILENE

Ioni Ag^+

CO_2



1-Methylcyclopropene (MCP)

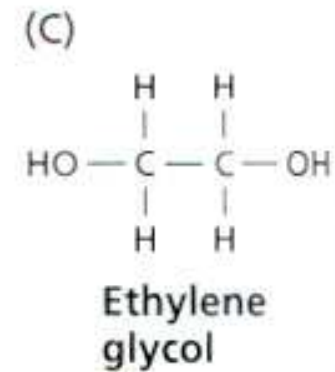
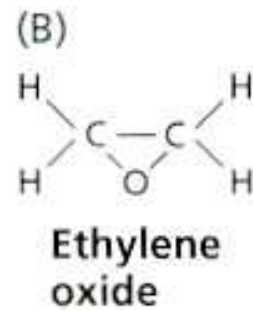
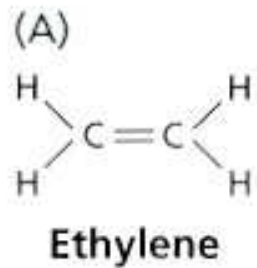


trans-Cyclooctene

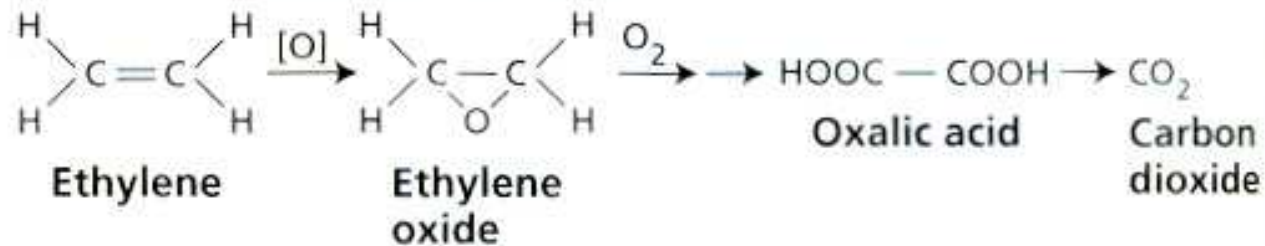
Ethyl-bloc®

OSSIDAZIONE DELL'ETILENE

Catabolismo studiato utilizzando $^{14}\text{C}_2\text{H}_4$



(D) Complete oxidation of ethylene



EFFETTI FISIOLOGICI

RISPOSTA TRIPLA



- etilene

+ etilene

accrescimento orizzontale
riduzione allungamento fusto
espansione laterale (rigonfiamento)



alterazione proprietà
meccaniche della parete
cellulare

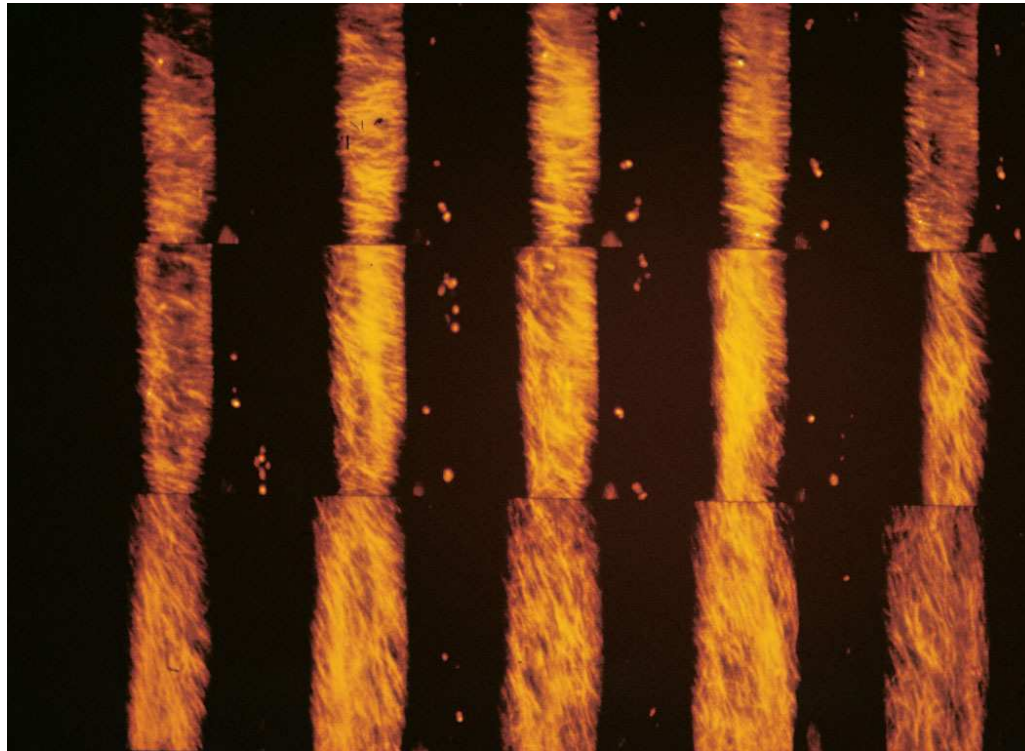
cambiamento orientamento
microtubuli



cambiamento disposizione
microfibrille cellulosa
(**trasversali-longitudinali**)

RISPOSTA TRIPLA

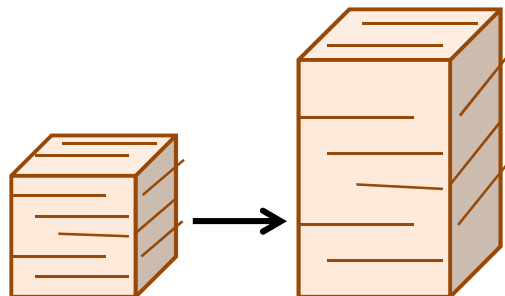
orientamento microtubuli in risposta a ferita



