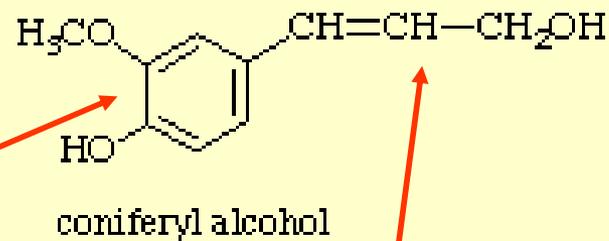
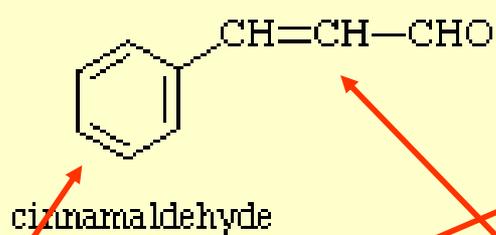


I COMPOSTI FENOLICI COMPLESSI:

I FENILPROPANOIDI

Esempi:

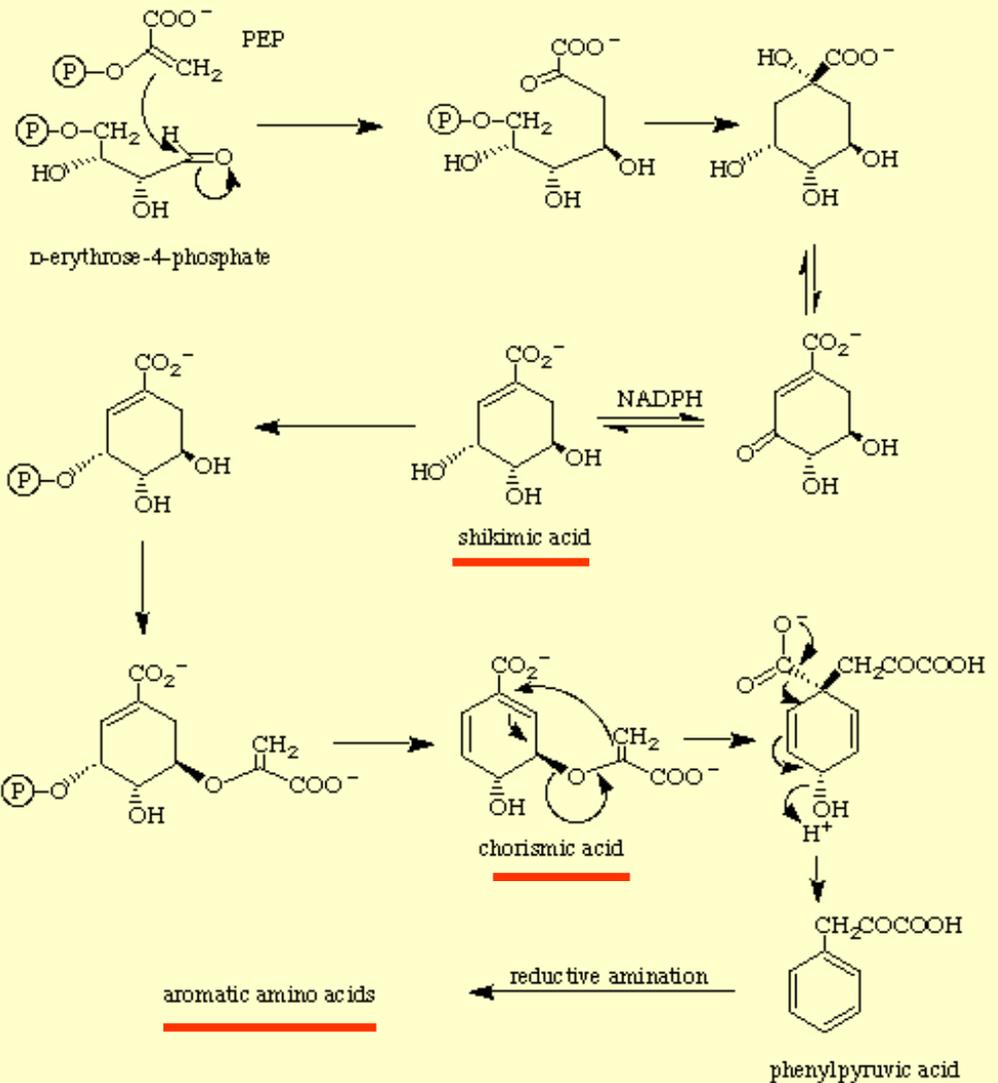


1) **Gruppo fenilico** (in pratica un fenolo variamente sostituito)

2) **Gruppo derivante dal propano**
(alchene a 3 atomi di carbonio, anch'esso variamente sostituito).

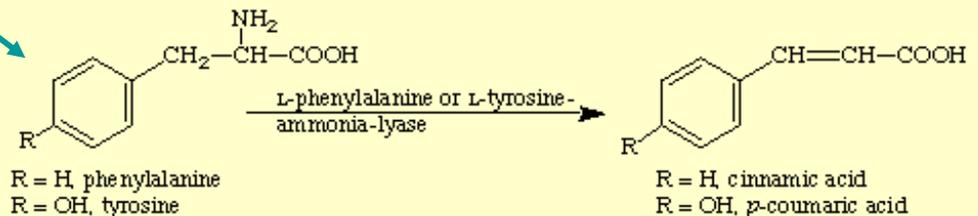
Ovviamente, per la loro biosintesi, i fenilpropanoidi derivano dalla via dell'acido scichimico (la stessa degli aminoacidi aromatici) che parte da eritrosio 4 fosfato e fosfoenolpiruvato.

Proprio dopo la formazione degli aminoacidi aromatici Phe e Tyr si formano i fenilpropanoidi.



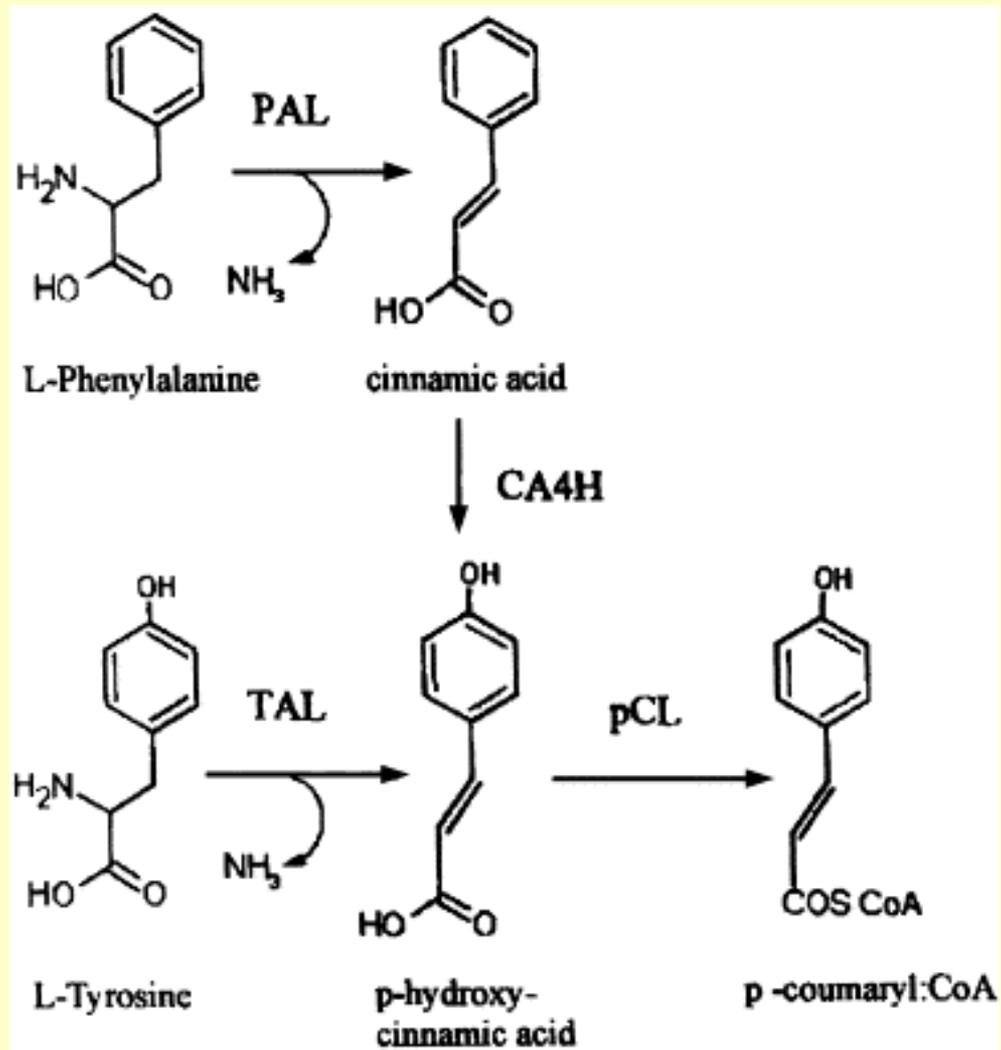
AA aromatici:

I° step: deaminazione Phe o Tyr ammonia-liasi.



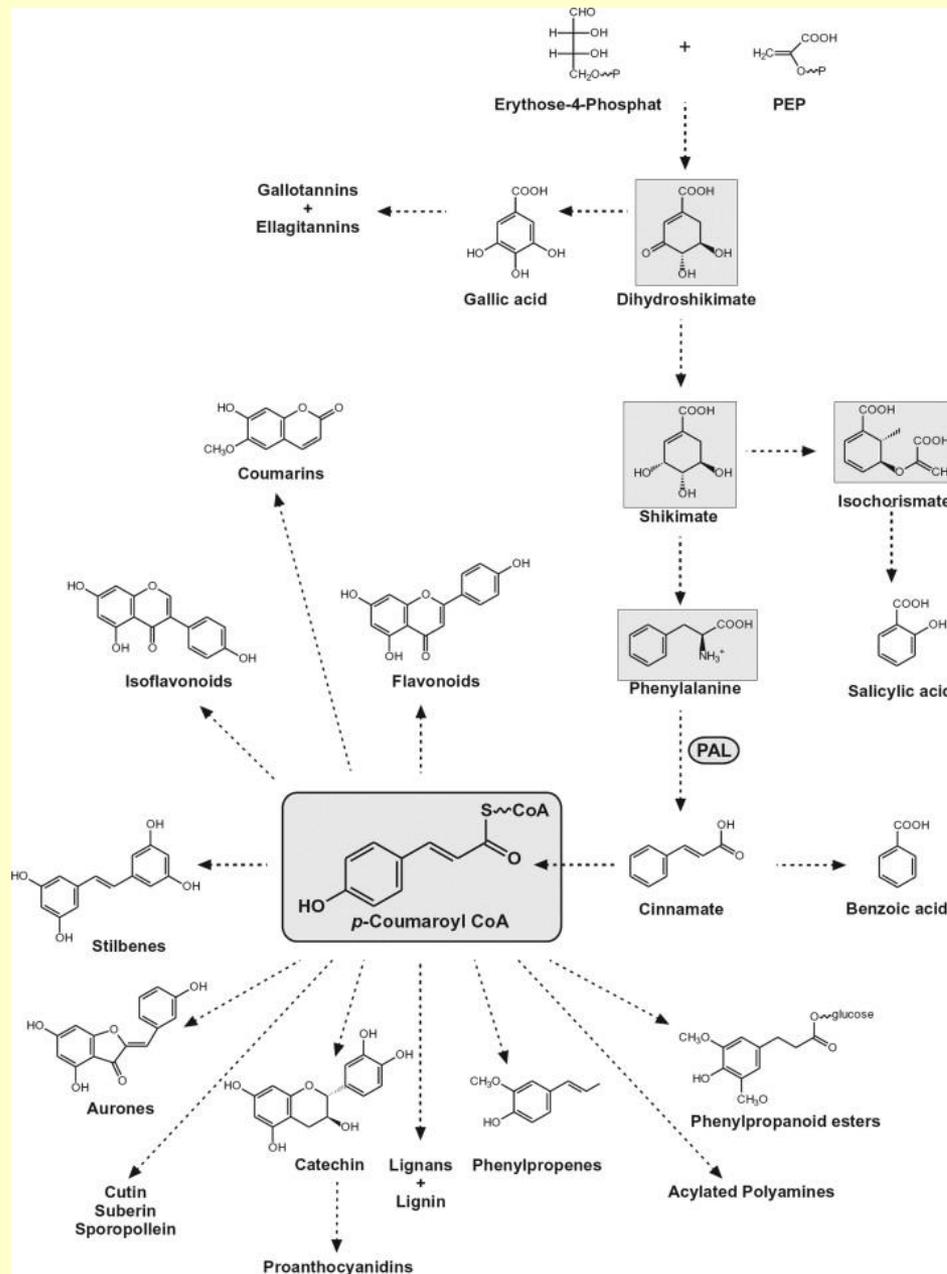
Deaminazione: Phe o Tyr ammonia-liasi....

Si giunge comunque al cumaroilCoA



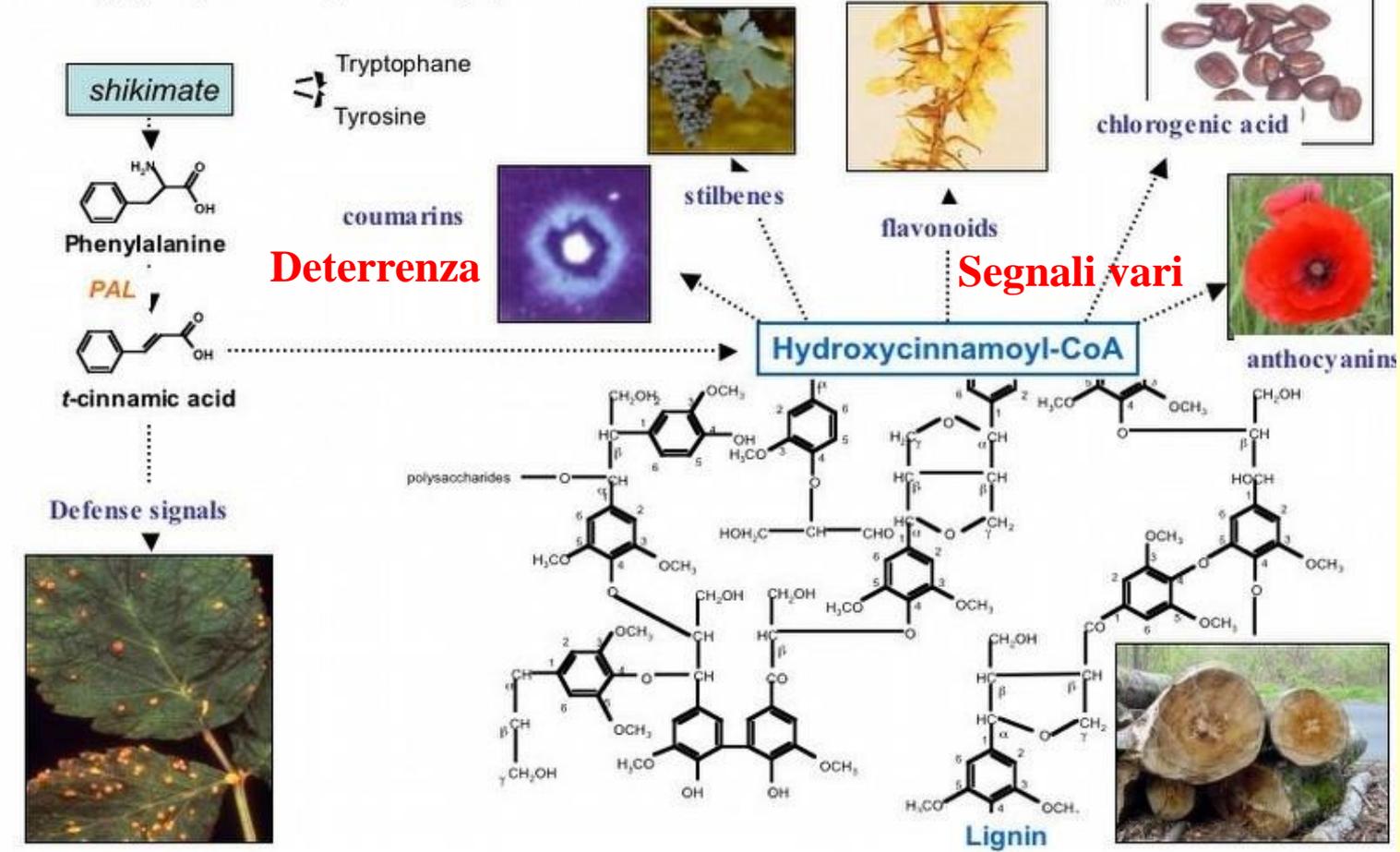
Poi “rimaneggiamenti”
vari a seconda di cosa
deve essere sintetizzato.

Tutte le varie classi
derivano dal
cumaroylCoA!!!!



Tante classi per tante funzioni.....

Phenylpropanoid pathway provides a wide variety of natural products



Protezione da patogeni

Funzione strutturale

Fenilpropanoidi: significato fisiologico ed ecologico

Componenti strutturali
(es: Lignina)

Molecole segnale
(es rizobi!)

Pigmenti non fotosintetici
(principalmente flavonoidi)

Antistress

Biotico

Abiotico

Es: Fitoalessine
antipatogene

ES: Antiossidanti
Filtri UV

Una delle classi più rappresentative dei FENILPROPANOIDI:

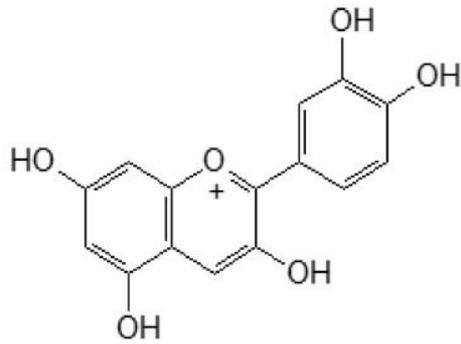
Flavonoidi

Il nome di questa classe di fenilpropanoidi deriva dalla parola latina *flavus* che significa giallo, il loro colore predominante in natura

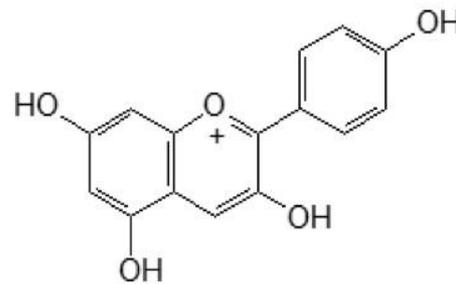
Generalmente noti per conferire **colore ai fiori** (giallo, rosso, blu e porpora... impollinazione e dispersione dei semi),



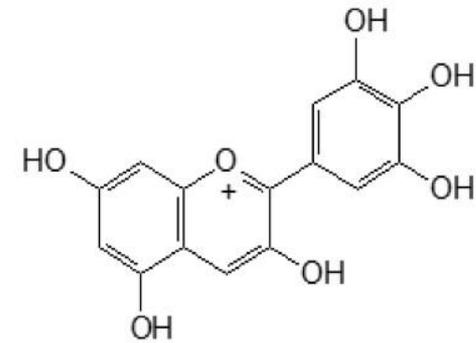
Tanto per colorare un po'....



Cyanidin
(dark – red/pink)



Pelargonidin
(bright – red/orange)



Delphinidin (blue/violet)



Ad ognuno il suo colore!!!!

Ognuno è sensibile a seconda della propria visione...

Quindi: VEDIAMO LA REALTA' O VEDIAMO LA FITNESS?

Pollinator	Colour preference	Note	Pigment
bees	yellow and intense white blue	insensitive to red, vision in UV	carotenoids, flavonol, delphinidin
butterflies	bright colours, red and purple		pelargonidin
moths	red and pink	night activity	pelargonidin, peonidin
flies	pale, brown, purple, green	„chequered“ patterns	cyanidin, carotenoids, chlorophyll
beetles	pale, cream-coloured, green	bad colour vision	flavones, chlorophyll
wasps	brown		cyanidin, carotenoids
bats	white, green, pale	no colour vision	flavones, chlorophyll
mice	pale colours	night activity	
birds	bright colours, bicolour red/ yellow	sensitive to red	pelargonidin

Comunque ad ogni colore la sua funzione....

La combinazione di pigmenti diversi è strategia comune dei fiori!!!

Different function of colours

- *Rudbeckia* – pollinated by bees (yellow flowers)
- 2 types of pigments:
- **carotenoid s** – yellow colour (day light), large flower visible from long distance
- **flavonoid s** – guide the bee in UV light directly to nectar sources (honey guide)



In daylight



Carotenoid uniformly distributed

In UV light



Quarcegetin derivatives localized around flower centre

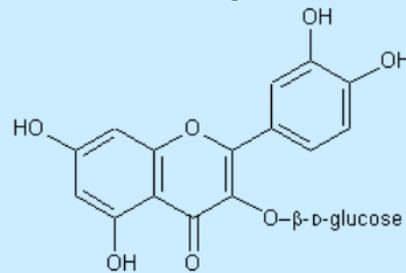
Combination of pigments is a common strategy of flowers.

Alcuni di questi flavonoidi sono anche stimolanti vari del feeding degli insetti!

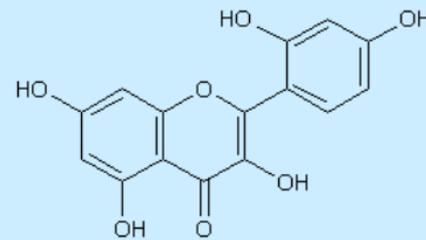
Le piante sono grandi manipolari...