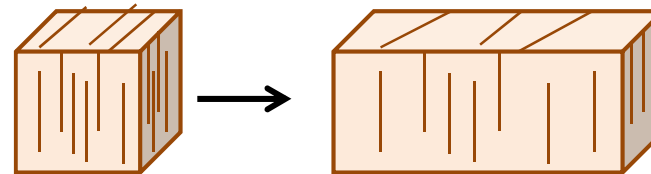
→ Orientamento trasversale

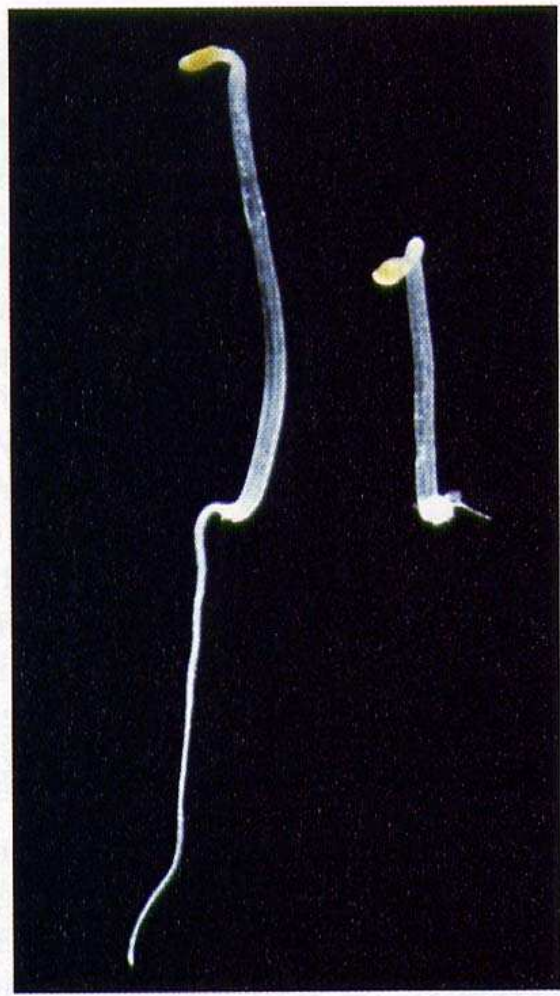
microiniezione di cellula
epidermica con rodamina-
tubulina

→ Orientamento longitudinale



intervalli di 5 min





aria

etilene

risposta tripla in Arabidopsis

inibizione crescita ipocotile

inibizione crescita radici

ripiegamento esagerato uncino

EPINASTIA

Curvatura verso il basso delle foglie dovuta ad una maggiore crescita della parte superiore del picciolo



allagamento



radice

segnale

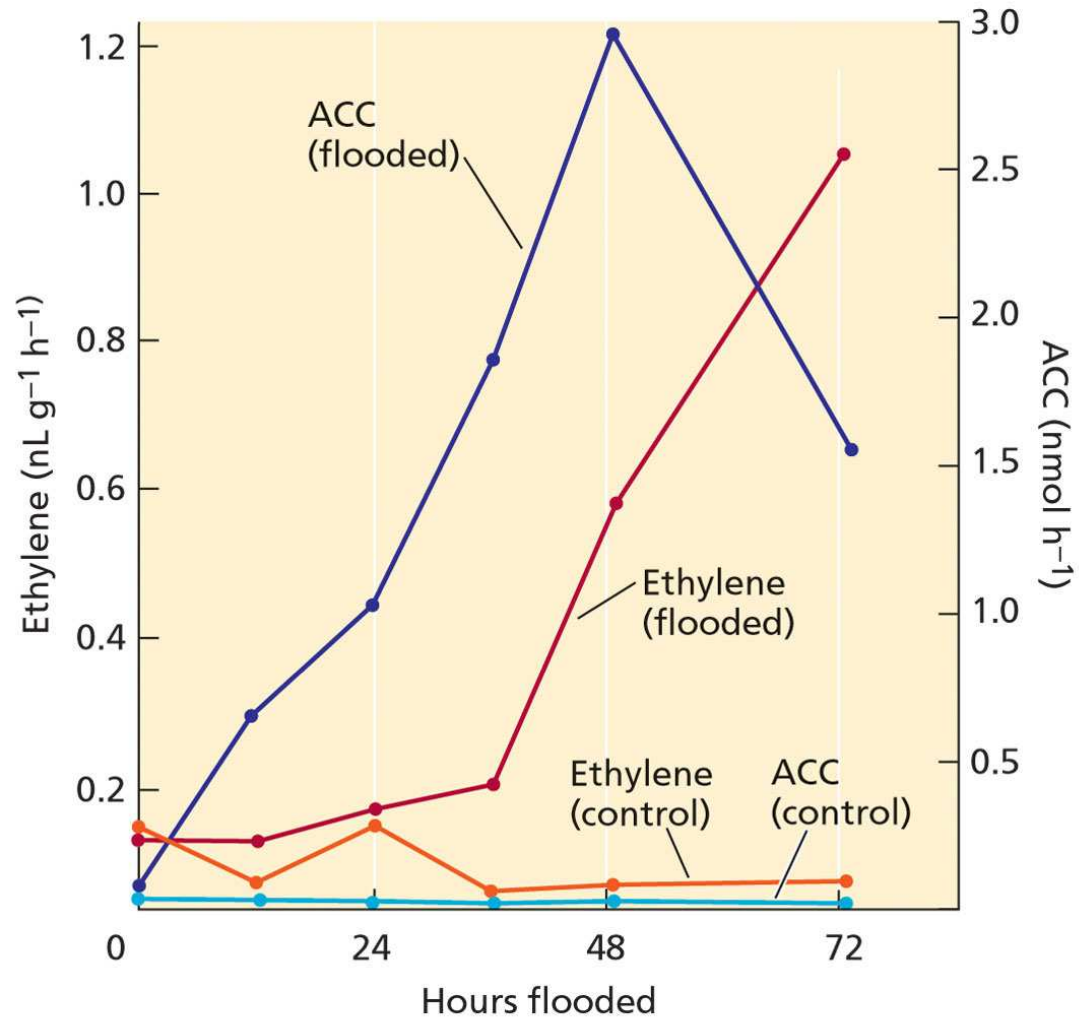


epinastia



foglia

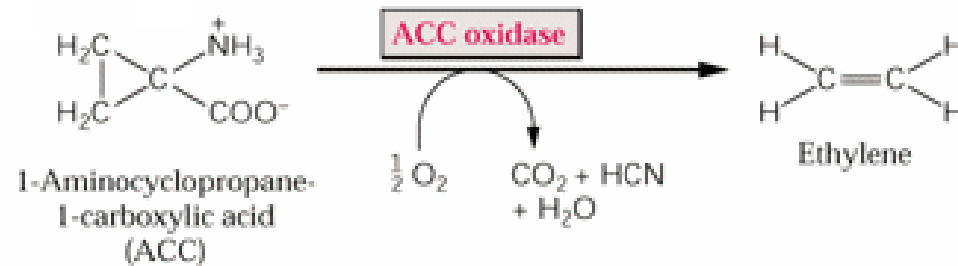
EPINASTIA



contenuto di ACC
nello xilema

contenuto di etilene
nel picciolo

PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 22.6 © 2002 Sinauer Associates, Inc.