Fagostimulants

- stimulate insects to feeding; some are necessary for growth and development (sugars, sitosterol), others are recognition signal (taste stimuli)
- silk moth (*Bombyx mori*) – feeds exclusively on mulberry

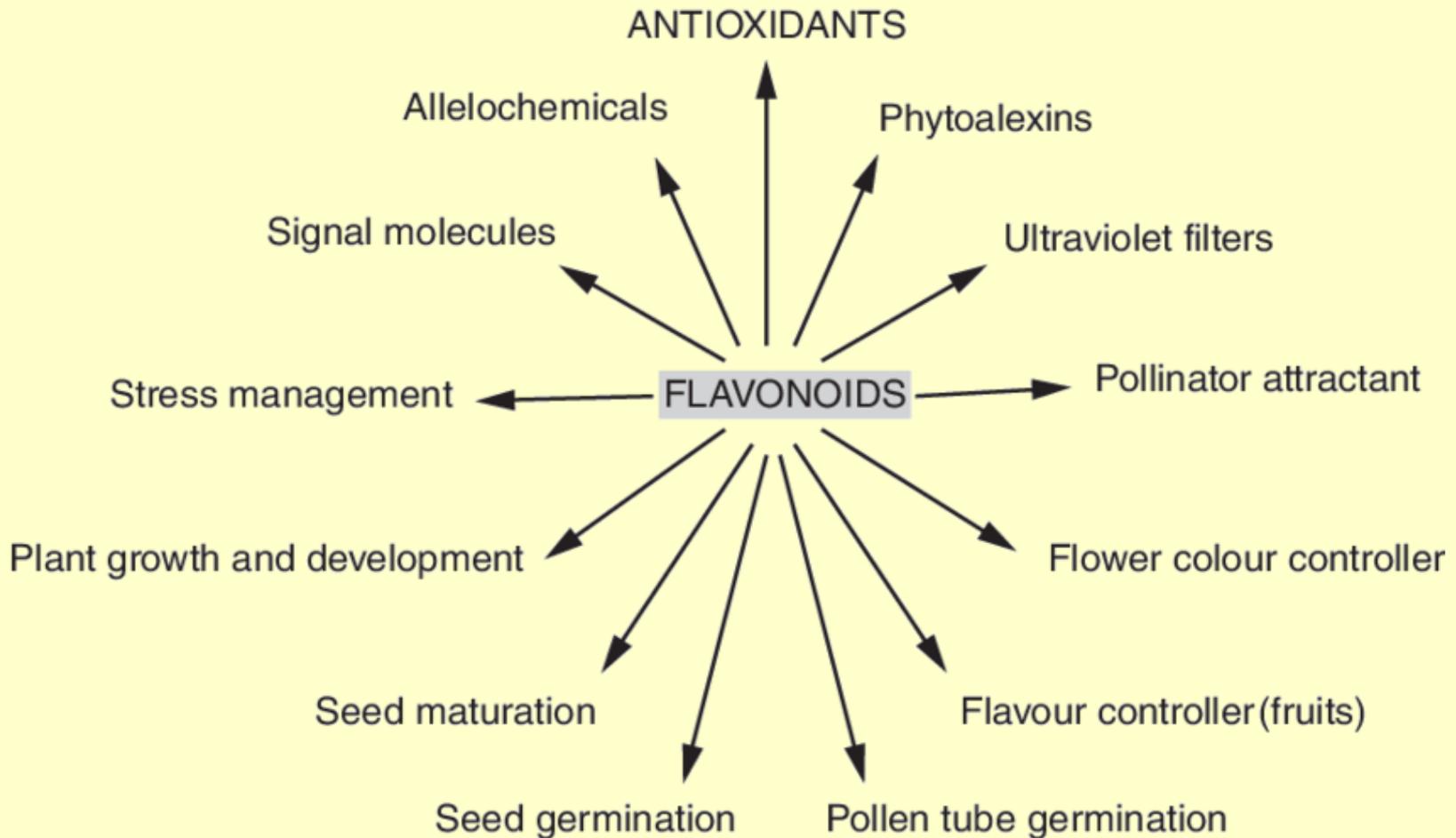


isoquercitrin



morin

Oltre all'impollinazione hanno anche ruoli altrettanto fondamentali in:
Crescita, sviluppo, cross-talking, difesa da microrganismi ed erbivori, difesa da stress abiotico....



Davvero un sacco di ruoli....

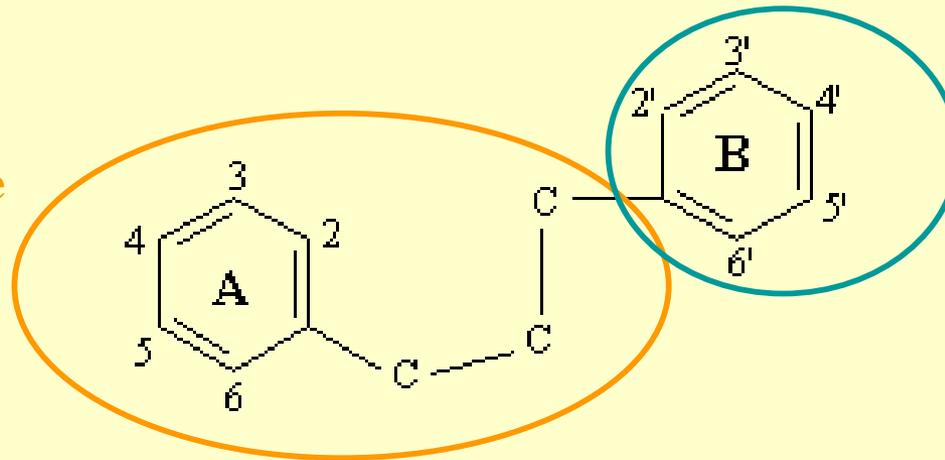
Flavonoidi

Caratteristiche chimiche:

I composti di questa classe sono polifenoli a **15 atomi di carbonio**.

In pratica, rispetto alla formula base dei fenilpropanoidi, **il gruppo del propano ha come sostituente un altro gruppo aromatico**, quindi: **due anelli benzenici sono uniti fra loro da una catena lineare a 3 atomi di carbonio**.

Fenilpropanoide



Sostituente aromatico

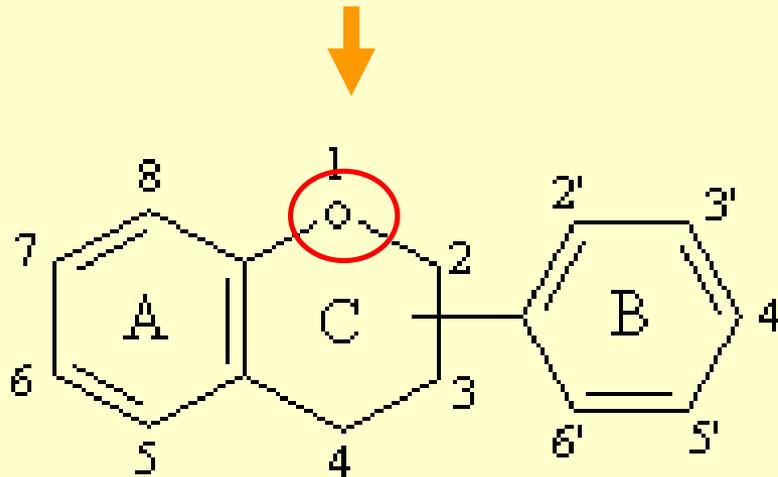
Questo scheletro è generalmente rappresentato dal sistema:

C6 - C3 - C6

Ma ciò ancora non basta per avere un flavonoide vero.....

Nei **flavonoidi** lo scheletro a C₁₅ è ciclizzato anche al centro (chromane ring) con un **O** e l'anello B può trovarsi in posizione 2, 3 o 4.

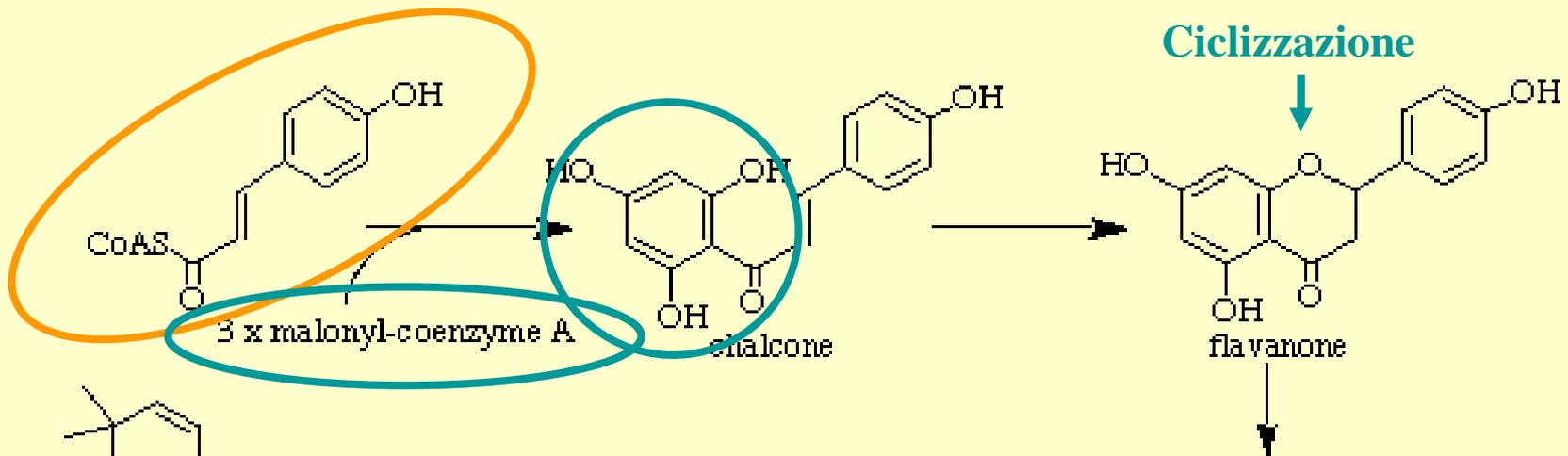
Ulteriore ciclizzazione



BIOSINTESI DEI FLAVONOIDI

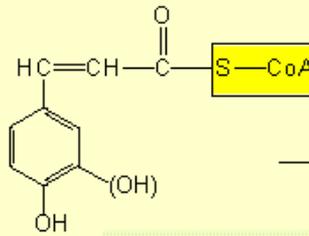
La parte del **gruppo fenilpropanico** deriva dalla **via dell'acido scichimico**, il resto deriva dall'**acetato**.

Partenza: CumaroilCoA...

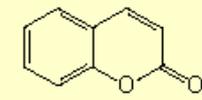


**Precursore
dei
flavonoidi**

Fenilpropanoidi

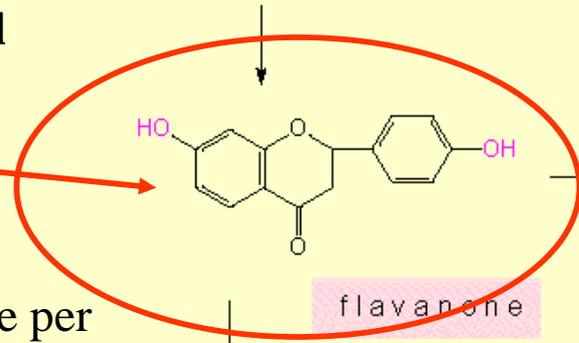


coumaryl-S-CoA

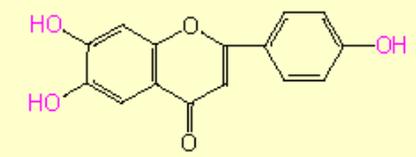


coumarin

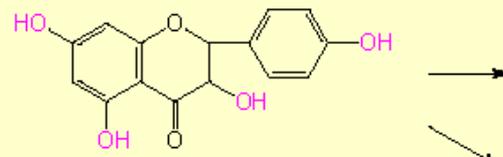
La struttura base dei flavonoidi deriva dallo scheletro C15 del flavanone, poi variamente modificato.



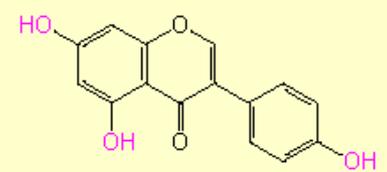
flavanone



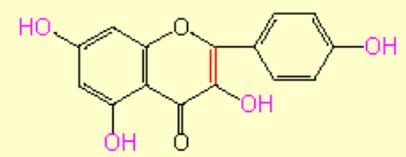
flavone



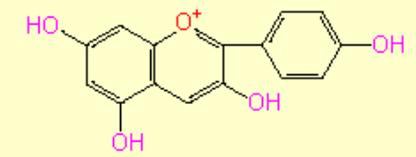
dihydroflavonol



isoflavone



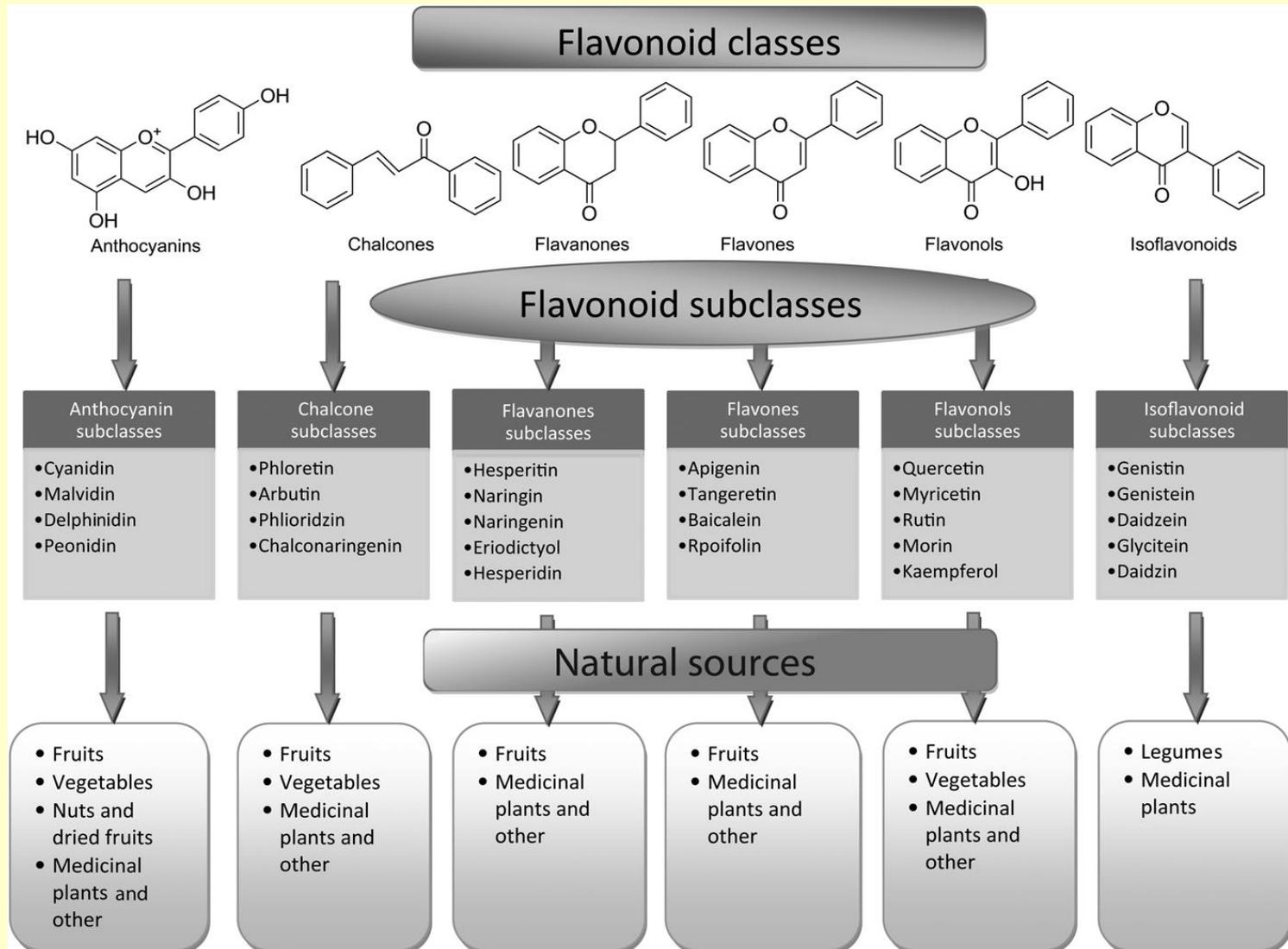
flavonol



anthocyanidine

Tantissimi enzimi diversi in tantissime combinazioni diverse per formare tantissimi metaboloni diversi... e tantissimi flavonoidi e isoflavonoidi diversi!!

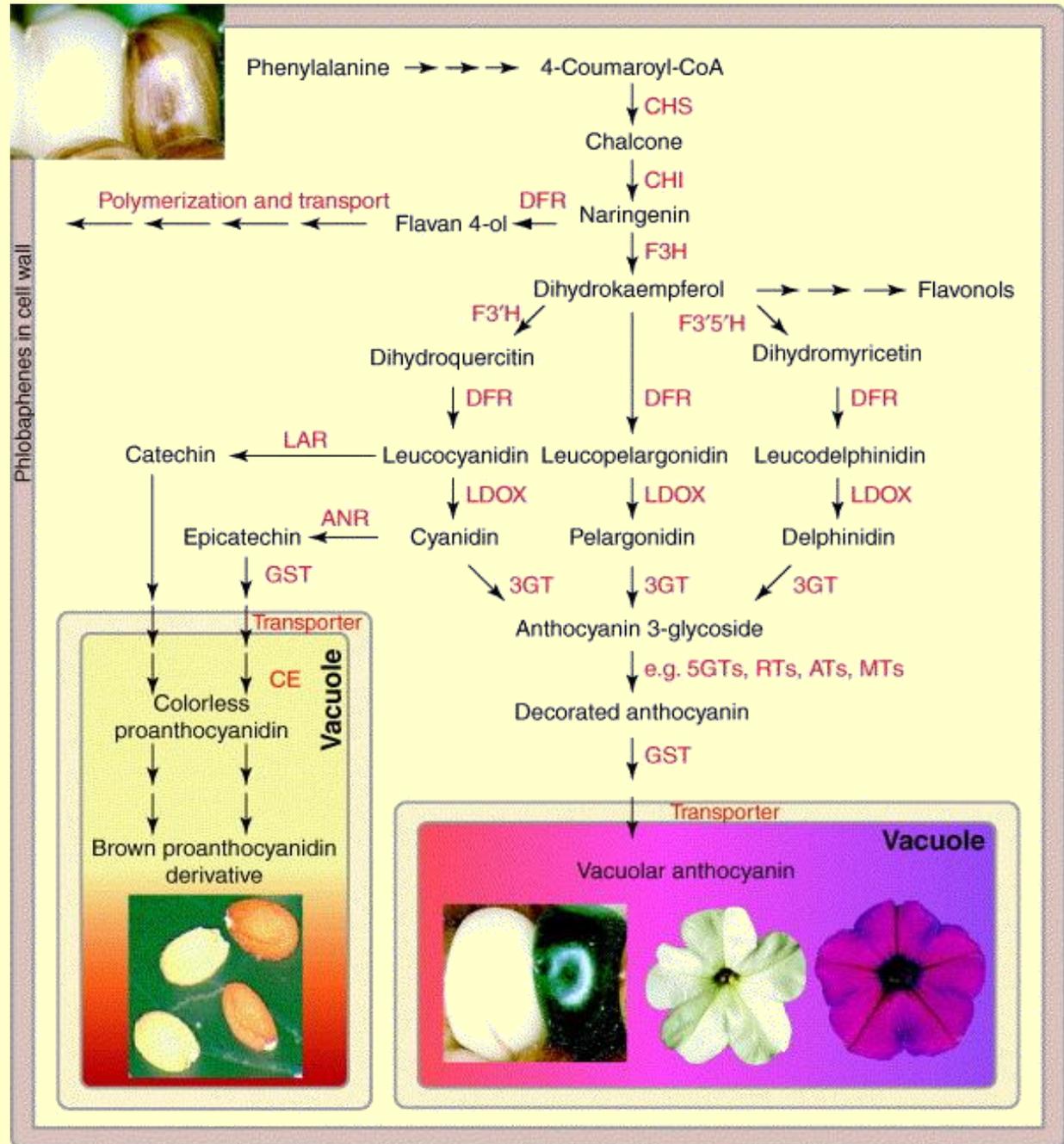
Flavonoidi: Divisione in classi e sottoclassi con strutture simili...



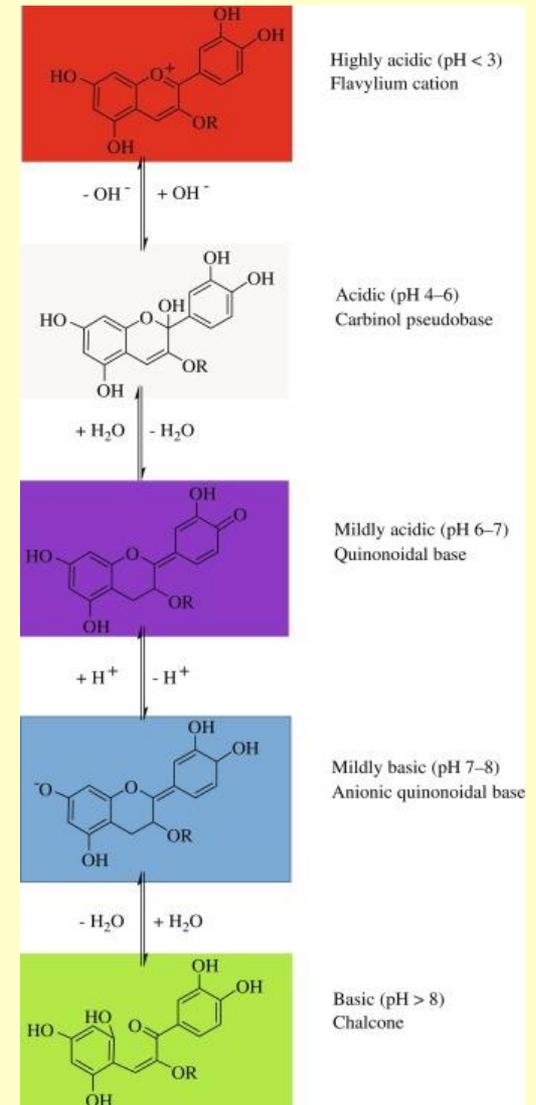
I flavani
polimerizzati si
accumulano
nella parete

Stanno nei vacuoli!!!!
O nella parete...

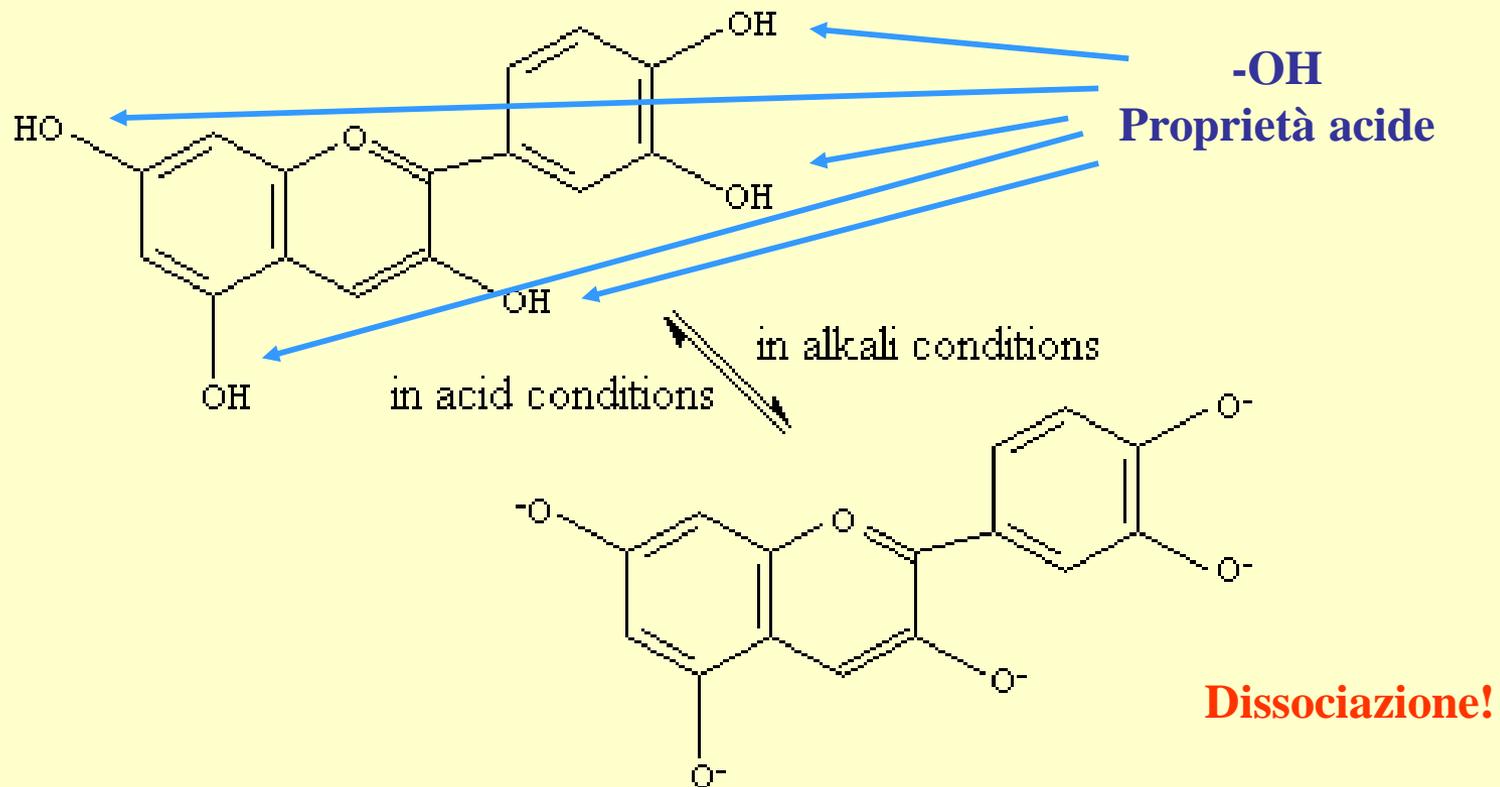
**Non proprio tutte le
classi sono colorate
(almeno per noi!).**



I Flavonoidi possono cambiare colore...