MATURAZIONE FRUTTI

UOMO

I frutti sono pronti per essere mangiati

PIANTA

I semi sono pronti per essere dispersi

per i semi la cui dispersione dipende dall'ingestione di animali

maturazione = commestibilità

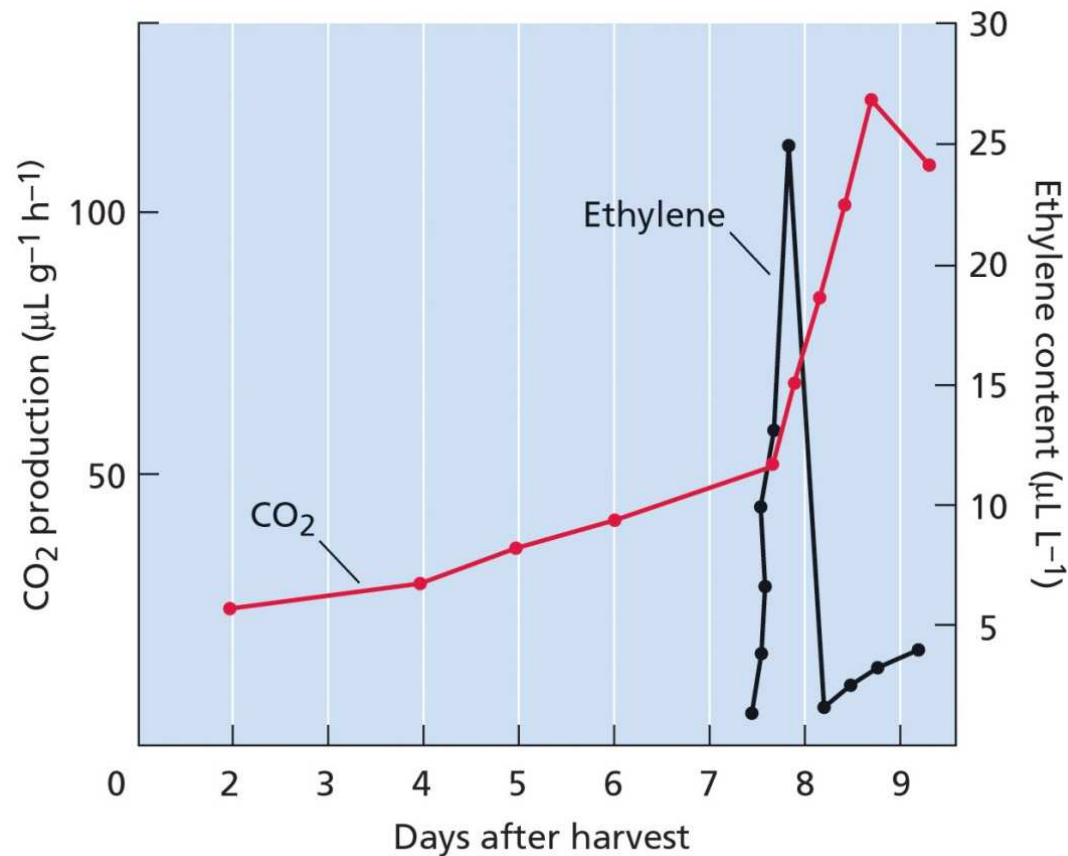
MATURAZIONE

- degradazione enzimatica parete
- idrolisi amido
- degradazione composti fenolici (tannini)
- accumulo antocianine e carotenoidi



MATURAZIONE FRUTTI

I frutti che maturano **in risposta ad etilene** mostrano un caratteristico aumento della **respirazione** (climaterio)



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 22.4 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

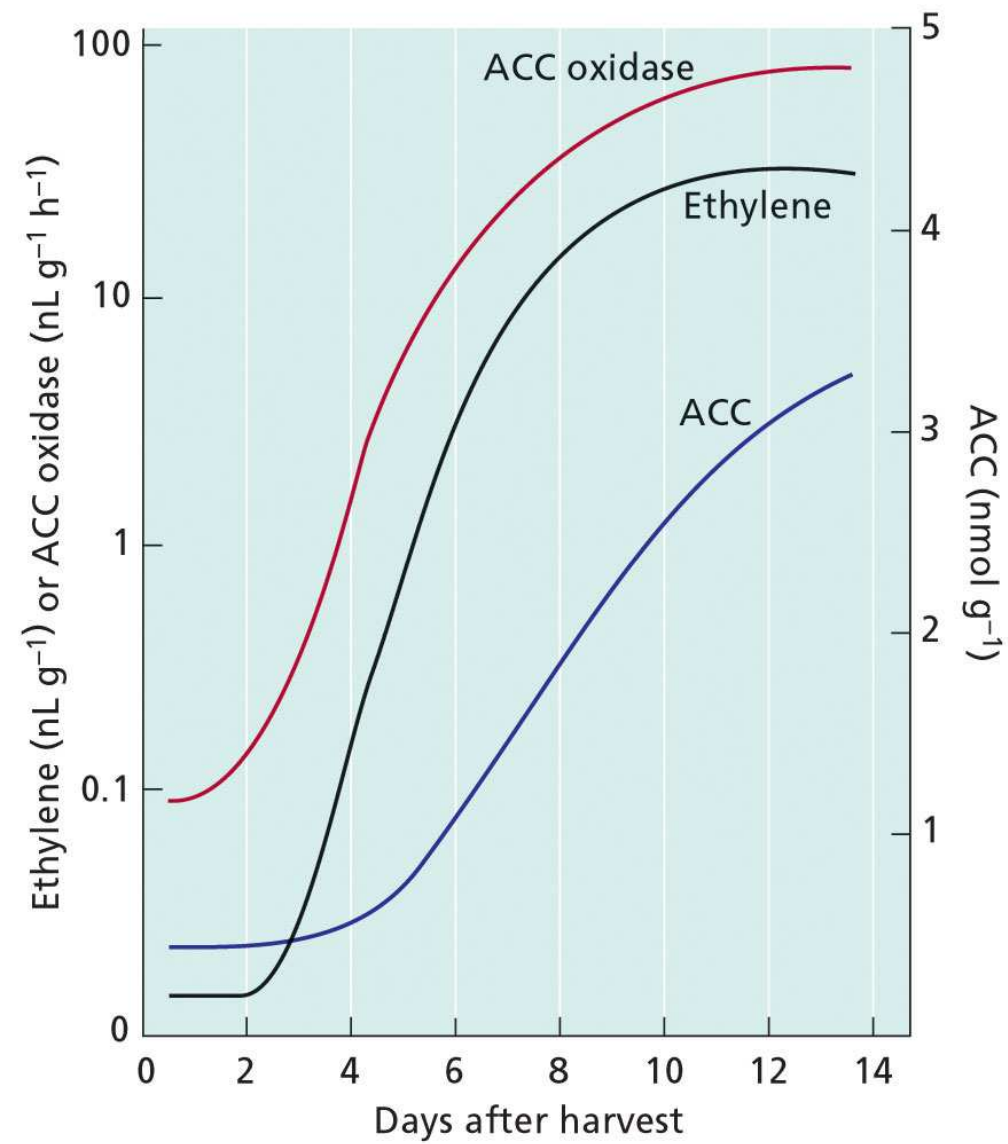
TABLE 22.1

Climacteric and nonclimacteric fruits

Climacteric	Nonclimacteric
Apple	Bell pepper
Avocado	Cherry
Banana	Citrus
Cantaloupe	Grape
Cherimoya	Pineapple
Fig	Snap bean
Mango	Strawberry
Olive	Watermelon
Peach	
Pear	
Persimmon	
Plum	
Tomato	

PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Table 22.1 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

MATURAZIONE FRUTTI



MATURAZIONE FRUTTI

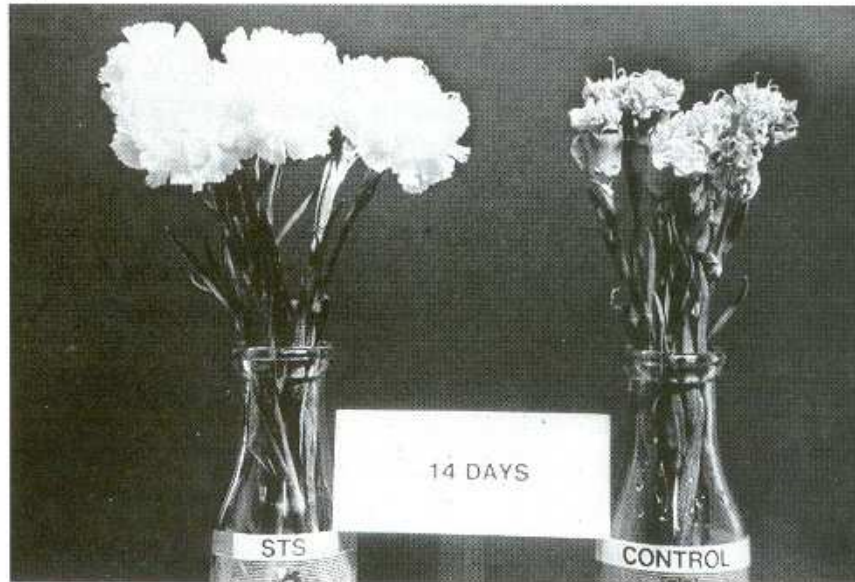
altre prove sperimentali del ruolo dell'etilene nella
maturazione

**inibitori sintesi o azione etilene bloccano la
maturazione**

**pomodori da piante antisenso ACC sintasi e ACC
ossidasi non maturano**

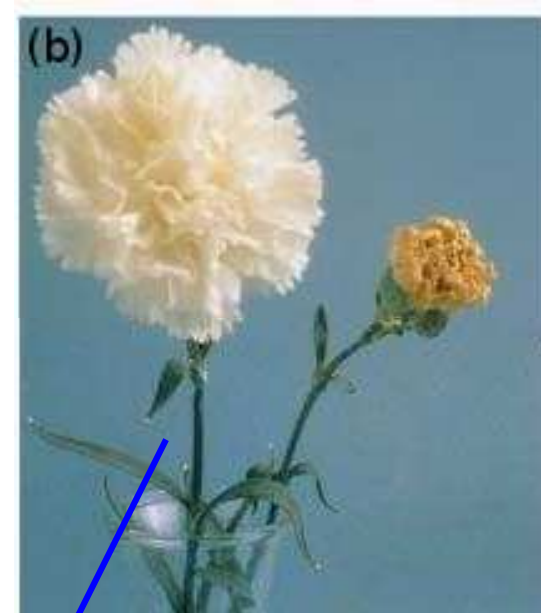


SENESCENZA FOGLIE E FIORI



argento tiosolfato
(inibitore azione
etilene)

C



Antisenso ACC ossidasi

ABSCISSIONE FOGLIARE



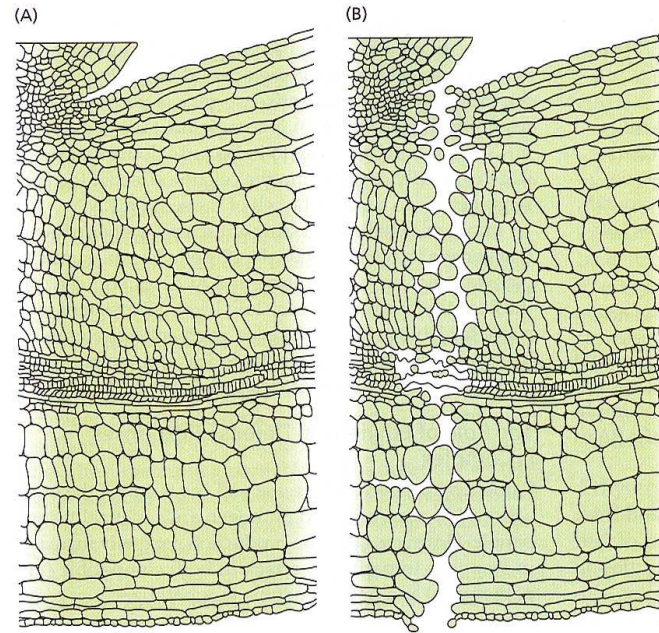
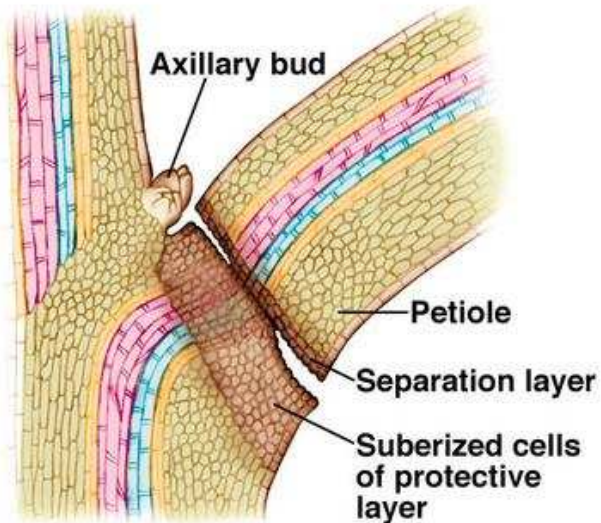
In presenza di C_2H_4

ABSCISSIONE FOGLIARE

STRATO DI ABSCISSIONE

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Leaf Abscission Zone



Etilene

↓
degradazione parete

↓
aumento volume protoplasti

↓
Separazione cellule tracheali

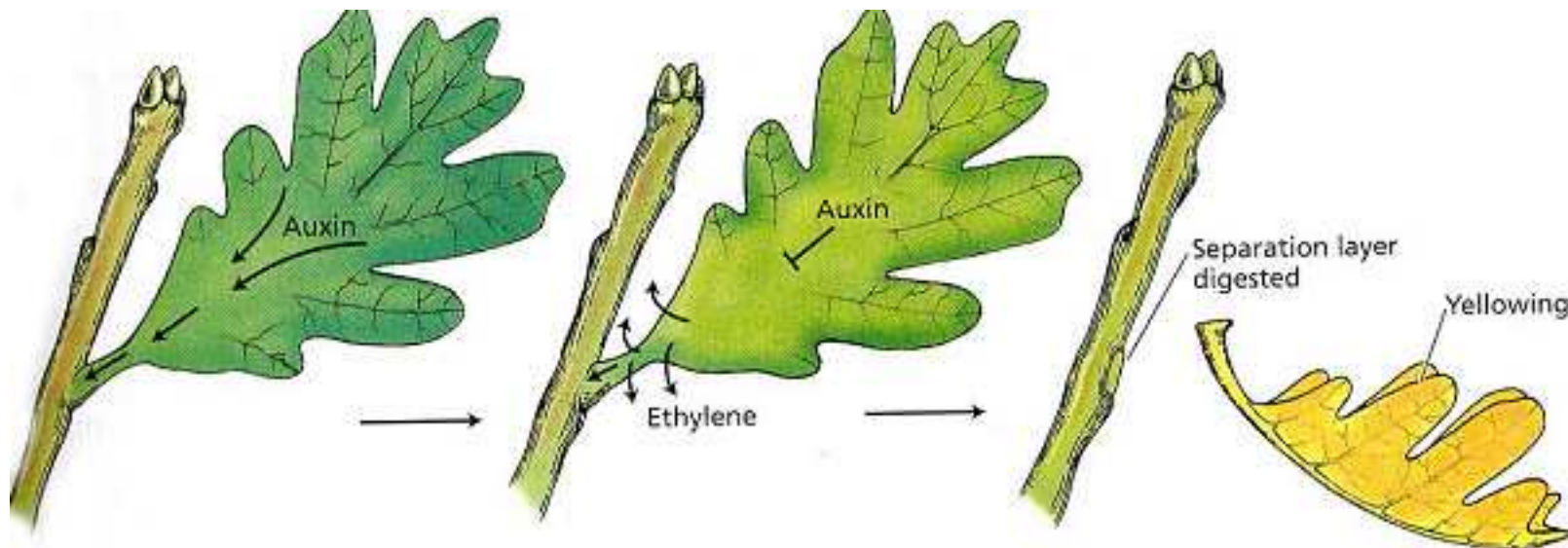
↓
ABSCISSIONE

ABSCISSIONE FOGLIARE

l'abscissione è regolata dal rapporto **etilene:auxina**

ad alte [] l'auxina induce l'abscissione

a basse [] l'auxina sopprime l'effetto dell'etilene



MECCANISMO DI AZIONE

L'ETILENE REGOLA L'ESPRESSIONE GENICA

attivazione di geni contenenti ELEMENTI DI RISPOSTA ALL'ETILENE - **ERE**

Alle sequenze ERE si legano **EREBP** (ERE binding proteins)

I geni indotti dall'etilene codificano per **CELLULASI**
PECTINASI
IDROLASI
Proteine coinvolte nella patogenesi

Trasduzione del segnale

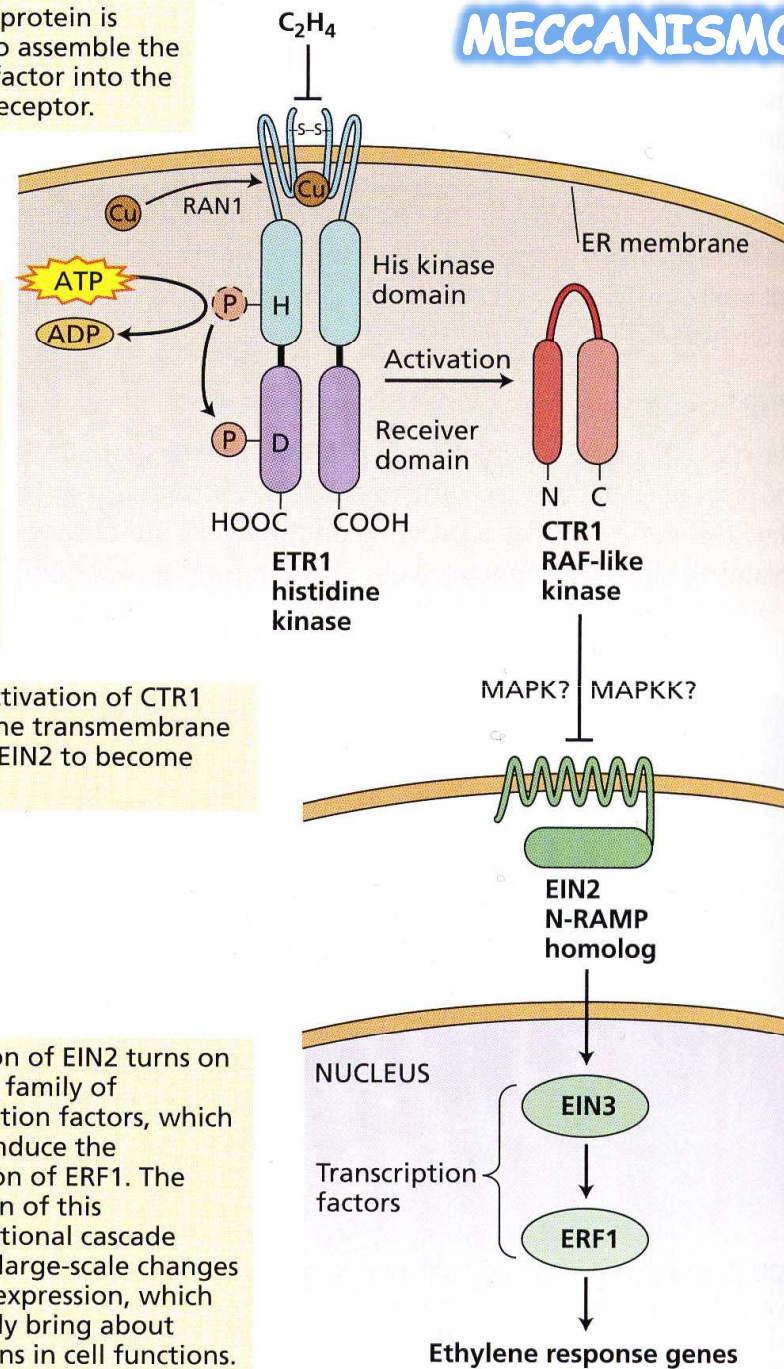
The RAN1 protein is required to assemble the copper cofactor into the ethylene receptor.

MECCANISMO DI AZIONE

In the absence of ethylene, ETR1 and the other ethylene receptors activate the kinase activity of CTR1. This leads to a repression of the ethylene response pathway, possibly through a MAP kinase cascade. The binding of ethylene to the ETR1 dimer results in its inactivation, which causes CTR1 to become inactive.