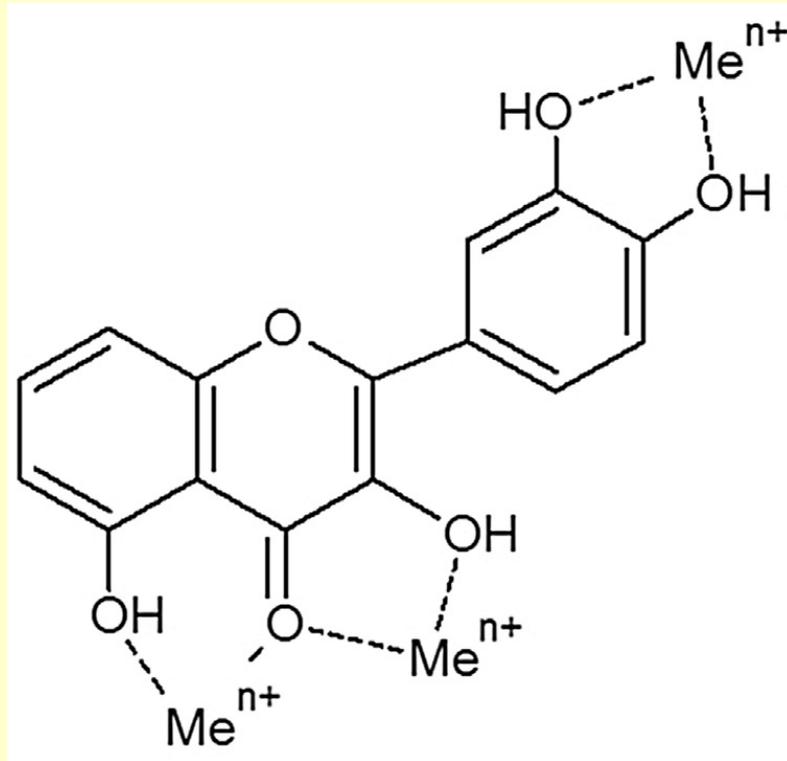


Cambiamento del colore a seconda del pH.



Nella molecola dissociata le proprietà elettroniche sono ovviamente diverse.....

Cambiamento del colore a seconda del legame con ioni metallici.



La coordinazione con gli ioni cambia ugualmente le proprietà elettroniche.....

Es: Gli Antociani sono generalmente rossi o gialli ed il loro colore dipende dal pH e diventano blu quando chelano alcuni ioni metallici (es. Fe^{3+} o Al^{3+}).

Sintesi e compartimentalizzazione dei flavonoidi

Metabolone sul reticolo endoplasmatico, poi vescicolazione al vacuolo o alla parete anche attraverso il golgi.

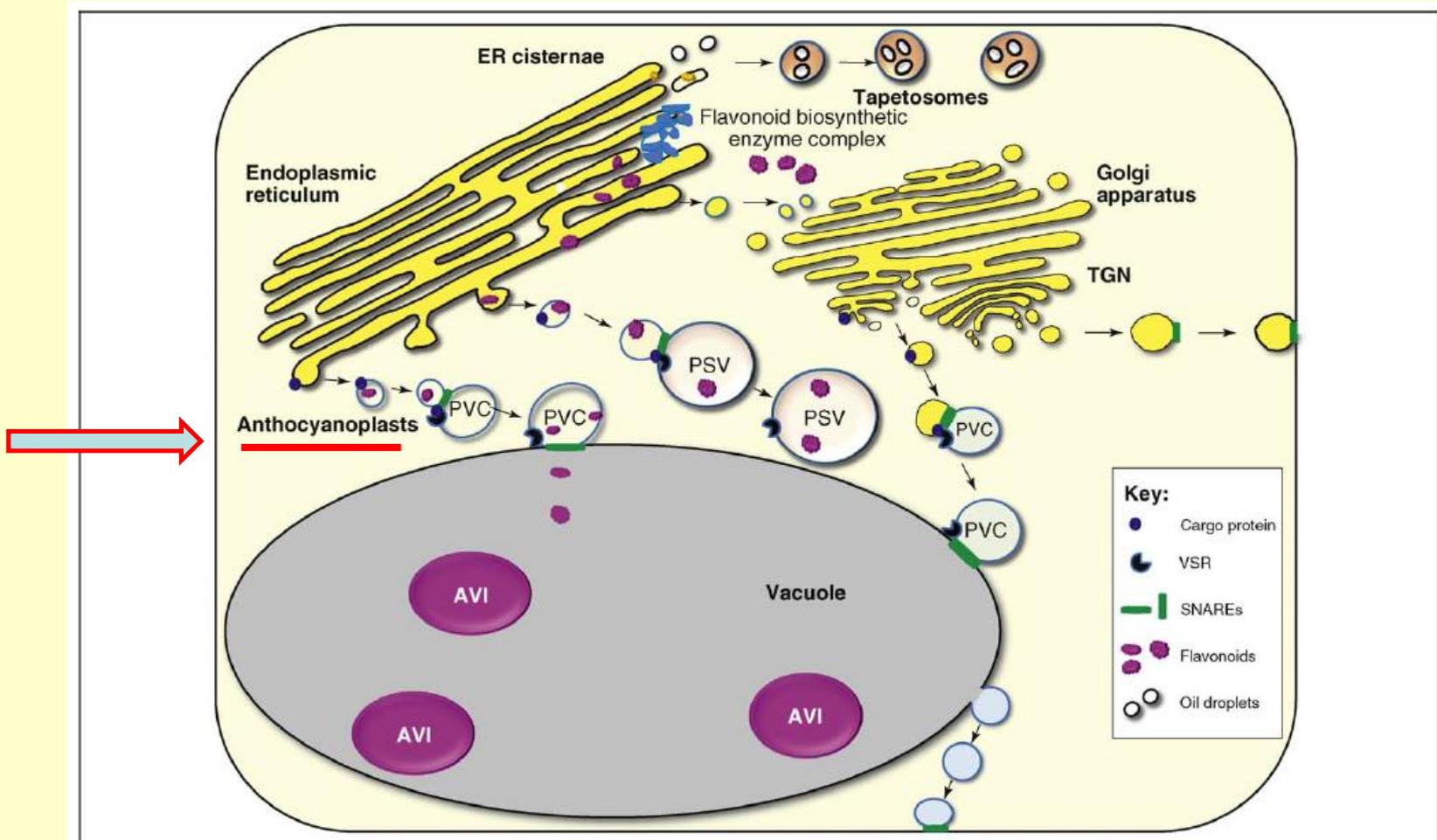
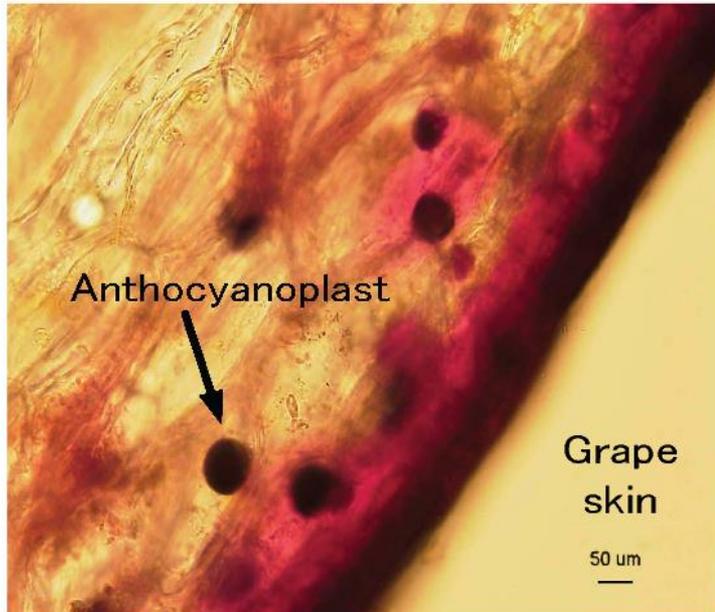


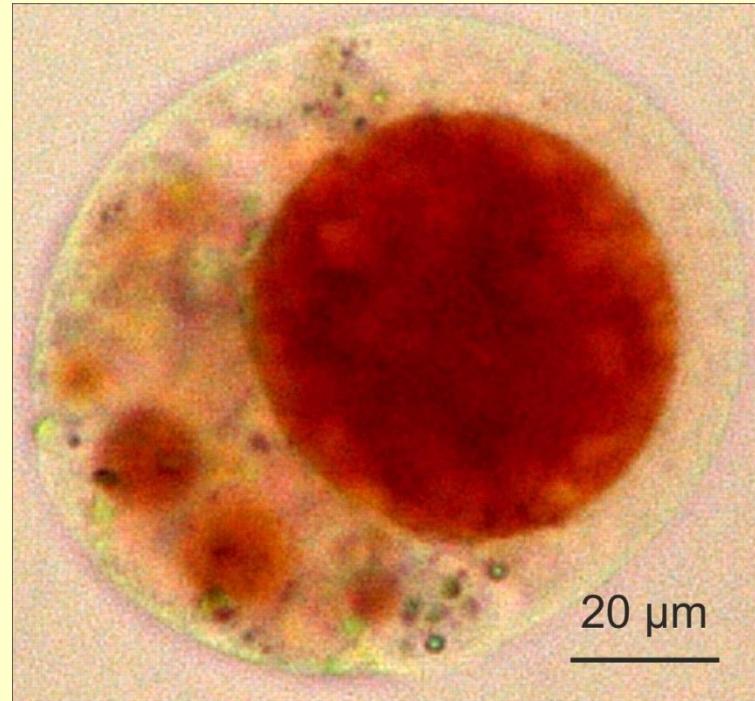
Figure 1. Proposed models for vesicle-mediated transport of flavonoids. Anthocyanoplasts have been proposed to transport anthocyanins to the central vacuole, probably by fusion into PVCs, in grapevine, red cabbage and lisianthus epidermal cells. In *Arabidopsis* leaves, a TGN-independent, ER-derived vesicle-mediated flavonoid transport directly from ER to PSVs has been proposed. In anther tapetum cells of Brassica and *Arabidopsis*, cytoplasmic vesicles called tapetosomes transport ER-derived flavonoids. The general protein secretory pathway involves trafficking of transport vesicles from the ER to the *cis*-face of the Golgi apparatus, followed by release through TGN vesicles to destinations such as the vacuole and plasma membrane. These processes involve recognition of cargo molecules by vacuolar sorting receptor (VSR)-mediated docking, and SNARE-mediated vesicle fusion. However, so far there is no genetic evidence linking this general secretory pathway to flavonoid transport. AVIs of various shapes are often found inside the vacuole without a membrane boundary; these contain membranous substances and proteins, and thus might be anthocyanin storage bodies.

Vescicole e vacuoli...

treatment.

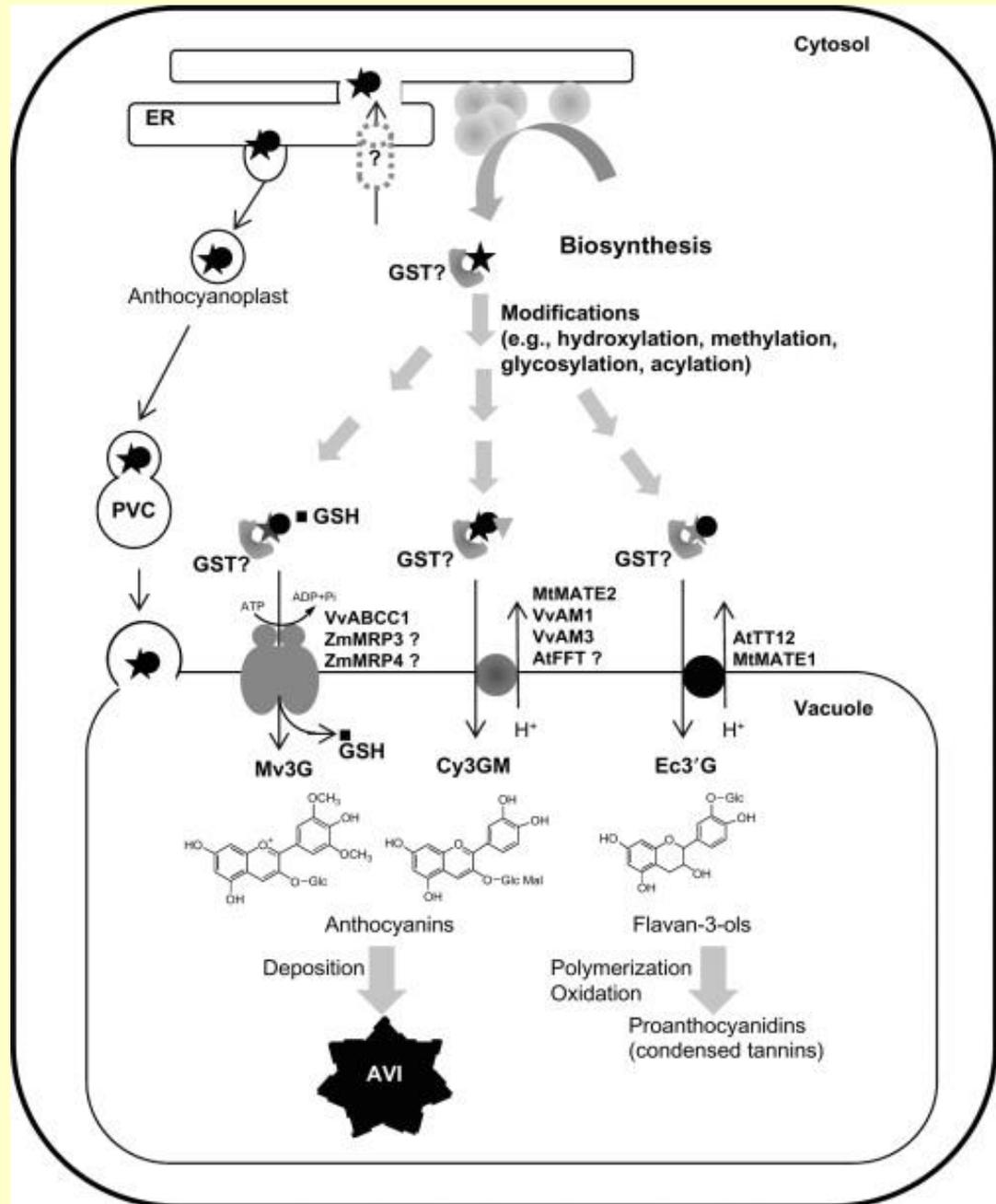


(a) Control



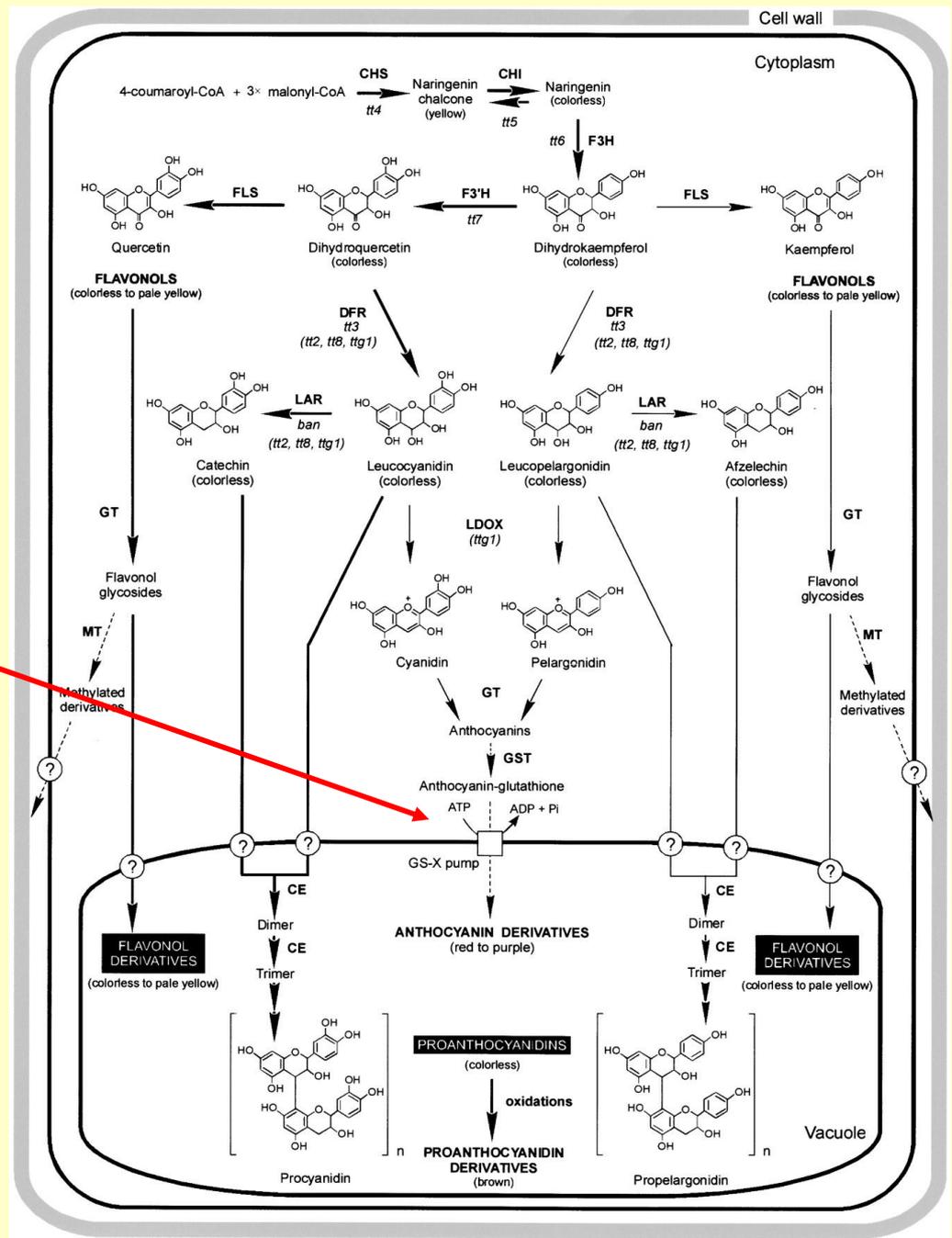
Non solo
vescicole, ma
anche
trasportatori
veri e propri!

In & out.



I trasportatori sono ancora poco caratterizzati, sembra comunque che in alcuni sia trasportato un complesso flavonoide-glutatione.

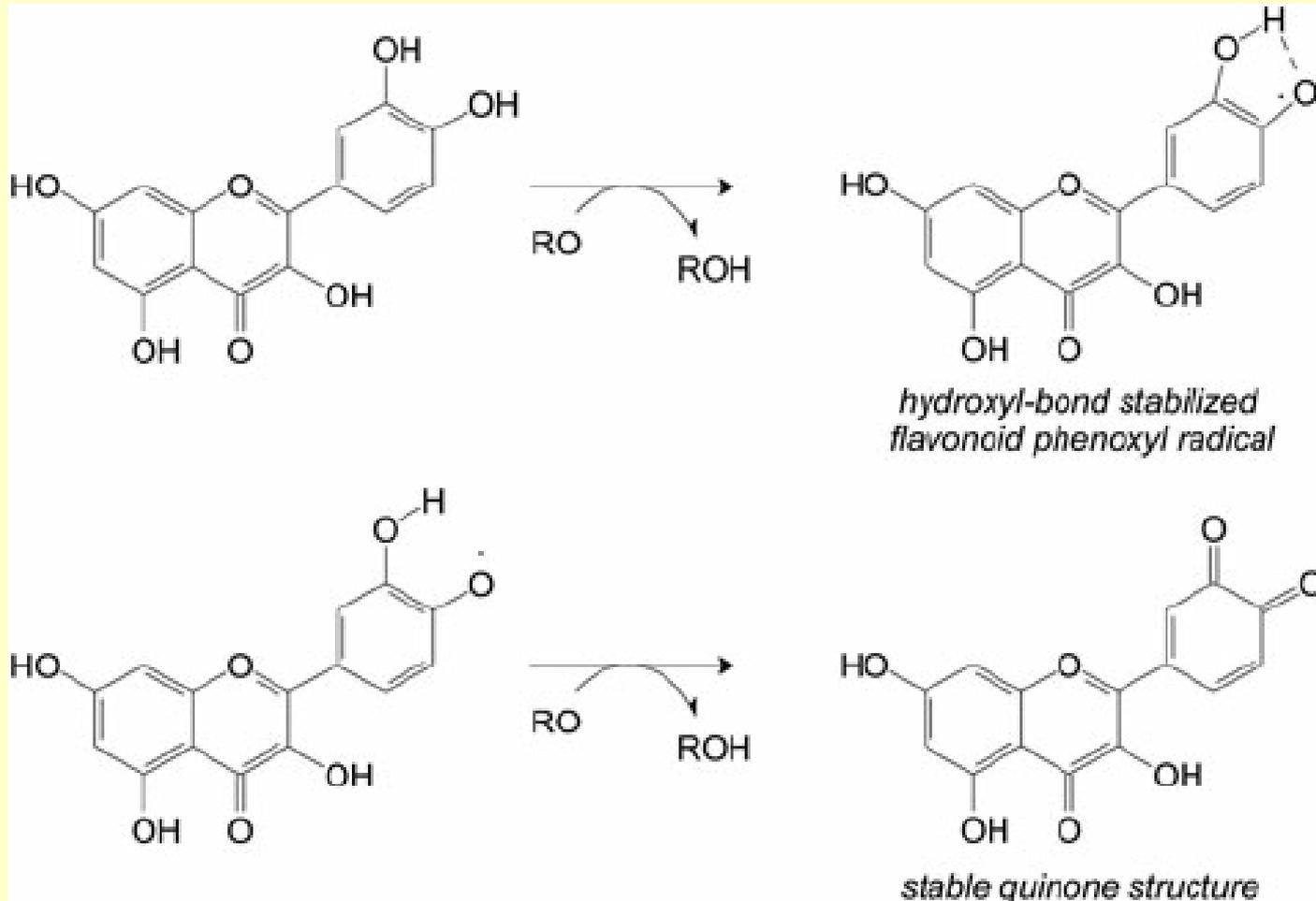
GST: glutathione S-transferase
 Attacca il GSH al flavonoide!



Le più importanti classi di flavonoidi: ogni classe un significato biologico

class	number of known members	biological significance (so far as known)
anthocyanin(s)	250	red and blue pigments
chalcones	60	yellow pigments
aurones	20	yellow pigments
flavones	350	cream-coloured pigments of flowers
flavonols	350	feeding repellents (?) in leaves
dihydrochalcones	10	some taste bitter
proanthocyanidins	50	astringent substances
catechins	40	some have properties like those of tannins
biflavonoids ?	65	?
isoflavonoids	15	oestrogen effect, toxic for fungi

Caratteristica comune di quasi tutti i flavonoidi è la loro attività antiossidante!!!!

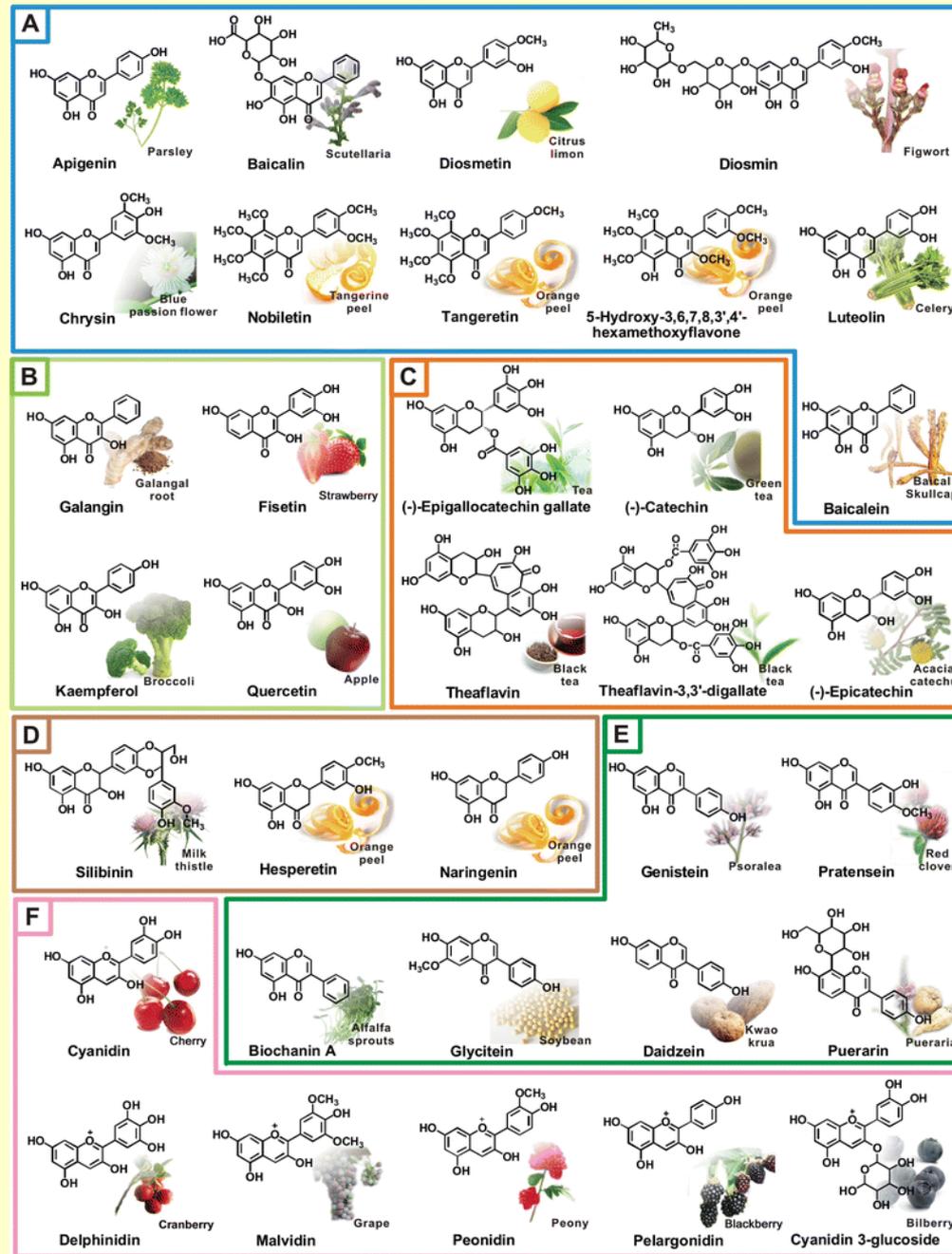


Quindi..... sono essenziali antiossidanti per la nostra **dieta!**

In campo medico sono accertati vari effetti positivi dei flavonoidi:

- effetti antiossidanti:** proteggono le cellule dai **danni causati dai radicali liberi**, che si sviluppano soprattutto a causa dell'esposizione dell'organismo a fumo di sigaretta, alcolici, stress, agenti inquinanti, radiazioni ionizzanti, raggi UV, additivi chimici ed infezioni;
- effetti cardiovascolari:** sono utili nella cura dell'ipertensione arteriosa e nella prevenzione di ictus cerebrale ed infarto del miocardio, grazie alla **riduzione dell'ossidazione delle lipoproteine** ed altri effetti antiaterogeni ed antitrombotici;
- effetti neuroprotettivi:** prevengono e rallentano l'**invecchiamento** del cervello e delle malattie neurodegenerative;
- effetti immunoprotettivi:** aiutano il sistema immunitario a difendere l'organismo dalle infezioni virali e batteriche, specie durante i periodi di forte stress;
- effetti antitumorali:** diminuiscono i **danni al DNA** prevenendo il cancro;
- effetti antinfiammatori:** inibiscono la sintesi delle **prostaglandine**, facendo avvertire meno i sintomi dolorosi di una infiammazione cronica.

Distribuzione dei «bioflavonoidi» nei cibi.



Cibi ricchi di flavonoidi in generale



- vegetali in genere;
- frutta fresca;
- verdura fresca;
- cipolla;
- soia;
- trifoglio rosso;
- finocchio;
- grano saraceno;
- mirtillo;
- centella asiatica;
- ippocastano;
- pungitopo;
- vite rossa;
- propoli;
- cardo mariano;
- vino;
- tè (specie il nero ed il verde);
- cacao;
- derivati del cacao (specie il cioccolato fondente ad elevata %);
- frutti di bosco;
- agrumi;
- ciliege;
- olio di oliva spremuto a freddo consumato a freddo;
- aglio;
- pomodori;
- radicchio;
- cavoli;
- broccoli.



Il Colore dei cibi è fondamentale: flavonoidi vari ed altri nutraceutici



MANGIARE I CINQUE COLORI DIVERSI OGNI GIORNO...

LA VITA è COLORE!

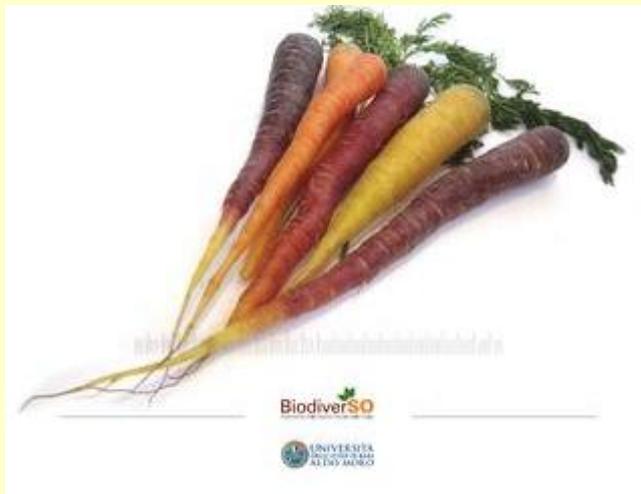
Cottura dei cibi e flavonoidi

E' importante ricordare che i flavonoidi, come tutti i polifenoli, hanno bassa biodisponibilità: la cottura – specie quella ad elevata temperatura – abbatte infatti in modo considerevole la concentrazione di polifenoli nei cibi.

Per assicurarsi la maggior quantità di flavonoidi possibile è quindi consigliato consumare **cibi freschi o usare la cottura a vapore o la bollitura, evitando cotture ad elevate temperature (non più di 100°C)**... quindi niente forno!



Ingegneria genetica per produrre vegetali ad alto contenuto di flavonoidi:
piante come “farmaci naturali”.



Ruoli dei flavonoidi:

I flavonoidi e lo stress da UV

Le piante sono esposte alla radiazione solare

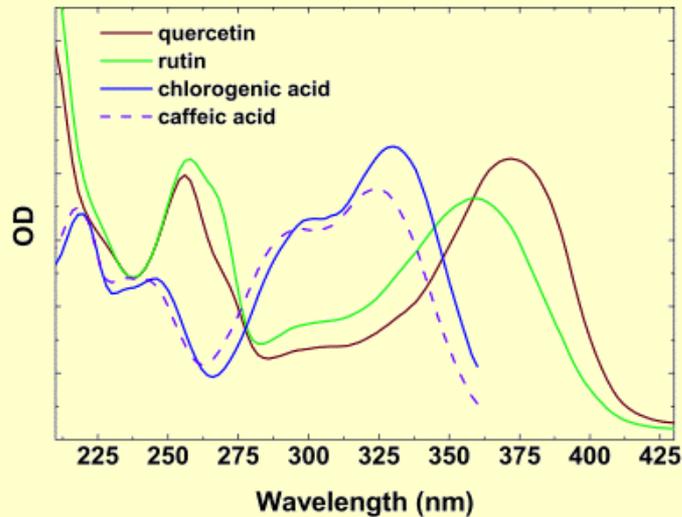
UV-B (280–320 nm)

che può avere effetto ionizzante su DNA (dimerizzazione della timina), proteine e membrane, portando **all'alterazione del metabolismo attraverso la generazione di radicali liberi.**

I flavonoidi e lo stress da UV

Sono la classe di metaboliti secondari che maggiormente assorbono le radiazioni UV.

high absorptivity at **250-270** and **335-360** nm



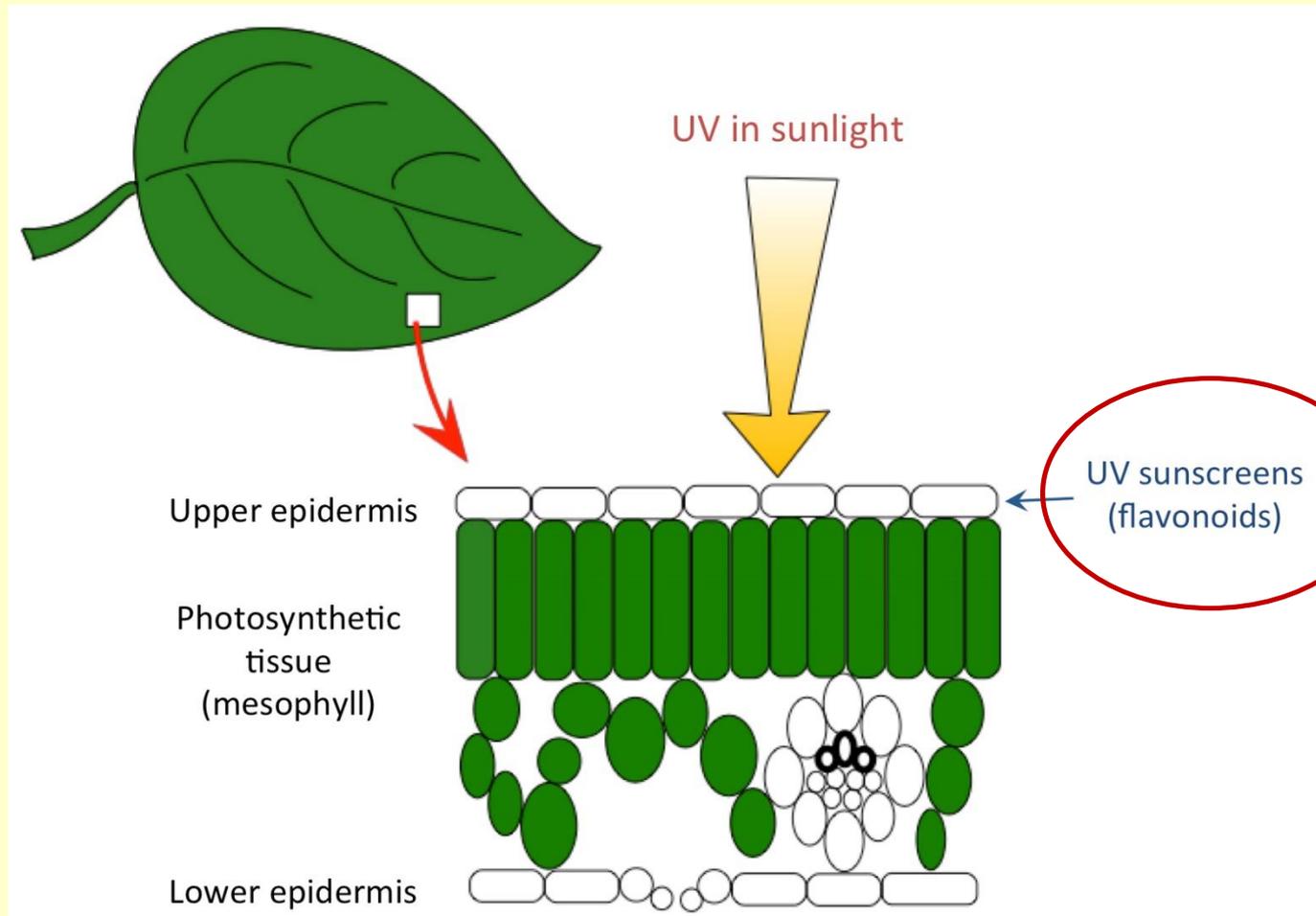
**Schermi solari
come ruolo primario**

Mutanti mancanti degli enzimi per la biosintesi dei fenilpropanoidi:

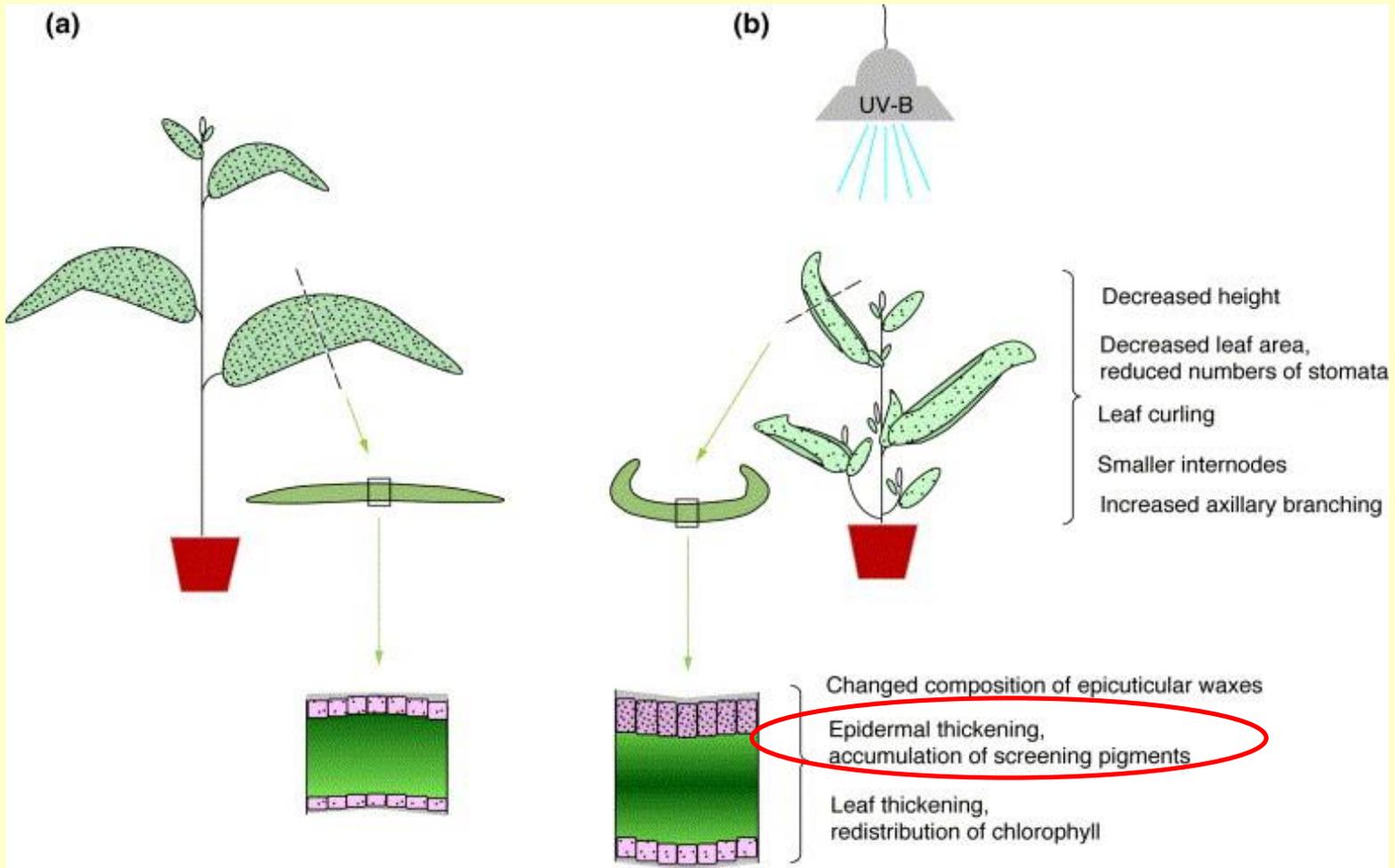
sensibilissimi all'UV, comunque differientemente sensibili a seconda del composto mancante ed ovviamente non scordiamoci dell'effetto della concentrazione del composto stesso!

Principale localizzazione tissutale: epidermide!

A livello subcellulare: vacuolo.



Comunque, sotto stress da UV non solo sintesi ma anche ispessimento dell'epidermide per contenere più flavonoidi!!!!



Le piante sono inevitabilmente esposte all'UV!

UV: 280-320nm

<280nm non raggiungono la terra

Radiazioni ionizzanti

Danno a DNA, proteine, membrane...

L'esposizione ad UV induce l'aumento della sintesi **dei fenilpropanoidi** nelle cellule dell'epidermide superiore delle foglie

Ricezione UV: **Aumento dell'espressione di alcuni enzimi della biosintesi dei fenilpropanoidi**

Dissipano l'energia assorbita come calore



Assorbono da 280 a 340 nm

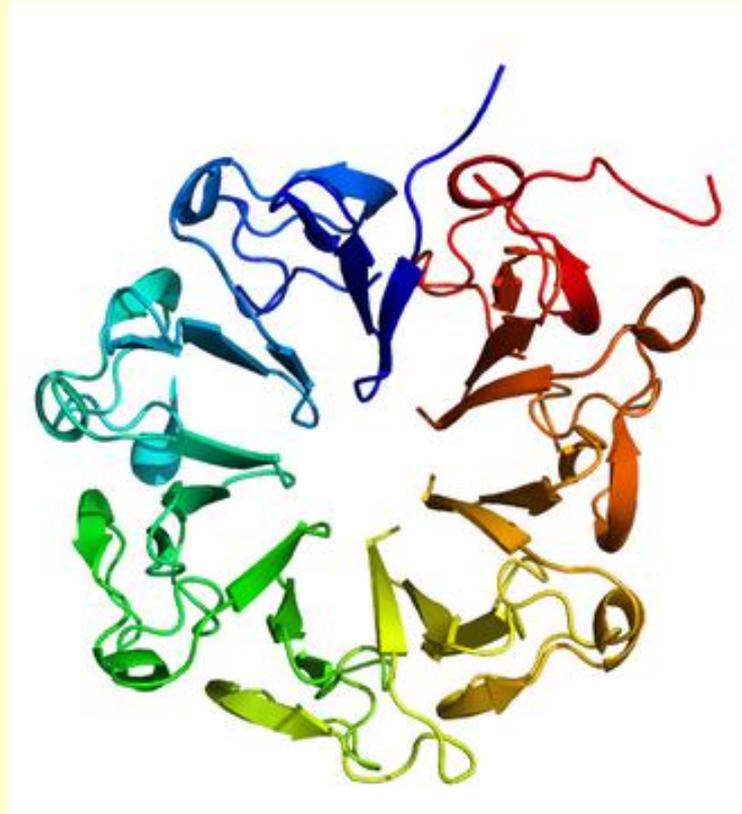
Il loro assorbimento non è sovrapposto alla PAR

Schermo UV + azione antiossidante
(inoltre fiori "bianchi" ed insetti!)

...ma come fa la pianta ad accorgersi che c'è l'UV?

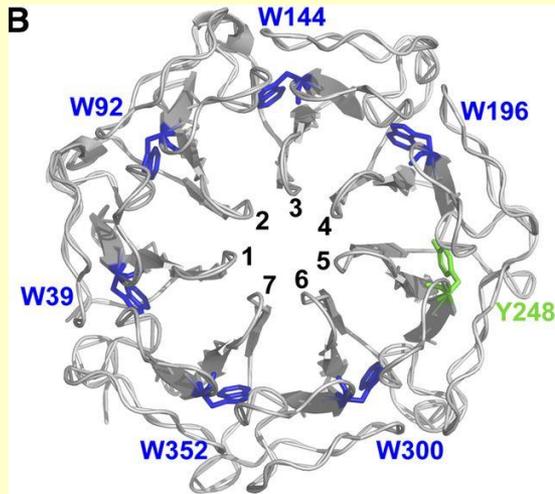
Chi è il sensore/recettore dell'UV????????????

UVB-resistance protein UVR8



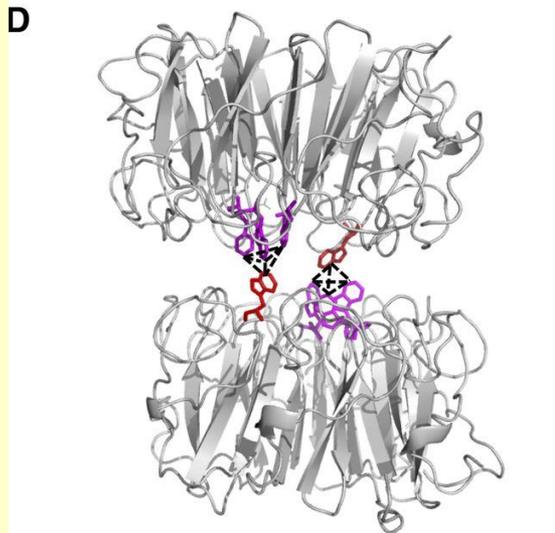
E' un cosiddetto: beta-propeller

a **beta-propeller** is a type of **all- β protein architecture** characterized by 4 to 8 blade-shaped **beta sheets** arranged **toroidally** around a central axis.