The inactivation of CTR1 allows the transmembrane protein EIN2 to become active.

Activation of EIN2 turns on the EIN3 family of transcription factors, which in turn induce the expression of ERF1. The activation of this transcriptional cascade leads to large-scale changes in gene expression, which ultimately bring about alterations in cell functions.



IDENTIFICAZIONE DELLA VIA DI TRASDUZIONE DELL'ETILENE

Risposta tripla

Ridotto allungamento del fusto (e della radice)

Aumento dell'accrescimento laterale (rigonfiamento)

Accrescimento orizzontale anormale

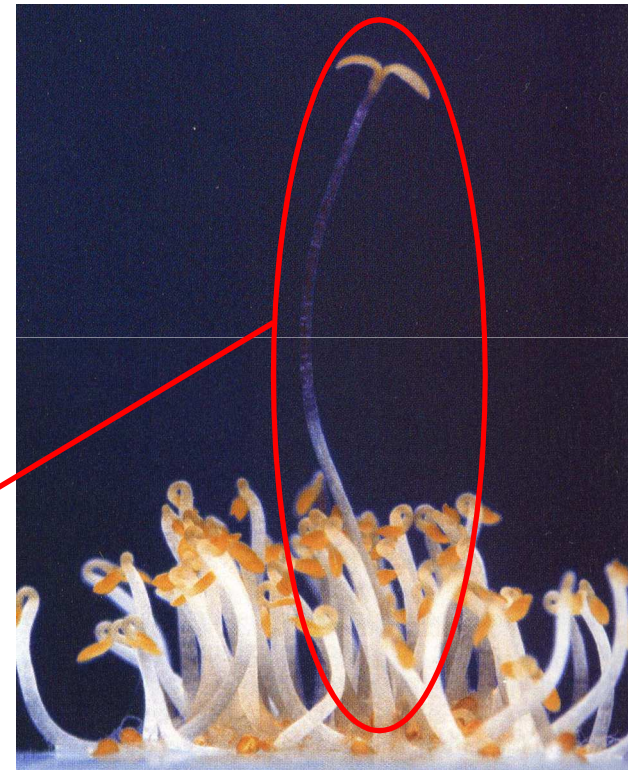
In Arabidopsis: curvatura accentuata del gancio apicale

Selezione dei mutanti analizzando il fenotipo in presenza o in assenza dell'ormone

Mutante *etr1* (ethylene-resistant 1) insensibile all'etilene

Dopo aver mutagenizzato (EMS)
le piantine di *Arabidopsis* erano
cresciute 3 giorni al buio in
presenza di etilene

**Il mutante non mostra risposta
tripla in presenza di etilene**



ETR1 ha omologia con le istidina chinasi batteriche

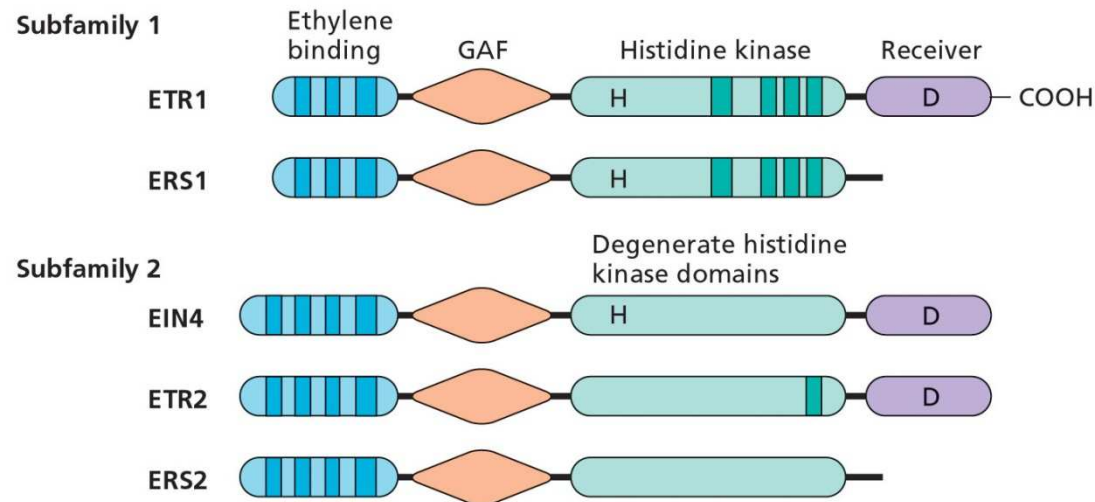
sono stati identificati altri mutanti
insensibili all'etilene

ERS1

ETR2

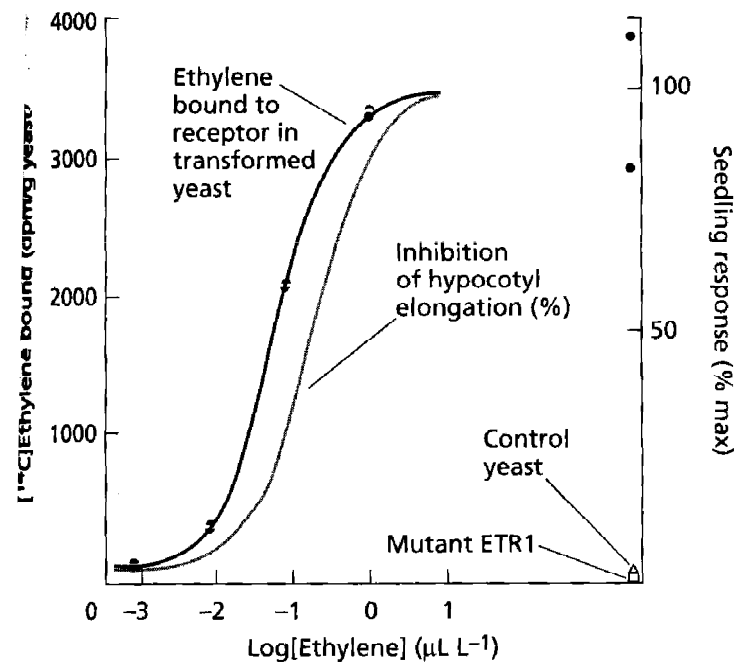
ERS2

EIN4



quale ruolo svolge ETR1?