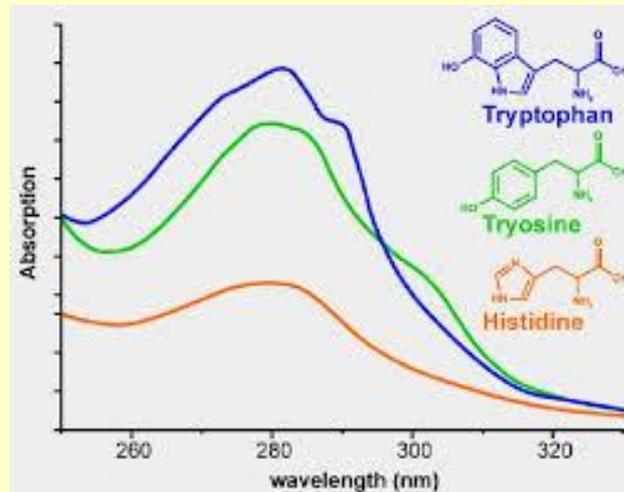


Senza UV, la proteina UVR8 sta in forma dimerica.

Trp impegnati nella dimerizzazione all'interfaccia ed accoppiati fra loro.

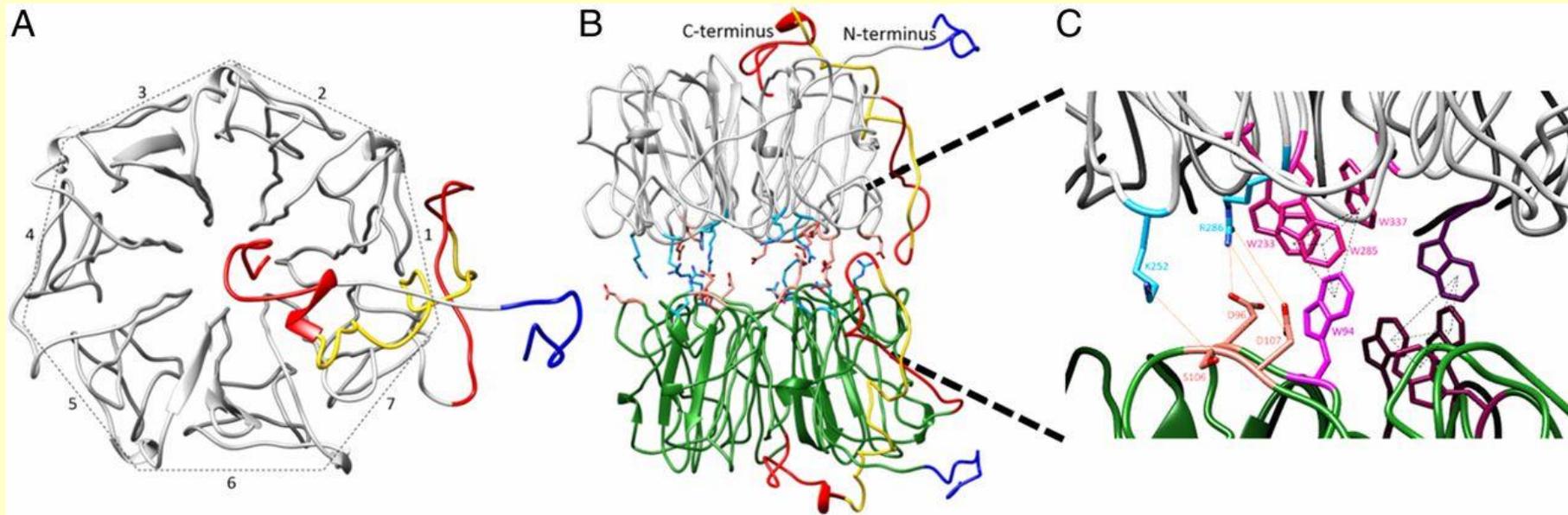


Il Trp è l'aminoacido che più assorbe nell'UV!!!!



7 Trp per monomero all'interfaccia, accoppiati fra loro in strutture piramidali a triade.

Quando i Trp assorbono l'UV, si ha disaccoppiamento!



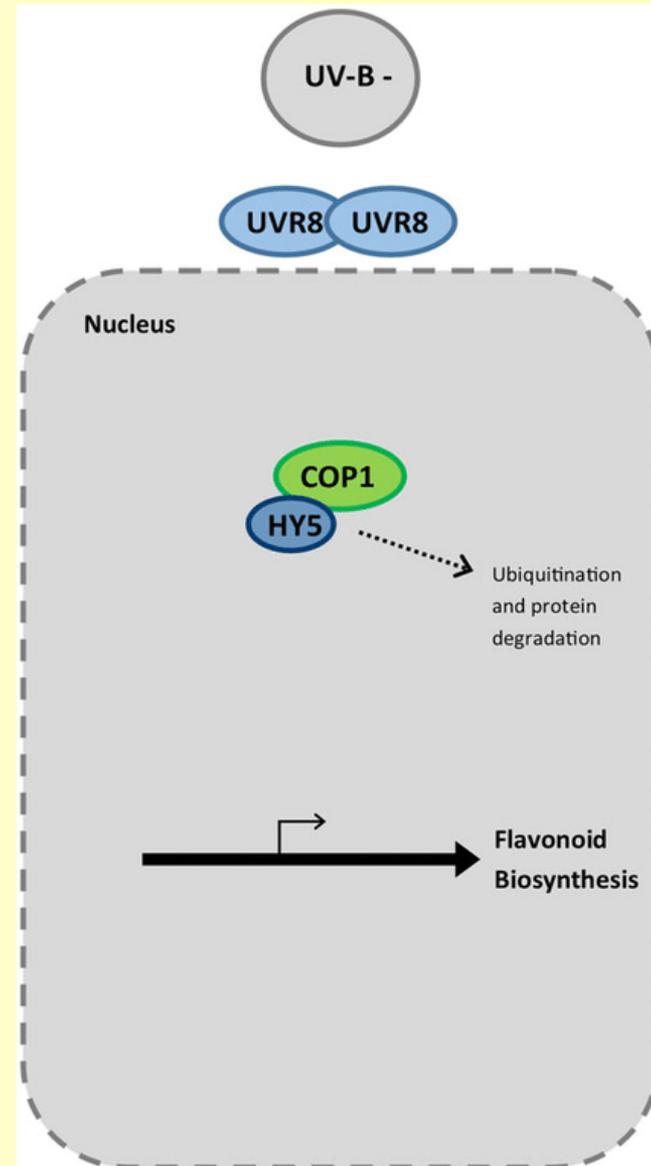
Model of UVR8-mediated signalling.

In assenza di UV, la proteina UVR8 è dimerica e sta nel cytosol.

Nel nucleo, il fattore di trascrizione dei geni per le proteine biosintetiche dei flavonoidi (HY5) è legato dalla proteina COP1 (constitutively photomorphogenic 1, una ubiquitina ligasi!!!!).

Viene ubiquinato e degradato...

Niente flavonoidi!



Model of UVR8-mediated signalling.

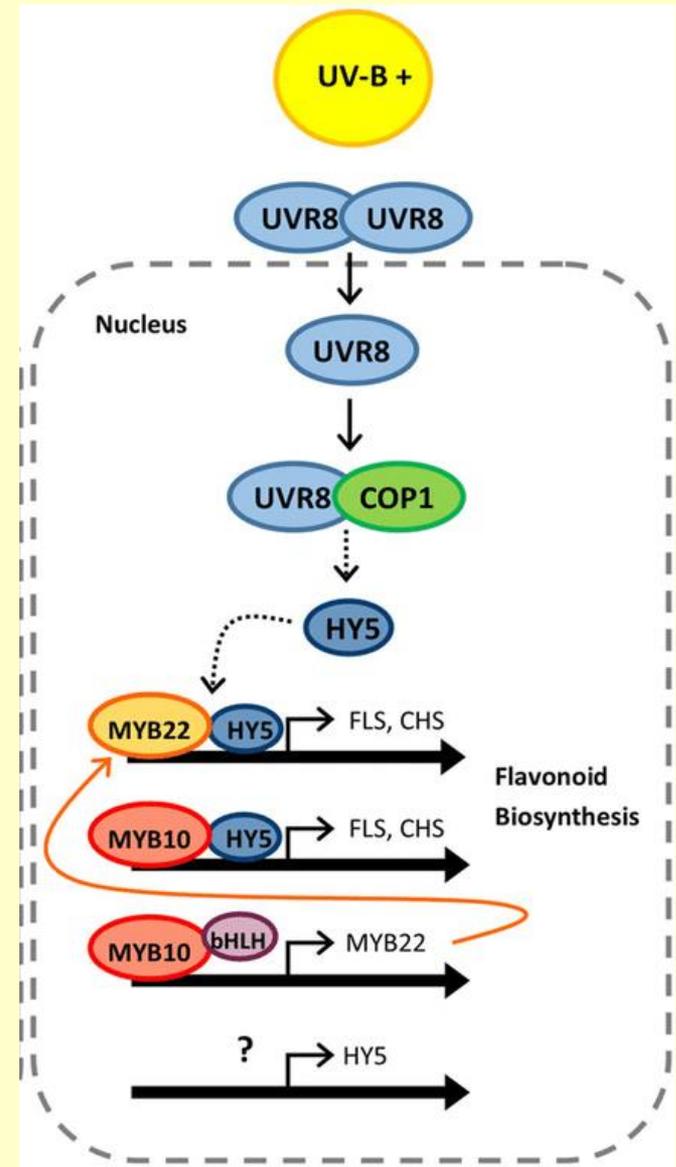
UV e monomerizzazione!!!!

Il monomero può andare nel nucleo e dimerizzare con la proteina COP1.

HY5 è ora libero di fare il suo lavoro...

The interaction of UVR8 with COP1 prevents COP1 from targeting HY5 for destruction, allowing HY5 to activate target genes.

HY5 activates UV-B responsive genes in the phenylpropanoid biosynthesis pathway, including FLS and CHS.

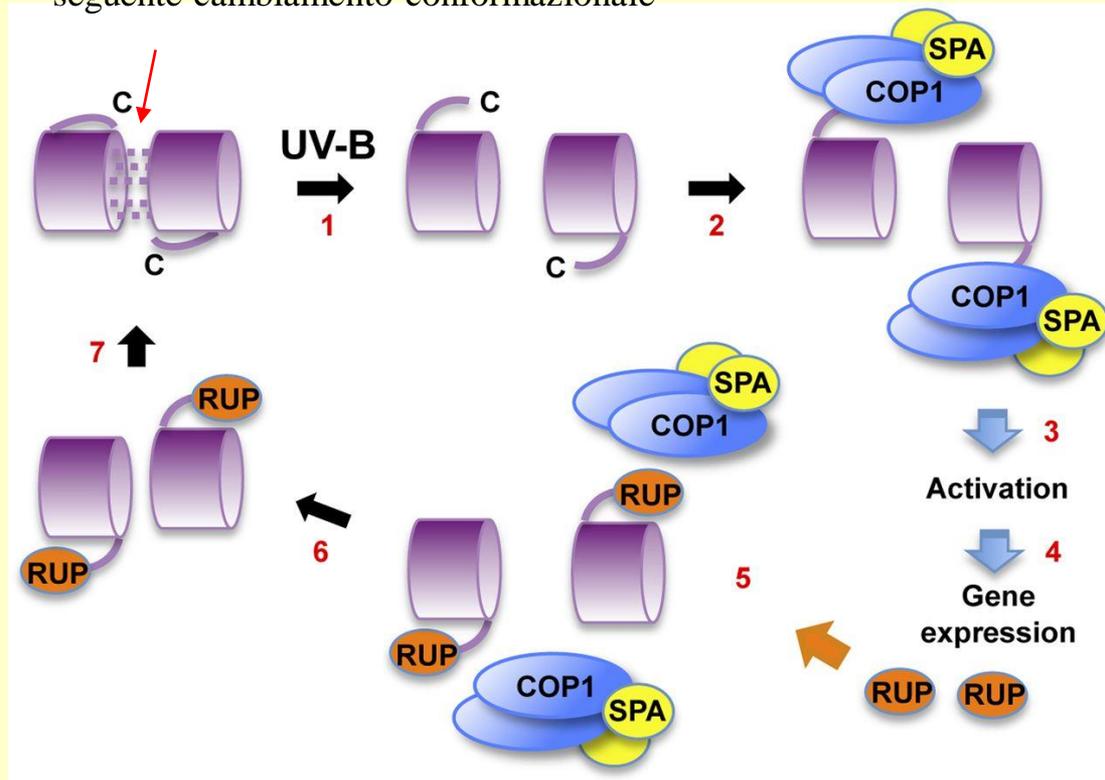


Come fa UVR8 a ritornare dimero? E poi?

Lo spegnimento del segnale è sempre compreso!

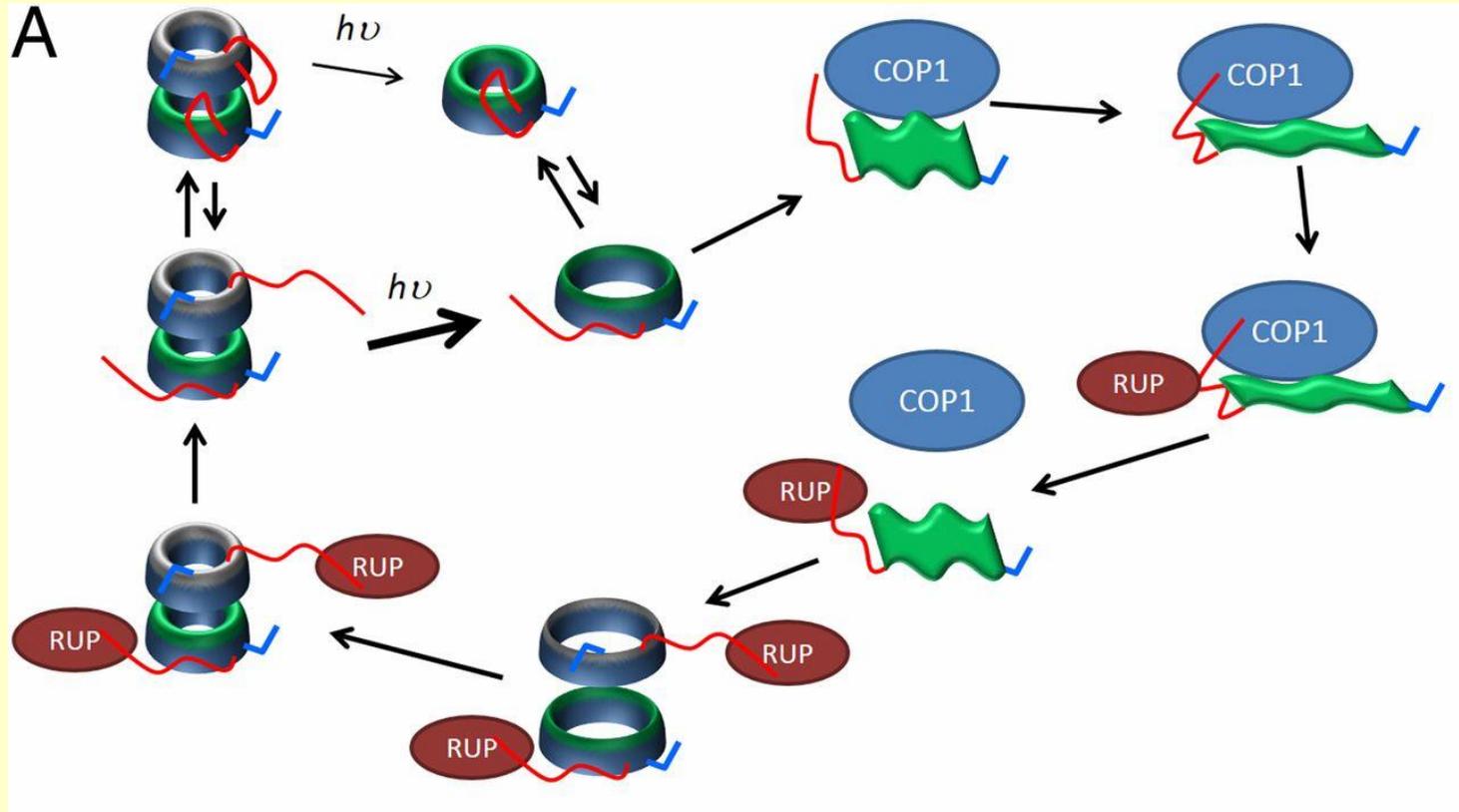
La proteina RUP...

Quando assorbono l'UV-B si ha la monomerizzazione con seguente cambiamento conformazionale



- 1) A proposed conformational change makes the **C terminus** of the protein available for interaction with COP1.
- 2) COP1, bound to SPA proteins, binds to UVR8 via the C27 region.
- 3) UVR8 bound to COP1/SPA adopts an active conformation ready to initiate gene expression.
- 4) UVR8 together with COP1/SPA regulates transcription of target genes, leading to photomorphogenic UV-B responses.
- 5) Among the genes induced are those encoding the **RUP proteins**, which negatively regulate UVR8. RUP1 and RUP2 bind to the C27 region of UVR8 and displace COP1.
- 6) **The RUP proteins facilitate reassociation of UVR8 monomers to form the dimer.**
- 7) The dimer is regenerated for photoreception

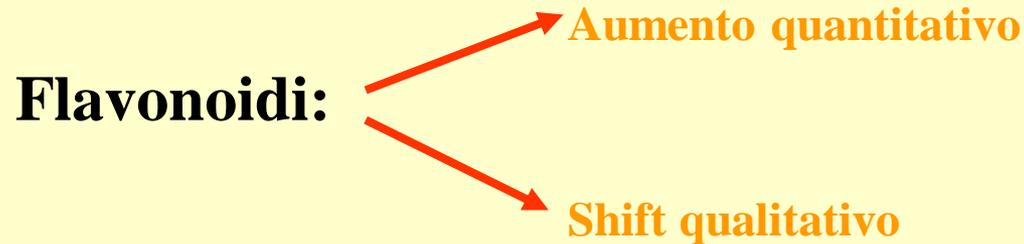
E' come se RUP si legasse ad una ansa del carbossi-terminale e lo sottraesse a COP1.
Ciò fa cambiare conformazione e riassociare.



Stress da UV



Aumento della sintesi dei flavonoidi (es. attraverso l'induzione di enzimi come calcione sintasi e calcione isomerasi)

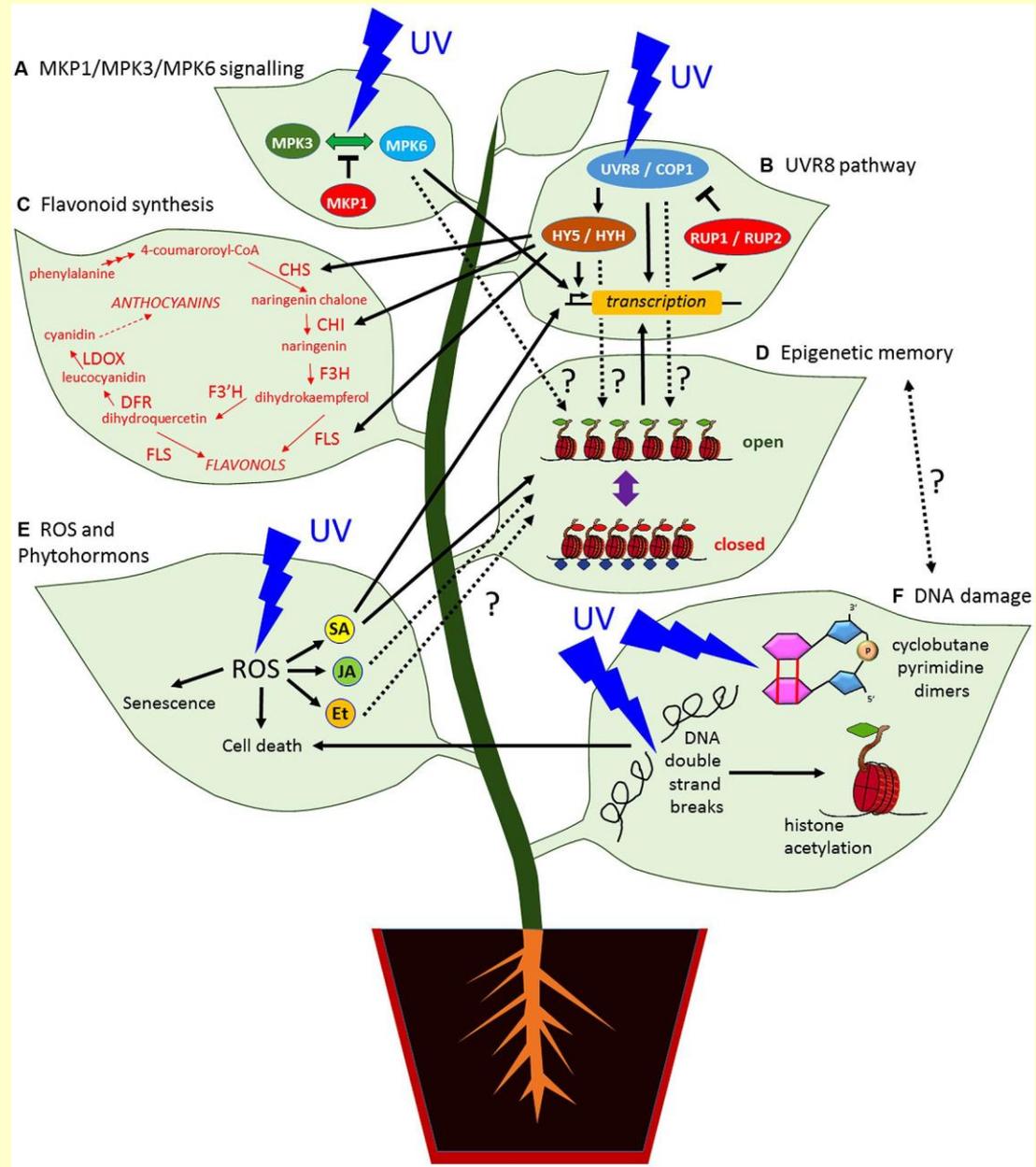


Viene favorita la sintesi dei flavonoidi ad elevato grado di idrossilazione (tanti -OH come sostituenti).

I flavonoidi idrossilati hanno le stesse caratteristiche di assorbimento dell'UV ma hanno **maggiore capacità antiossidativa** → protezione dallo stress (UV = radiazioni ionizzanti).

Comunque la storia dello stress da UV è molto più complessa....

I flavonoidi sono solo una parte della risposta!



Flavonoidi come antiossidanti e relazione con altri stress abiotici:

Tutti gli altri stress che portano alla formazione di radicali liberi.

Es: Stress da metalli pesanti!

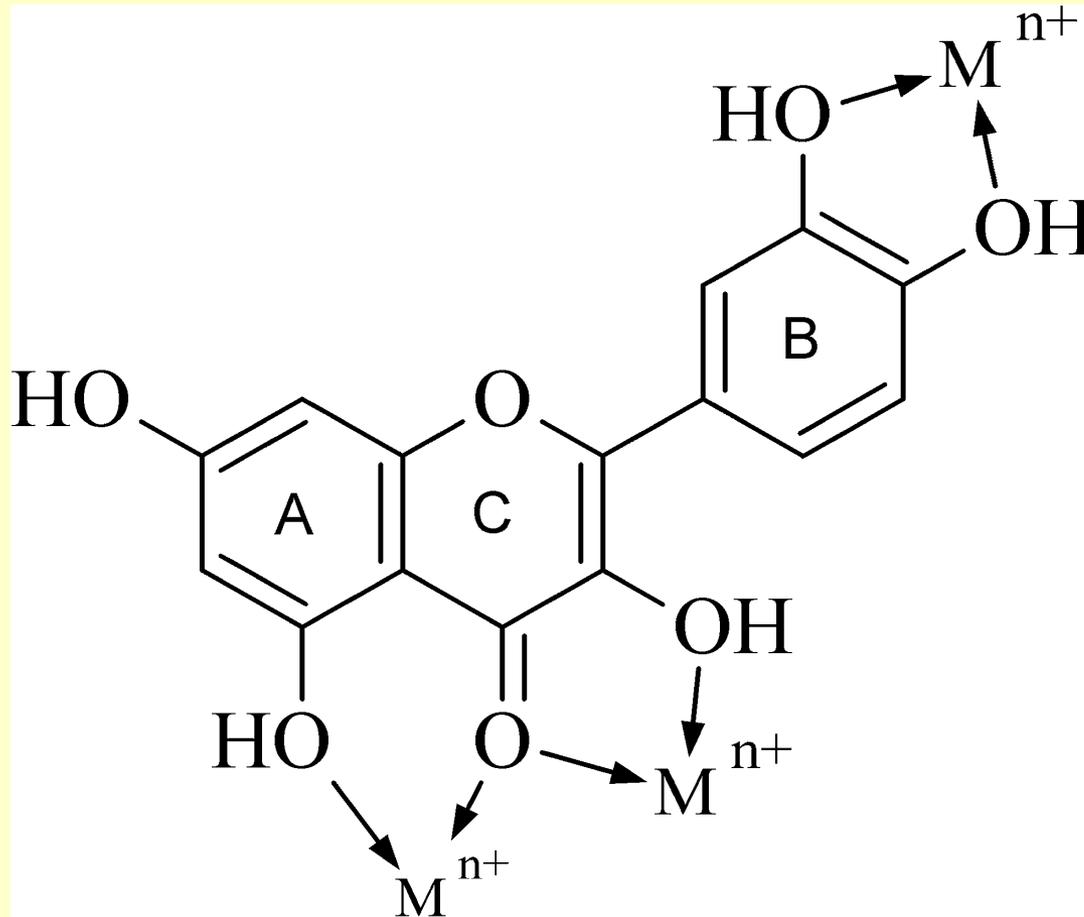


**Induzione della sintesi degli enzimi per la biosintesi dei flavonoidi (altra via, non UVR8 ma indotta da ROS).
Tutti gli stress producono ROS, quindi tutti gli stress inducono flavonoidi...**

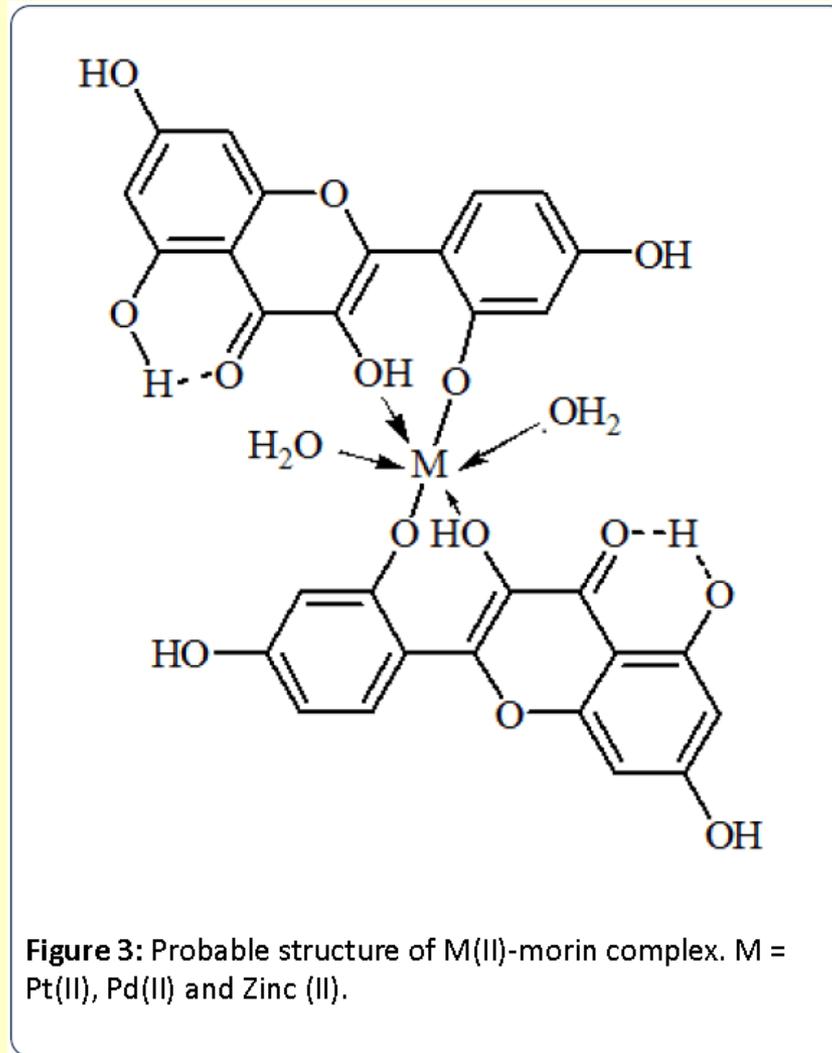
Inoltre, nel caso dello stress da metalli, sembra che alcuni flavonoidi siano anche capaci di legare tali elementi per detossificarli

(o per solubilizzarli quando sono scarsi nel terreno, gli essudati!!!)

Ricordiamoci che i flavonoidi sono buoni leganti dei metalli pesanti...

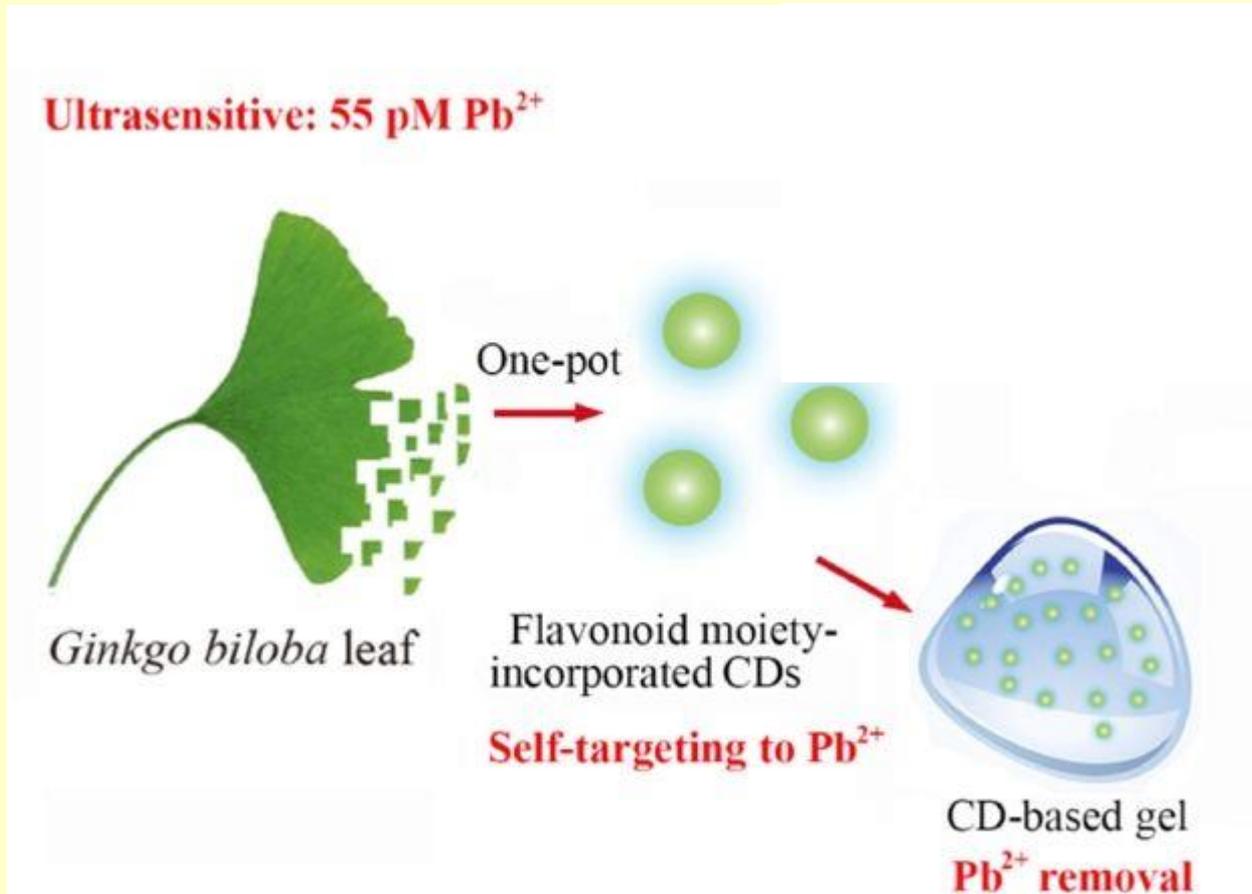


Anche a coppia! Due flavonoidi ed un metallo....



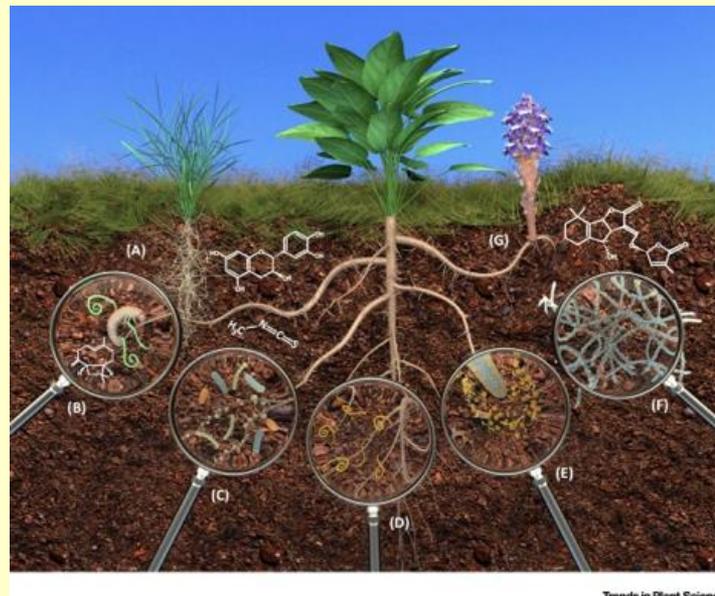
Comunque non hanno potere antinutriente: il complesso non precipita! Anzi....

Questo ha suggerito un loro uso per il removal dei metalli dalle acque contaminate.....



I flavonoidi come segnali nella rizosfera!!!!

Dall'invito alla repulsione



Rilascio passivo per decomposizione della cuffia o delle cellule più esterne + trasportatori non ancora ben caratterizzati.

Il rilascio aumenta in modo specific per:

Competitori

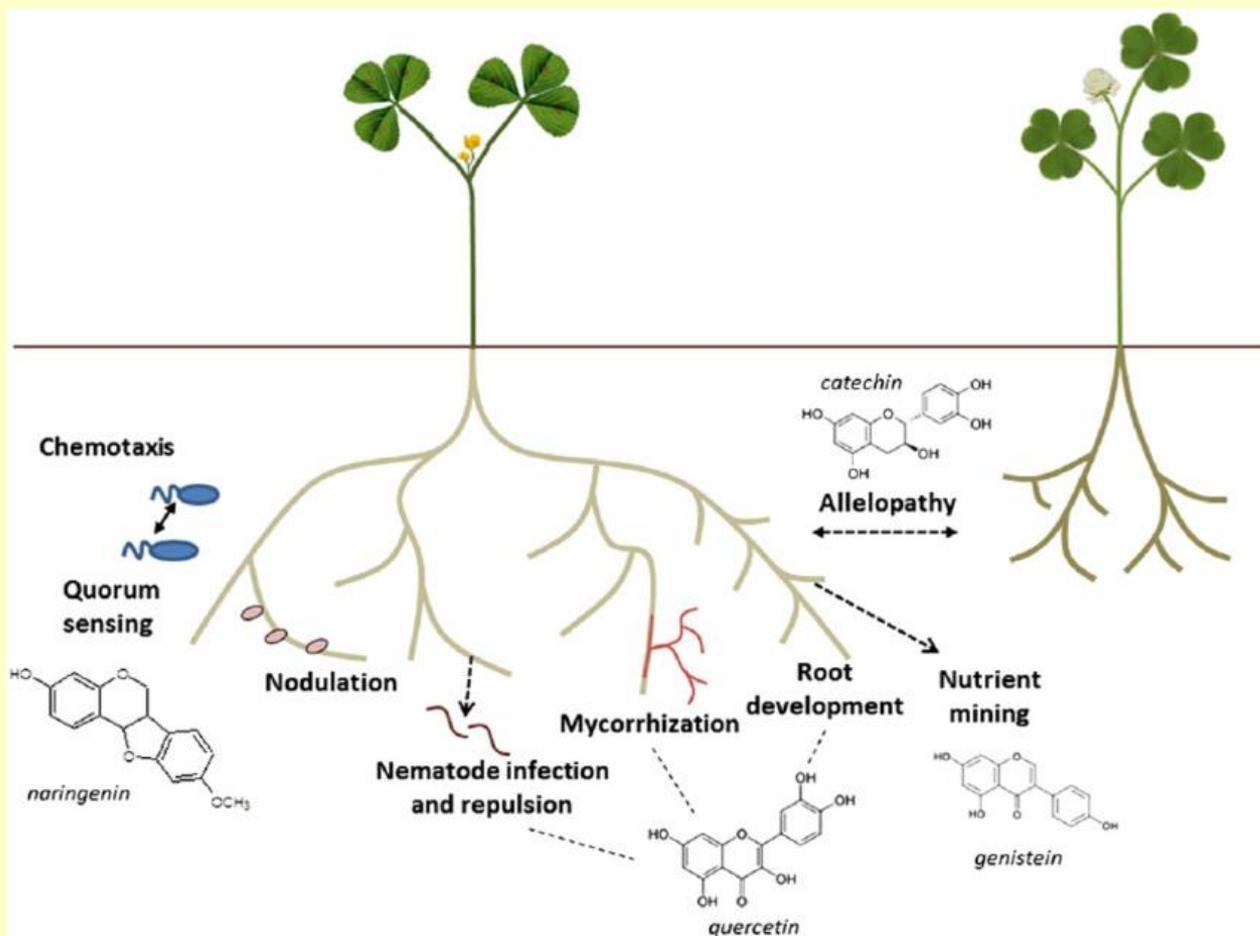
Simbionti

Patogeni

Carenza di nutrienti

Stress idrico

Etc...



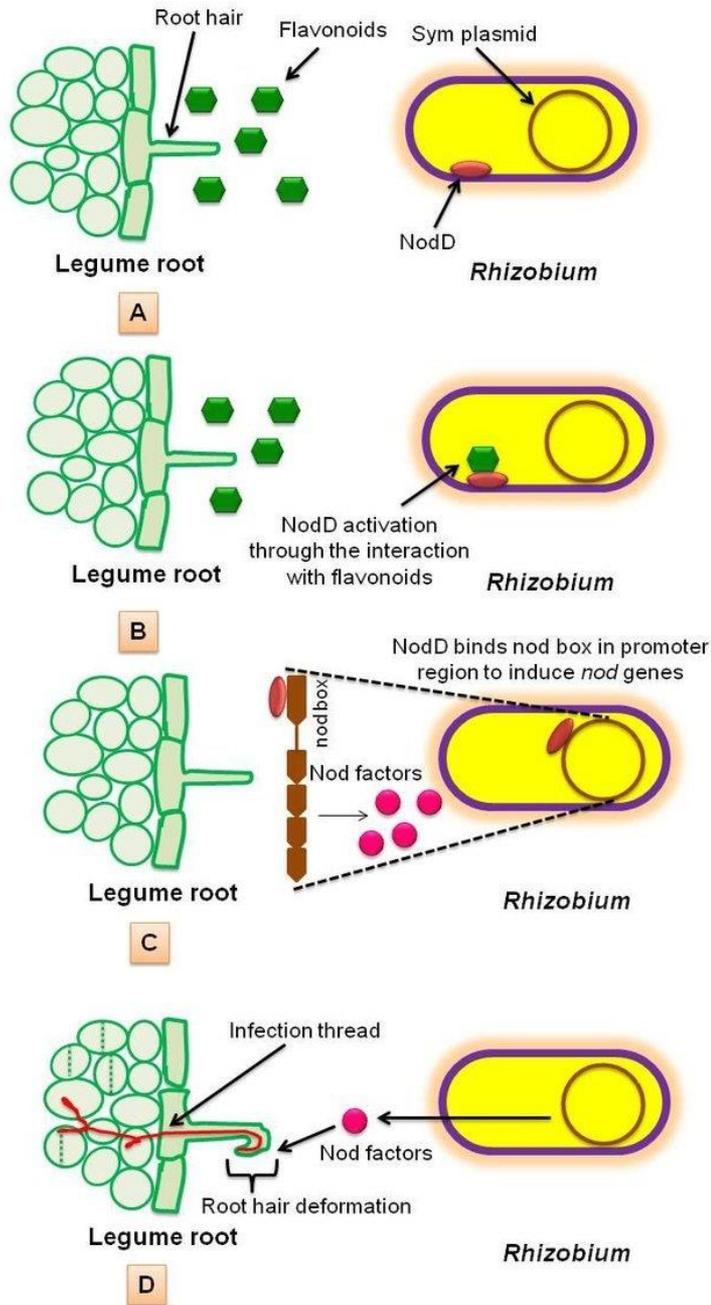
Ruoli dei flavonoidi nella rizosfera...

Table 1 Examples of flavonoids of different biosynthetic branches of the pathway and their roles in the rhizosphere

Flavonoid name	Flavonoid class	Function	Reference
Luteolin	Flavone	<i>Nod</i> gene and chemotaxis inducer in rhizobia Nematode repellent	Cooper (2004); Peters and Long (1988) Wuyts et al. (2006)
7,4'-dihydroxy flavone	Flavone	<i>Nod</i> gene and chemotaxis inducer in rhizobia Hyphal branching stimulator	Cooper (2004); Djordjevic et al. (1987); Redmond et al. (1986); Tsai and Phillips (1991)
5,7,4'-trihydroxy- '5' dimethoxyflavone	Flavone	Allelopathic inhibitor of seedling growth	Kong et al. (2004, 2007)
Quercetin	Flavonol	<i>Nod</i> gene inducer Iron chelator Nematode repellent and motility inhibitor Antimicrobial Hyphal branching stimulator Allelopathic inhibitor of seedling growth	Cooper (2004) Cesco et al. (2010) Wuyts et al. (2006) Naoumkina et al. (2010) Tsai and Phillips (1991) Rice (1984)
Kaempferol	Flavonol	<i>Nod</i> gene and chemotaxis inducer in rhizobia Iron chelator Nematode repellent, egg hatching and motility inhibitor Allelopathic inhibitor of seedling growth	Cooper (2004) Cesco et al. (2010) Wuyts et al. (2006) Levizou et al. (2004); Rice (1984)
Myricetin	Flavonol	<i>Nod</i> gene inducer Nematode repellent	Cooper (2004) Wuyts et al. (2006)
Formonenetin	Isoflavonoid	<i>Nod</i> gene inhibitor Hyphal branching inhibitor	Djordjevic et al (1987) Tsai and Phillips (1991)
Genistein	Isoflavonoid	<i>Nod</i> gene inducer Iron chelator Nematode repellent	Cooper (2004) Cesco et al. (2010) Wuyts et al. (2006)
Daidzein	Isoflavonoid	<i>Nod</i> gene inducer Nematode repellent	Cooper (2004) Wuyts et al. (2006)
Coumestrol	Isoflavonoid	<i>Nod</i> gene inducer Hyphal branching stimulator	Cooper (2004) Morandi et al. (2009)
Medicarpin	Isoflavonoid-derived pterocarpan	Antimicrobial phytoalexin	Naoumkina et al. (2010)
Maackiain	Isoflavonoid-derived pterocarpan	Antimicrobial phytoalexin	Naoumkina et al. (2010)



Sicuramente il ruolo più noto è quello nel signalling leguminose-rizobi!!!



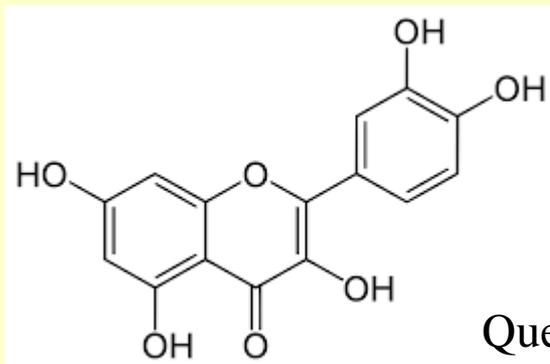
- (A) In nitrogen deficiency, the legume root secretes **flavonoids** to Rhizobium,
- (B) plant secreted flavonoids passively enter the rhizobial cytoplasm through cell membrane and activate the rhizobial **NodD proteins** by conformational changes,
- (C) Flavonoid-activated NodD binds on **nod box** in the promoter region of **nod genes** to induce the expression of enzymes needed for **Nod factors** synthesis.
- (D) Nod factors secreted by Rhizobium attach to the **Nod factor receptors** on plant root hairs and induce the nodule formation by root hair deformation, division in cortex cells and promotion of some steps of the infection process.