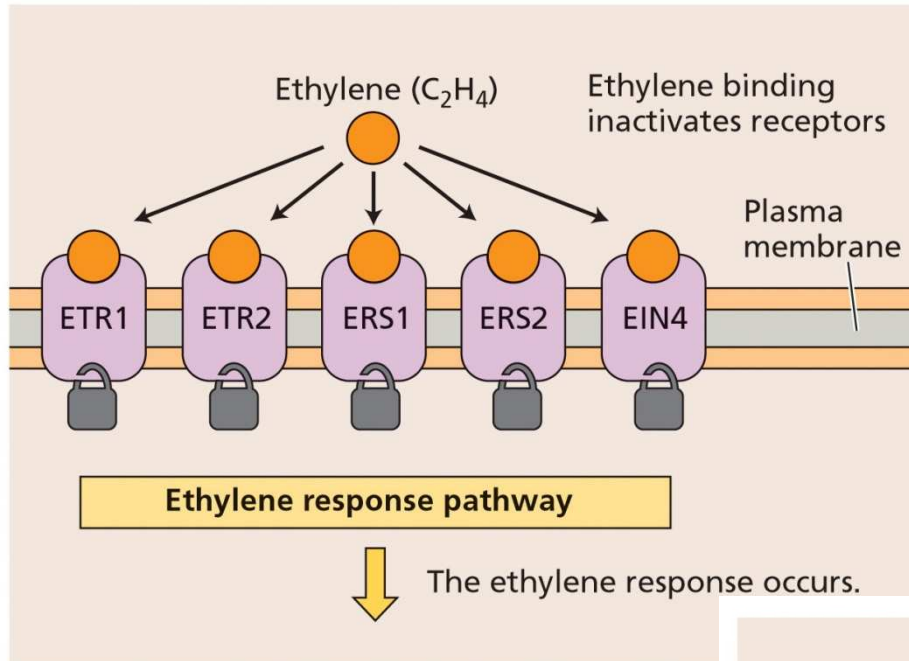
→ espressione ETR1 in cellule di lievito



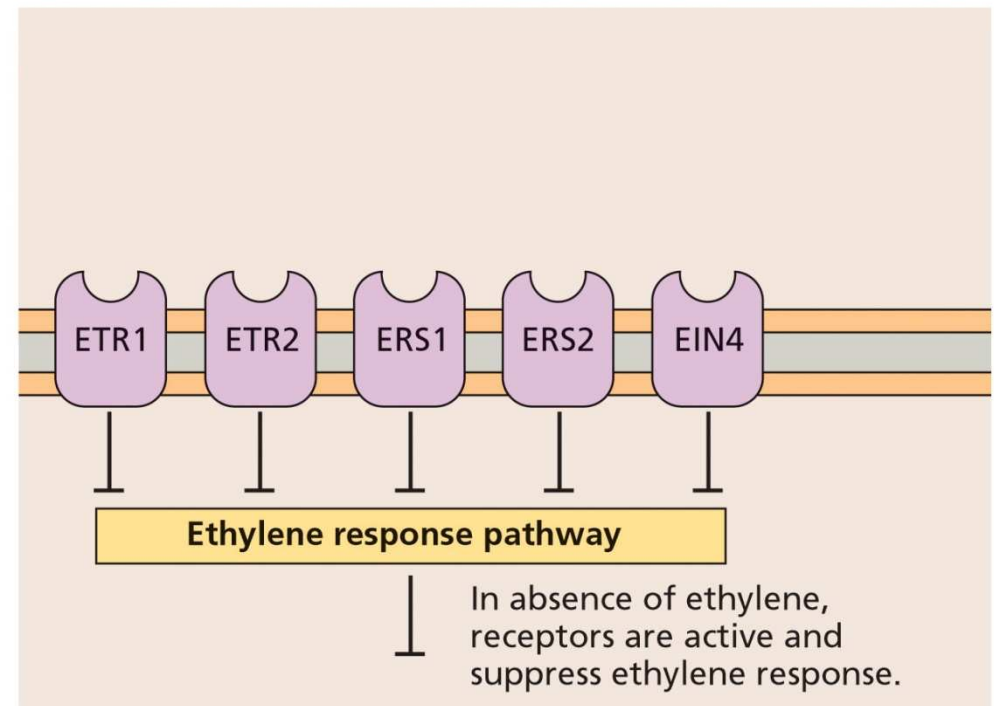
la cinetica di legame è simile a quella della risposta fisiologica della pianta

→ sovraespressione in Arabidopsis: aumento della capacità di legame dell'etilene

MECCANISMO DI AZIONE



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 22.14 (f)



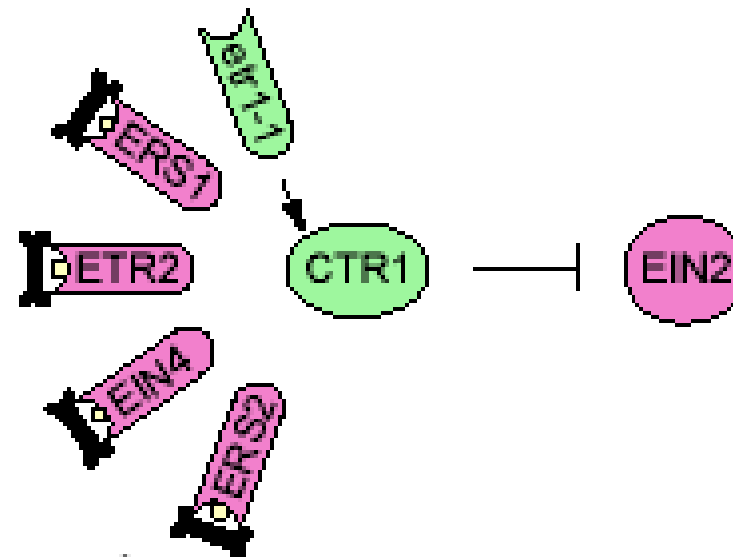
PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 22.14 (Part 2) © 2002 Sinauer Associates, Inc.

MECCANISMO DI AZIONE

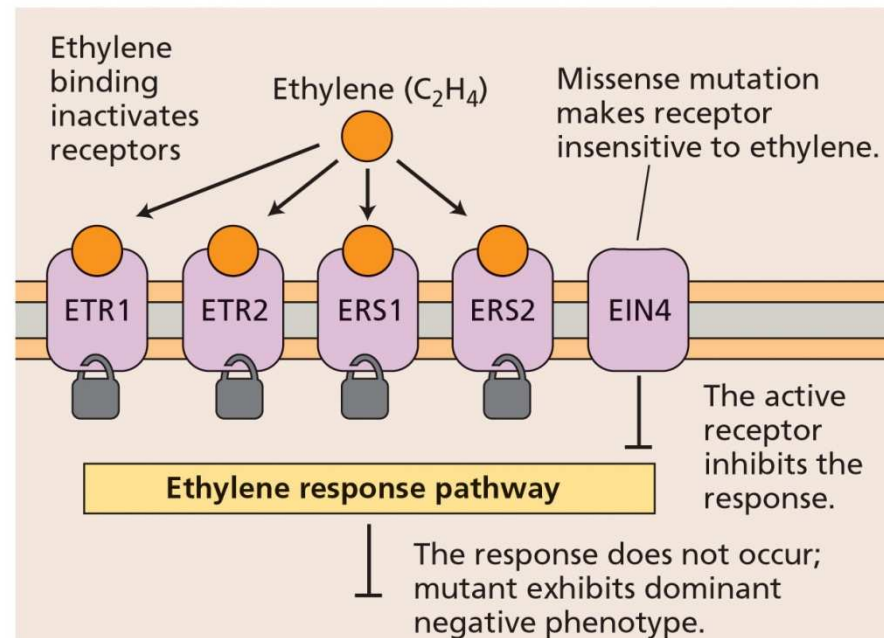
Mutante *etr1*

se ETR1 è mutato, e quindi insensibile all'etilene, attiva CTR1 anche in presenza di etilene