Flavonoidi nella comunicazione con i microrganismi

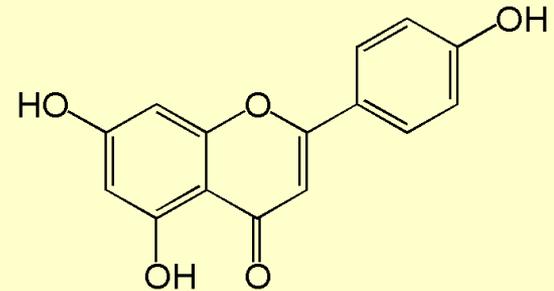
Simbiosi con i rizobi

Radici delle leguminose: **essudati specie-specifici!**

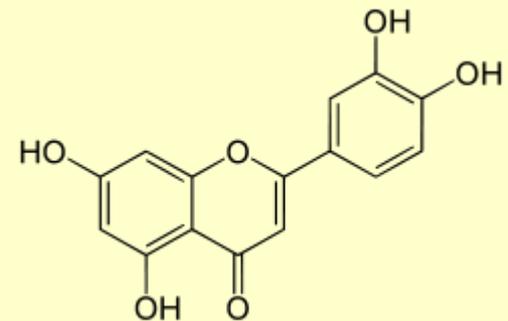
Induzione dei geni *nod*



Quercetina



Apigenina



Luteolina

Tali flavonoidi si legano al fattore di trascrizione batterico NodD e gli fanno cambiare conformazione

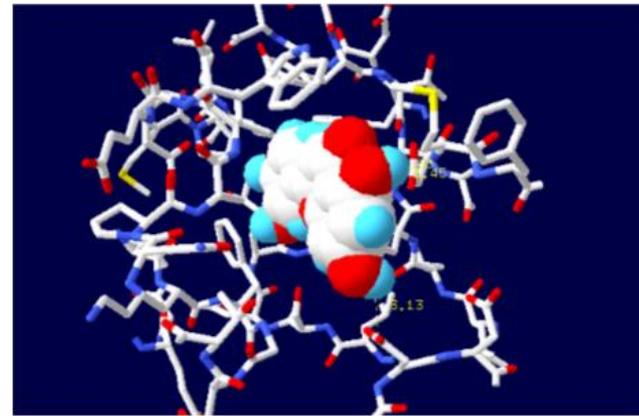
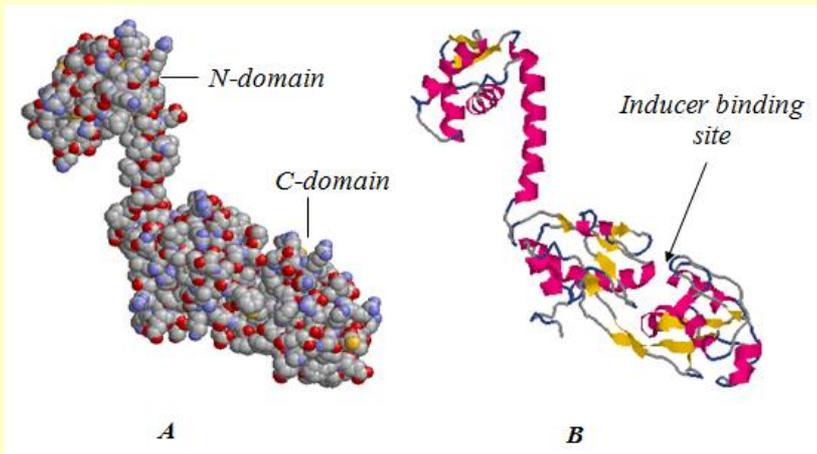
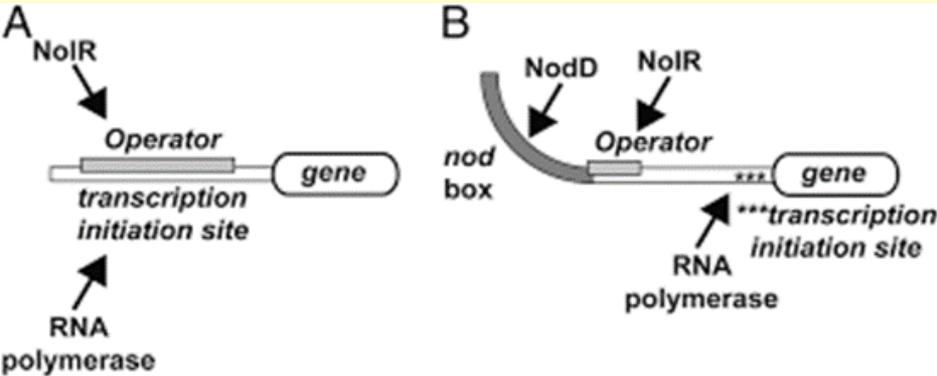
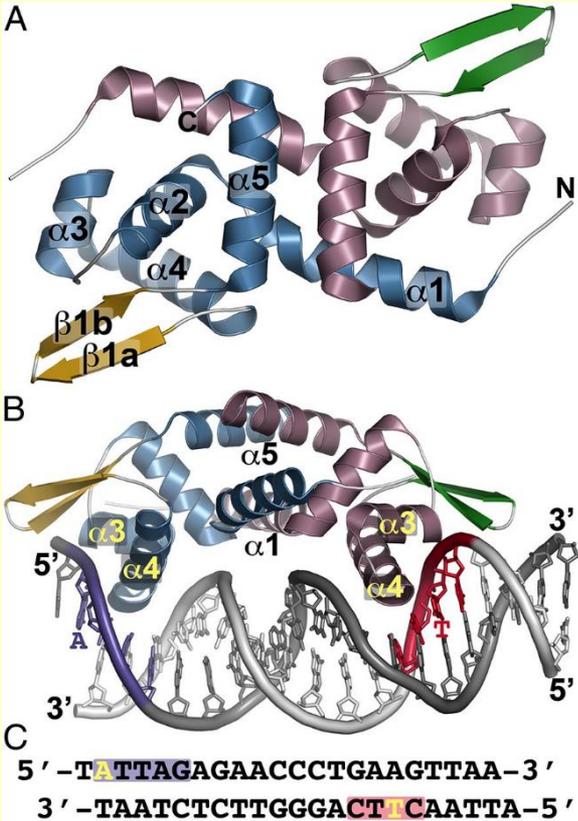


Figure 4. Location of flavonoid in the binding center

NodD attivato può interagire con il DNA: si lega al nod-box e parte la trascrizione per i geni delle proteine che sintetizzano il fattore NOD...

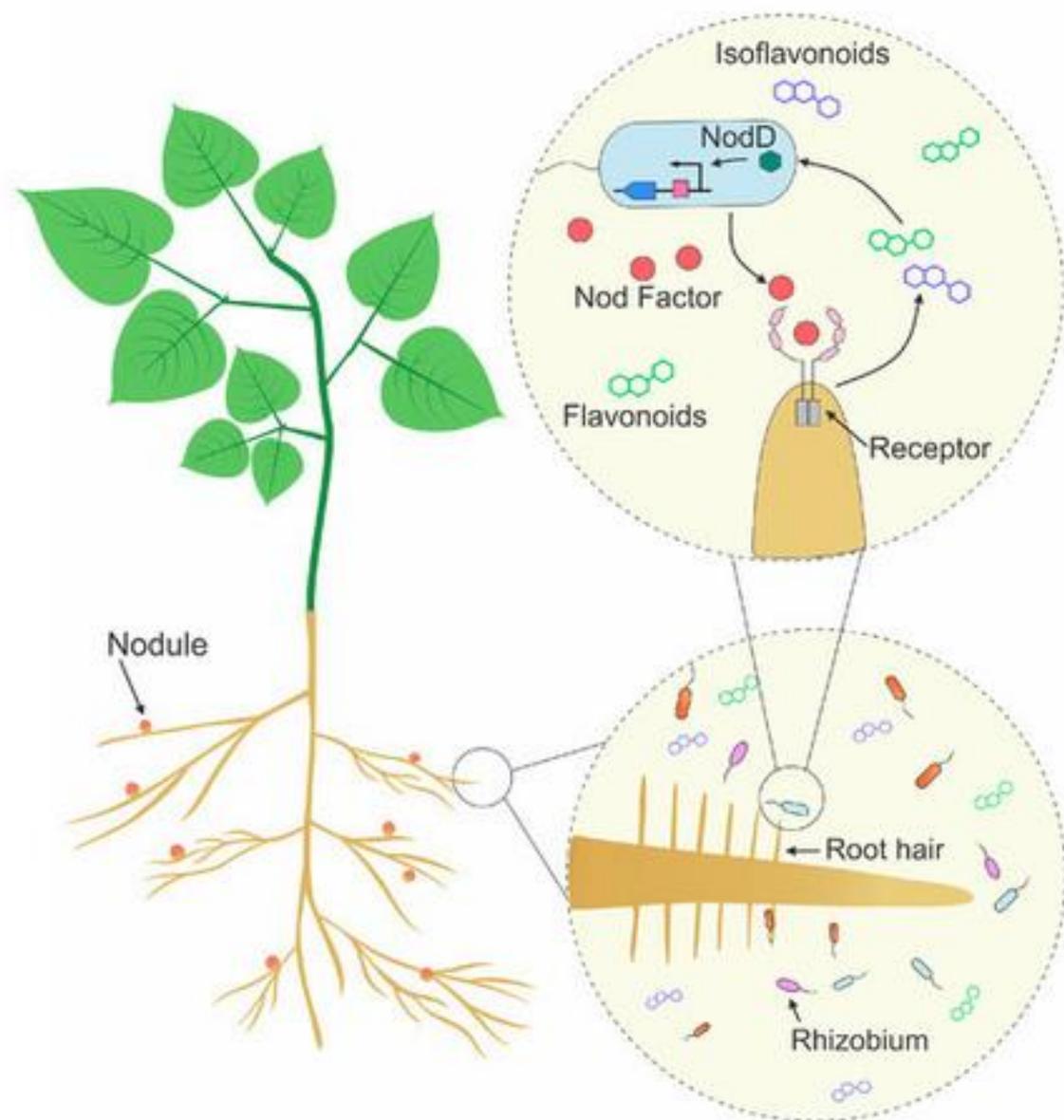
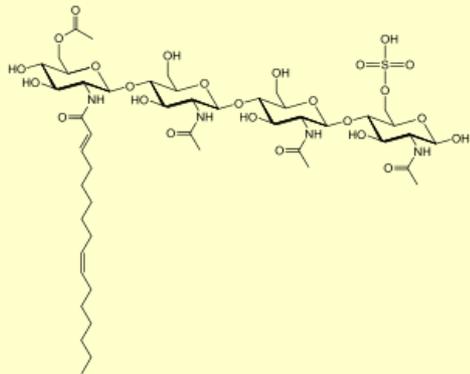


Ma cosa è questo fattore NOD????

Lipoooligosaccharides

(LCOs)

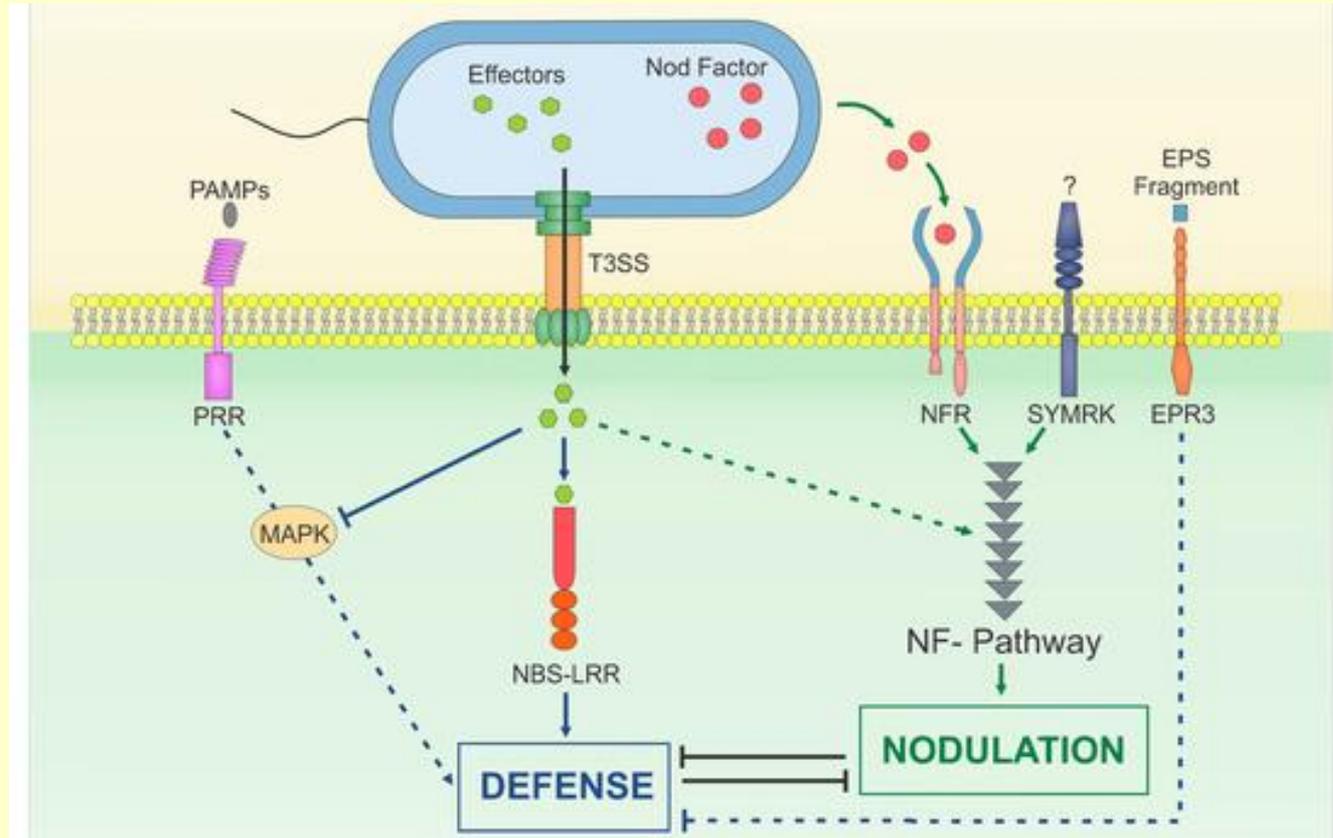
In pratica promuove la simbiosi ed evita la risposta immunitaria!!!



Signal exchange in the legume-rhizobia interaction. Flavonoids and isoflavonoids secreted by legume roots activate the Nodulation protein D (NodD) transcription factor on compatible rhizobia inducing the transcription of *nod* genes, which are required for the synthesis of Nod factors. **Nod factors are perceived by receptors present in the plasma membrane of root cells, triggering the signaling pathway required for the development and infection of the nodule, where bacteria are allocated, and nitrogen fixation occurs.**

The interplay between nodulation and defense signaling pathways.

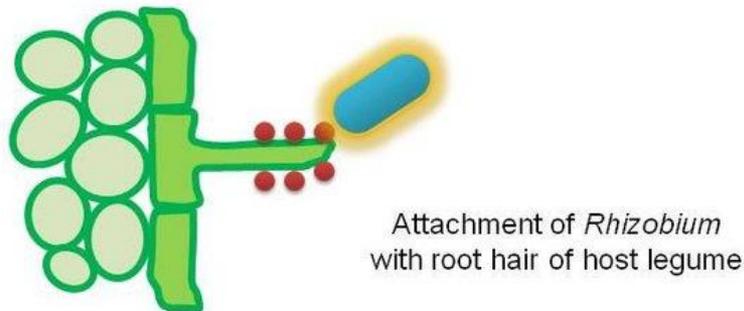
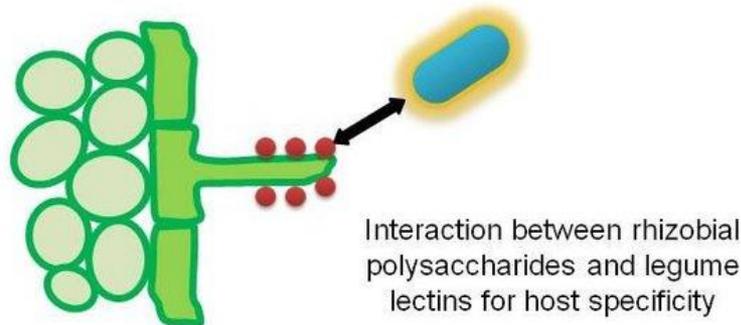
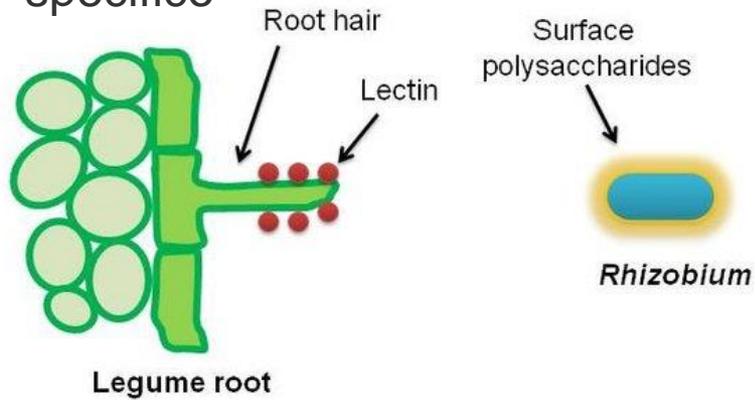
Il fattore NOD si lega al proprio recettore e scatena una specifica trasduzione del segnale che sopprime la difesa...



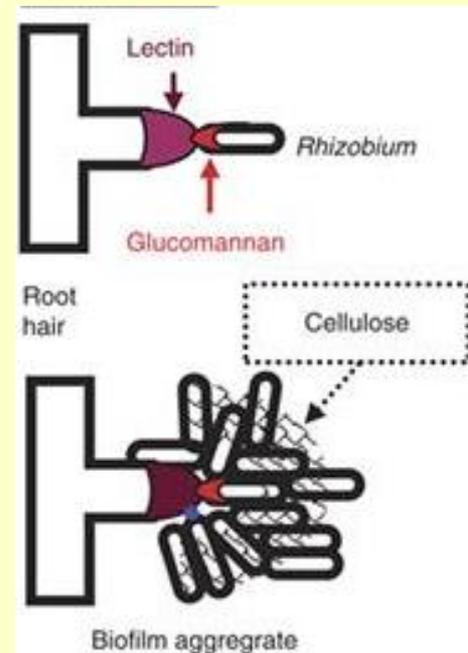
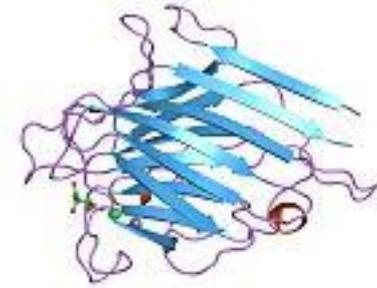
Plants perceive bacterial molecules (pathogen-associated molecular patterns, PAMPs) using pattern recognition receptors (PPRs) that activate mitogen activated kinase (MAPK) cascades that trigger host defense responses. Adapted pathogens use the type III secretion system (T3SS) to deliver effector proteins into the cytosol of host cells. Bacterial effectors can inhibit the MAPK cascade, leading to suppression of host defenses. In some plants varieties, these effectors are recognized by nucleotide binding site-leucine rich repeat domains (NBS-LRR) receptors, which trigger a second tier of host defense responses.

Recognition of Nod factors produced by compatible rhizobia by specific receptors (NFR) triggers a signaling cascade leading to nodulation (NF-Pathway). Rhizobial effectors can also promote nodulation by directly activating the NF-Pathway. The symbiosis receptor-like kinase (SYMRK) is also necessary for nodule formation, but the nature of its putative ligand is unknown. In a second stage of rhizobia recognition, exopolysaccharides (EPS) produced by rhizobia are perceived by exopolysaccharide protein receptor 3 (EPR3), inactivating the defense signaling pathway through unknown mechanisms.

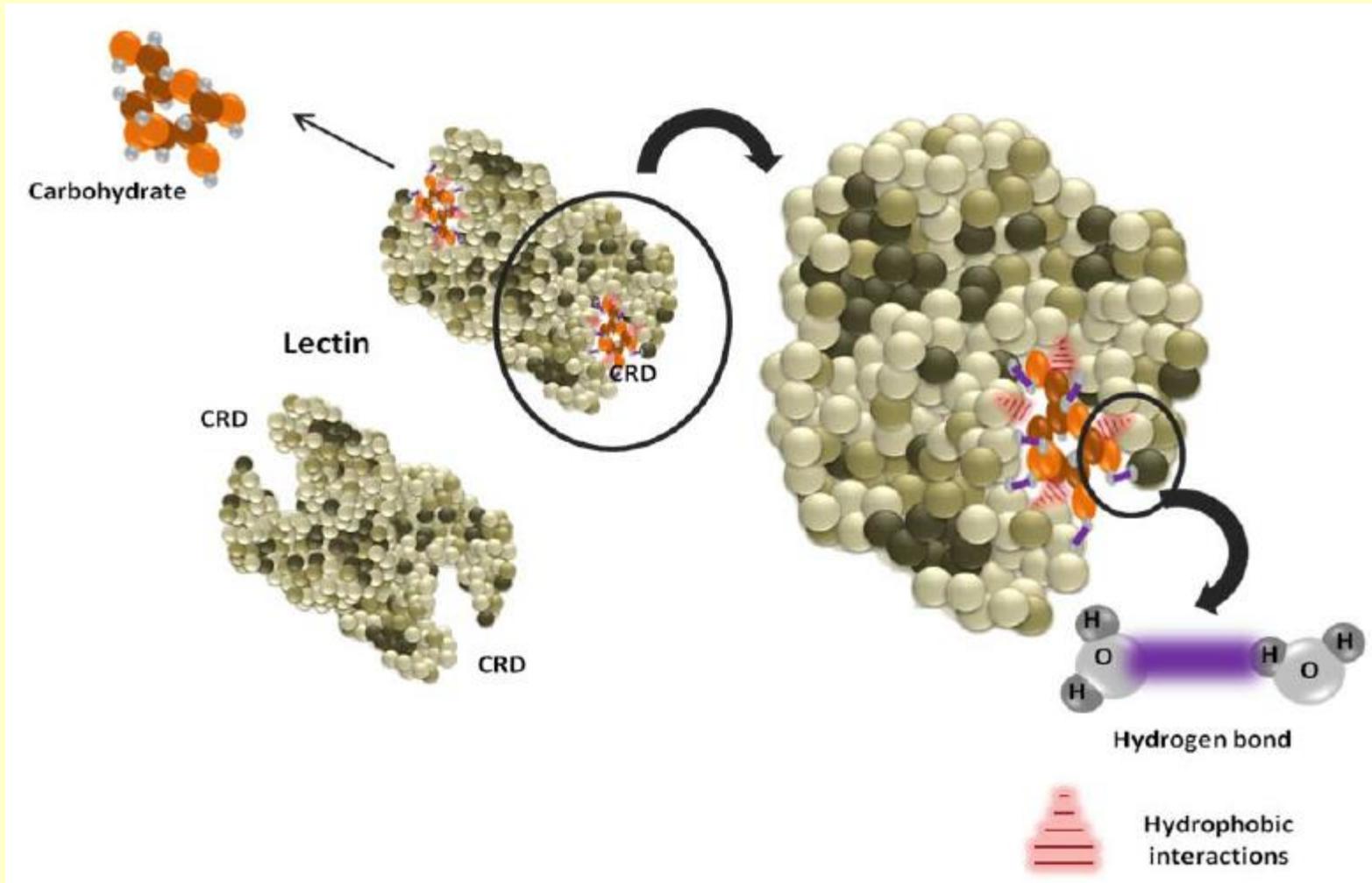
Il binding del batterio alle cellule della radice avviene attraverso opportune proteine che legano i polisaccaridi della sua parete in modo specie specifico