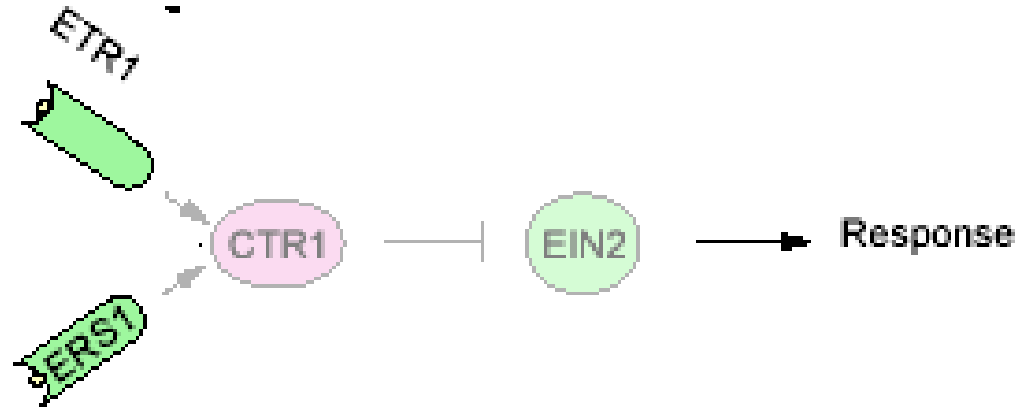
**NON SI HA RISPOSTA
TRIPLA ANCHE IN
PRESENZA DI C_2H_4**



mutazione gain of function

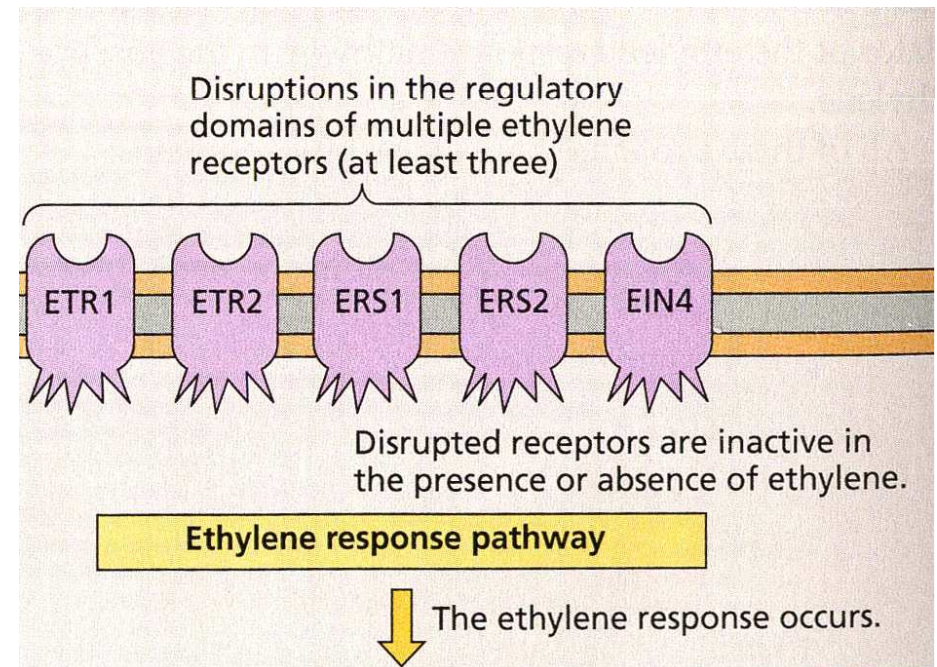


MECCANISMO DI AZIONE



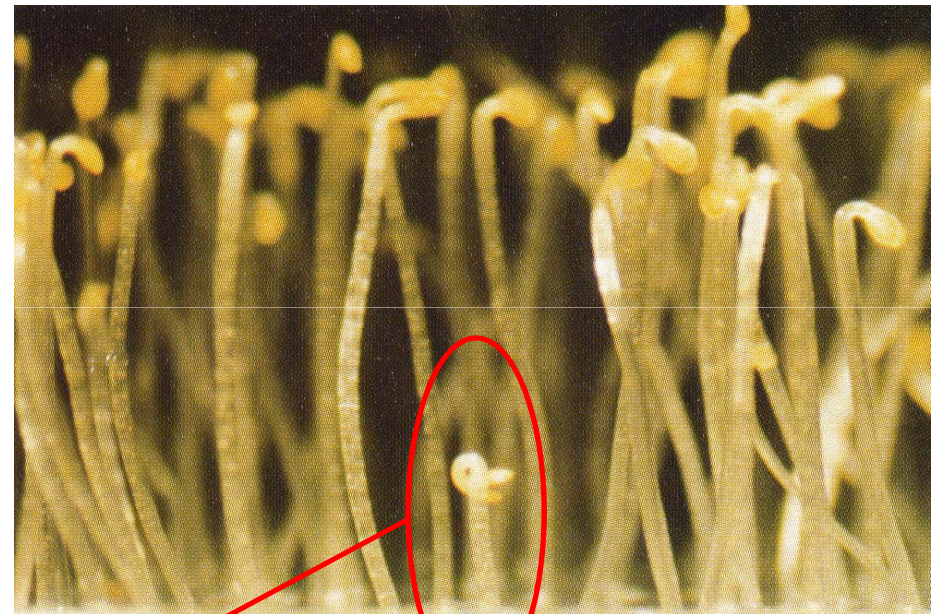
**Fenotipo a
risposta costitutiva**

La mutazione loss of function dei recettori dell'etilene produce una risposta costitutiva in presenza e in assenza di etilene, infatti CTR1 è sempre in uno stato inattivo



Mutante *ctr1* (costitutive triple response 1)

Dopo aver mutagenizzato (EMS) le
piantine di *Arabidopsis* erano
cresciute 3 giorni al buio in
presenza di aria



Il mutante mostra risposta tripla
anche in assenza di etilene

CTR1

MECCANISMO DI AZIONE



CTR1

alta omologia con
le protein chinasi
tipo Raf

MAPKKK

(Mitogen-activated
protein kinase kinase
kinase)

MECCANISMO DI AZIONE