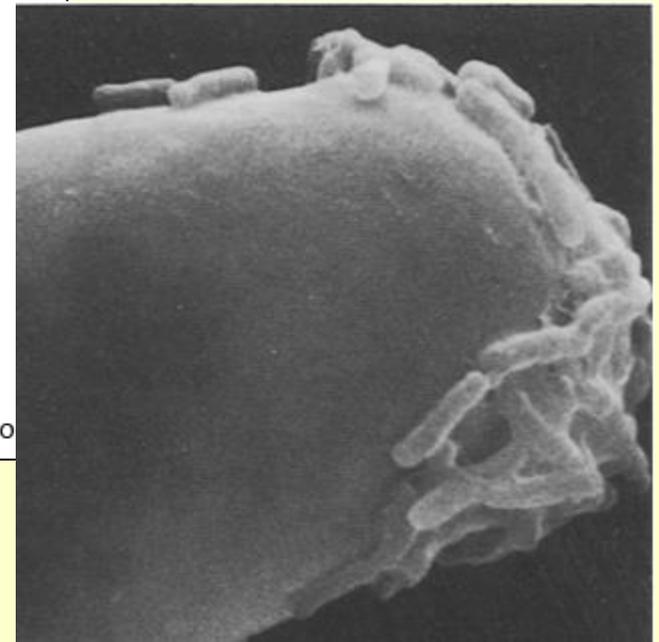
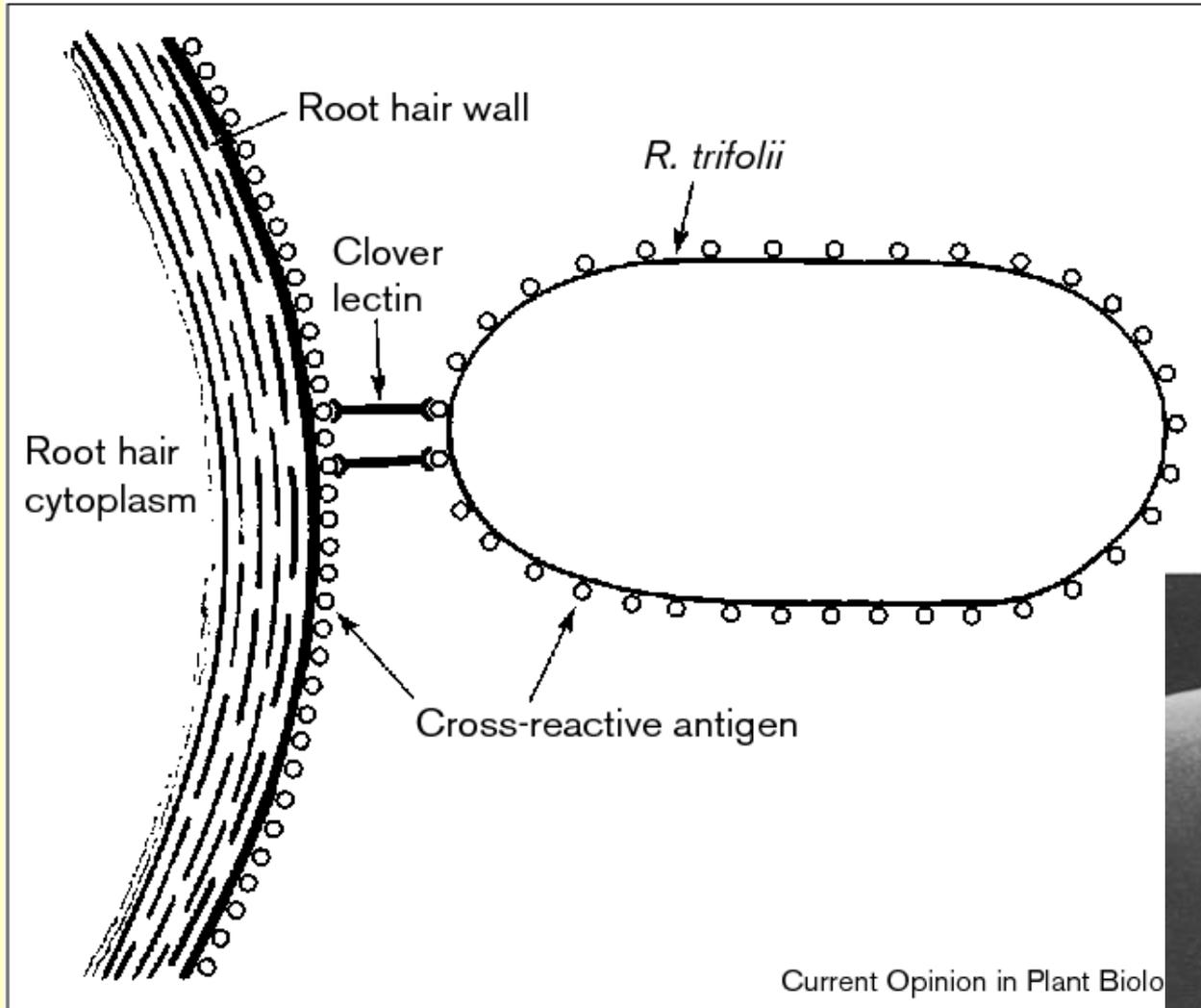
Le LECTINE



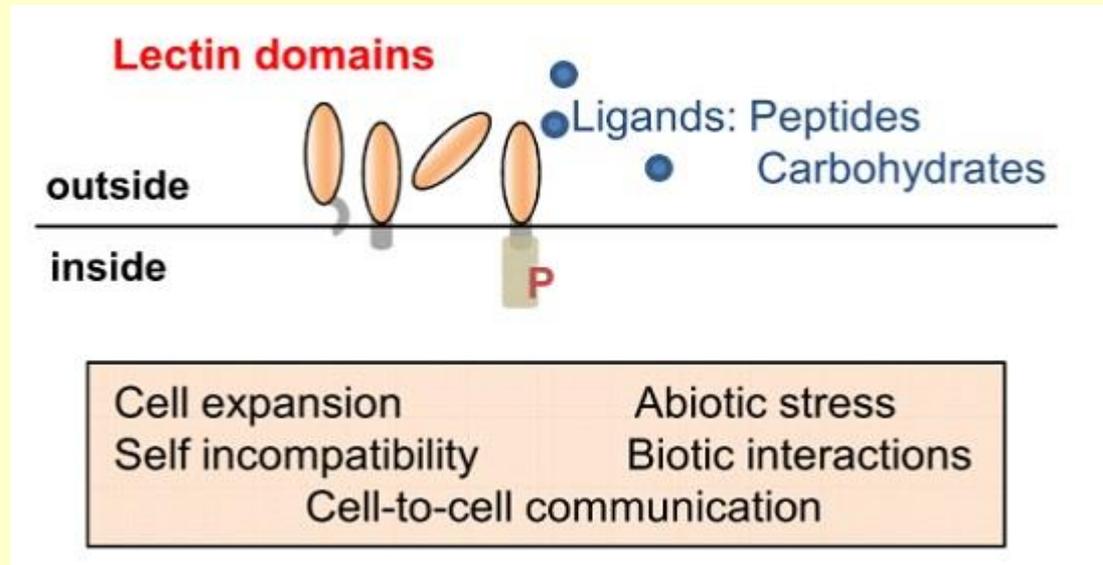
Le lectine sono proteine capaci di riconoscere i polisaccaridi!!!!



Specie specificità delle lectine!!!



In verità, molti recettori di membrana hanno i lectin-domains!

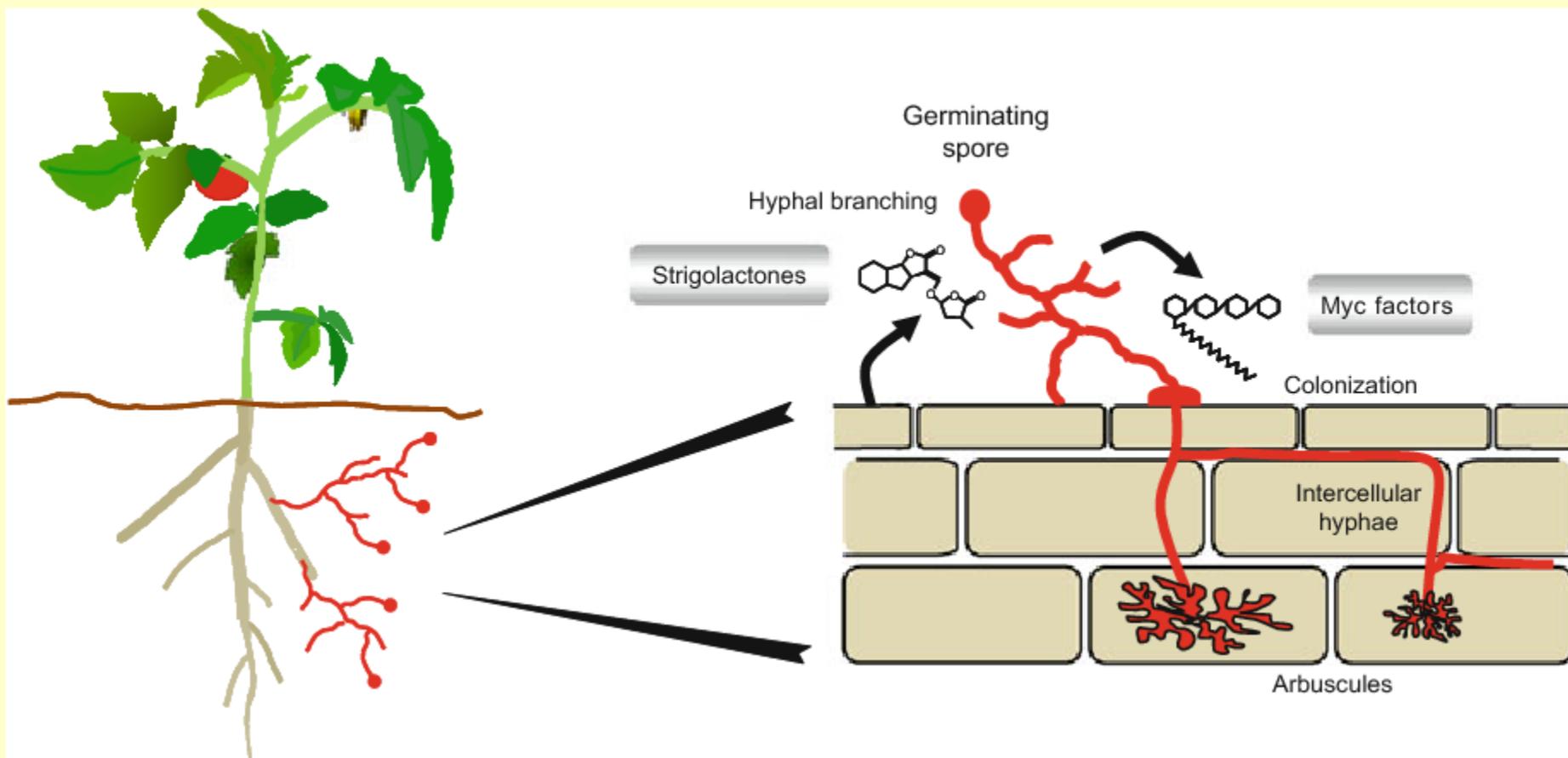


Perchè le lectine sono proteine multipurpose....

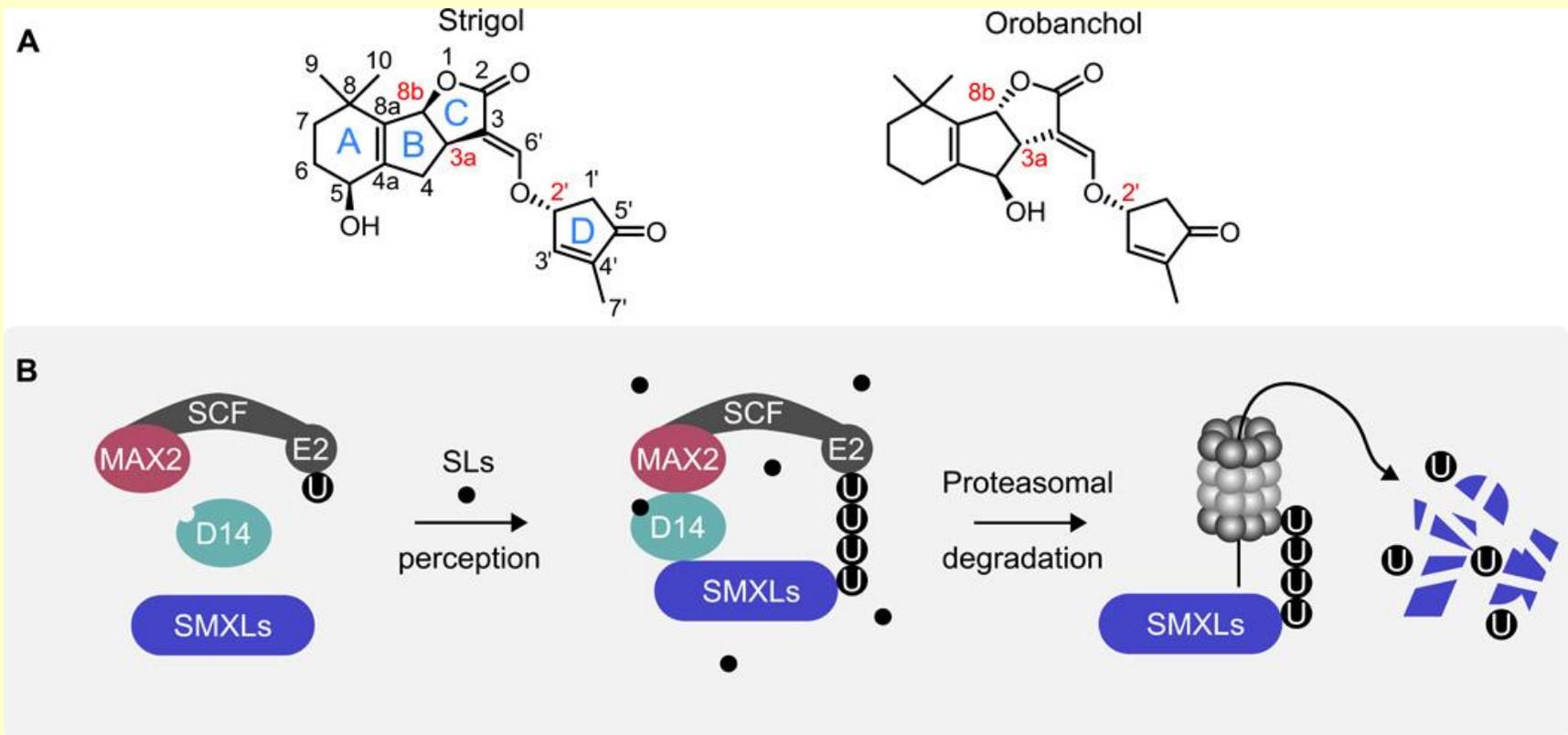
Plant Lectins and Lectin Receptor-Like Kinases

Mediano vari tipi di processi e di interazioni.

Il meccanismo dovrebbe essere abbastanza simile, la classe di flavonoidi invitanti gli **strigolattoni**, il fattore prodotto il **Myc** (sempre un lipopolisaccaride).



Lo strigolattone si lega al **recettore D14**, il quale cambia di conformazione ed arruola varie proteine per ubiquitinare il **repressore SMXLs**... parte la trascrizione della risposta (la germinazione delle spore del fungo! Aumento dell'attività mitocondriale: c'è una pianta che può cedere zuccheri...), fra cui anche la **produzione di Myc...**

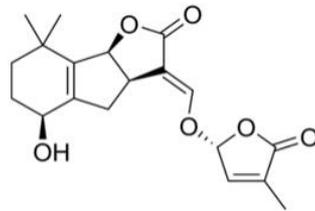


Ma cosa sono gli STRIGOLATTONI?

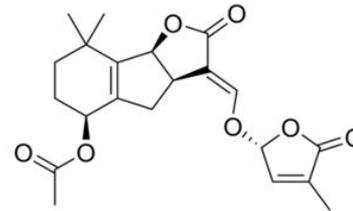
Sicuramente esteri intramolecolari.....

Chemical structures [\[edit\]](#)

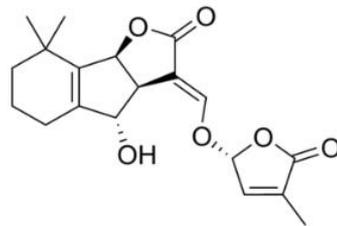
Some examples of strigolactones include:



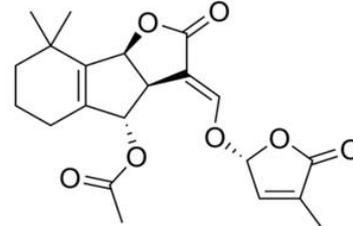
(+)-Strigol



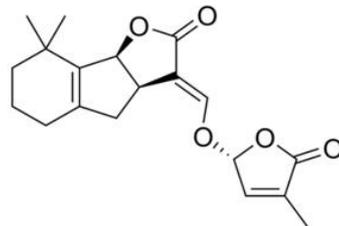
(+)-Strigyl acetate



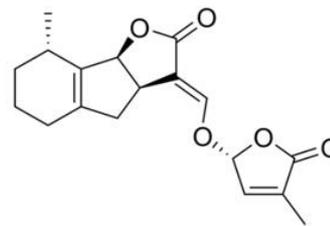
(+)-Orobanchol



(+)-Orobanchyl acetate



(+)-5-Deoxystrigol



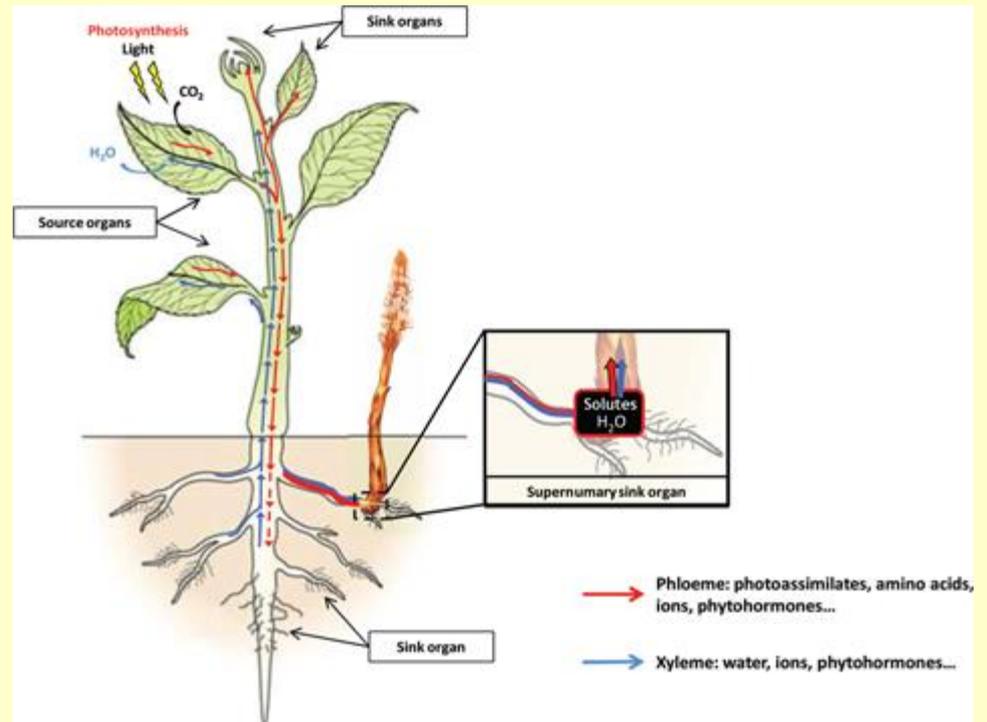
Sorgolactone

Sono stati scoperti studiando la germinazione di piante parassite

In particolar modo *Striga lutea*, una orchidea parassita che ne ha bisogno per germinare

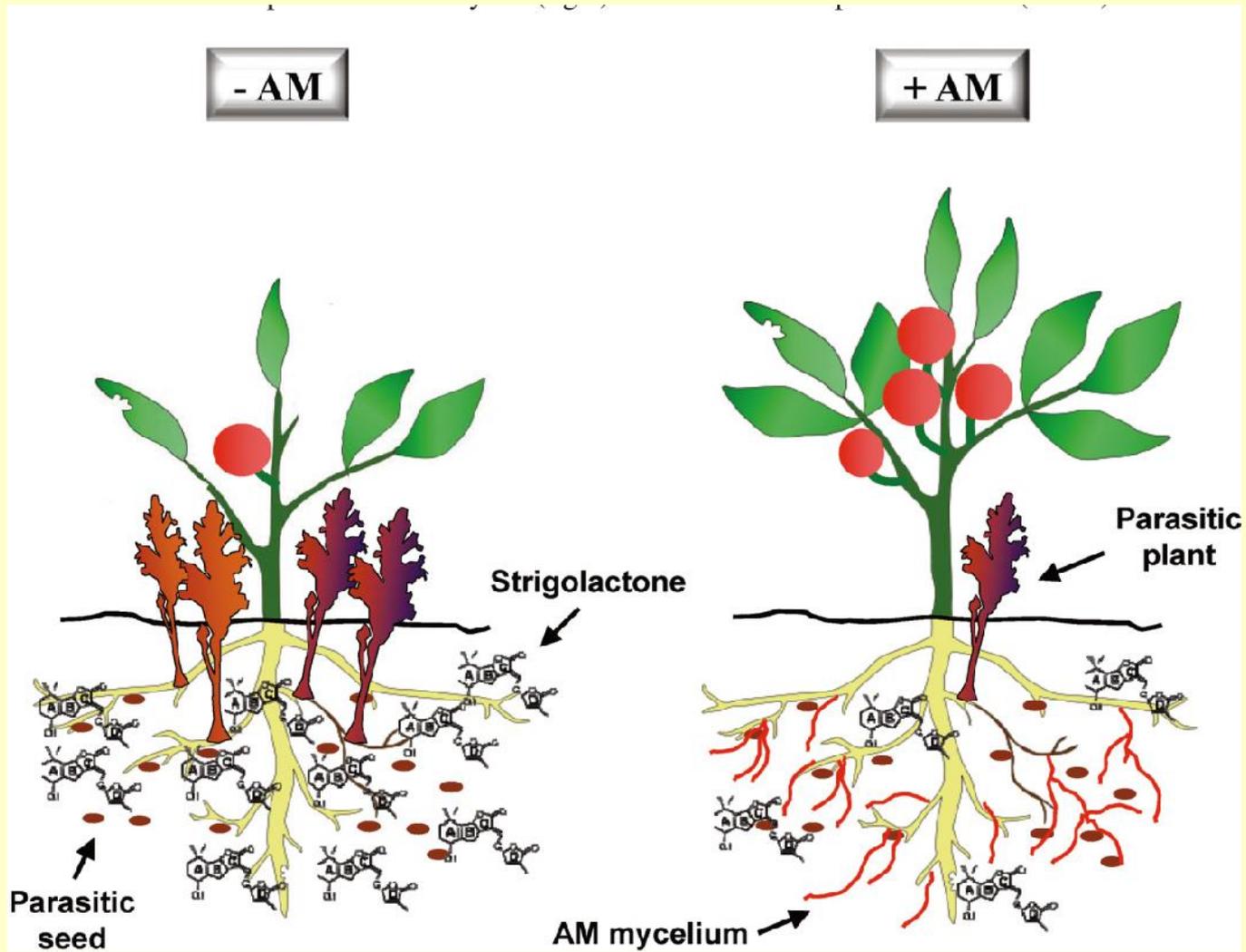


Striga lutea



Sono emessi dalle radici della pianta ospite e ne bastano solo 5ppm per la germinazione dei semi!

La presenza delle micorrize impedisce l'eccessiva crescita delle piante parassite....
Non è solo per migliorare la nutrizione di fosfato e potassio.



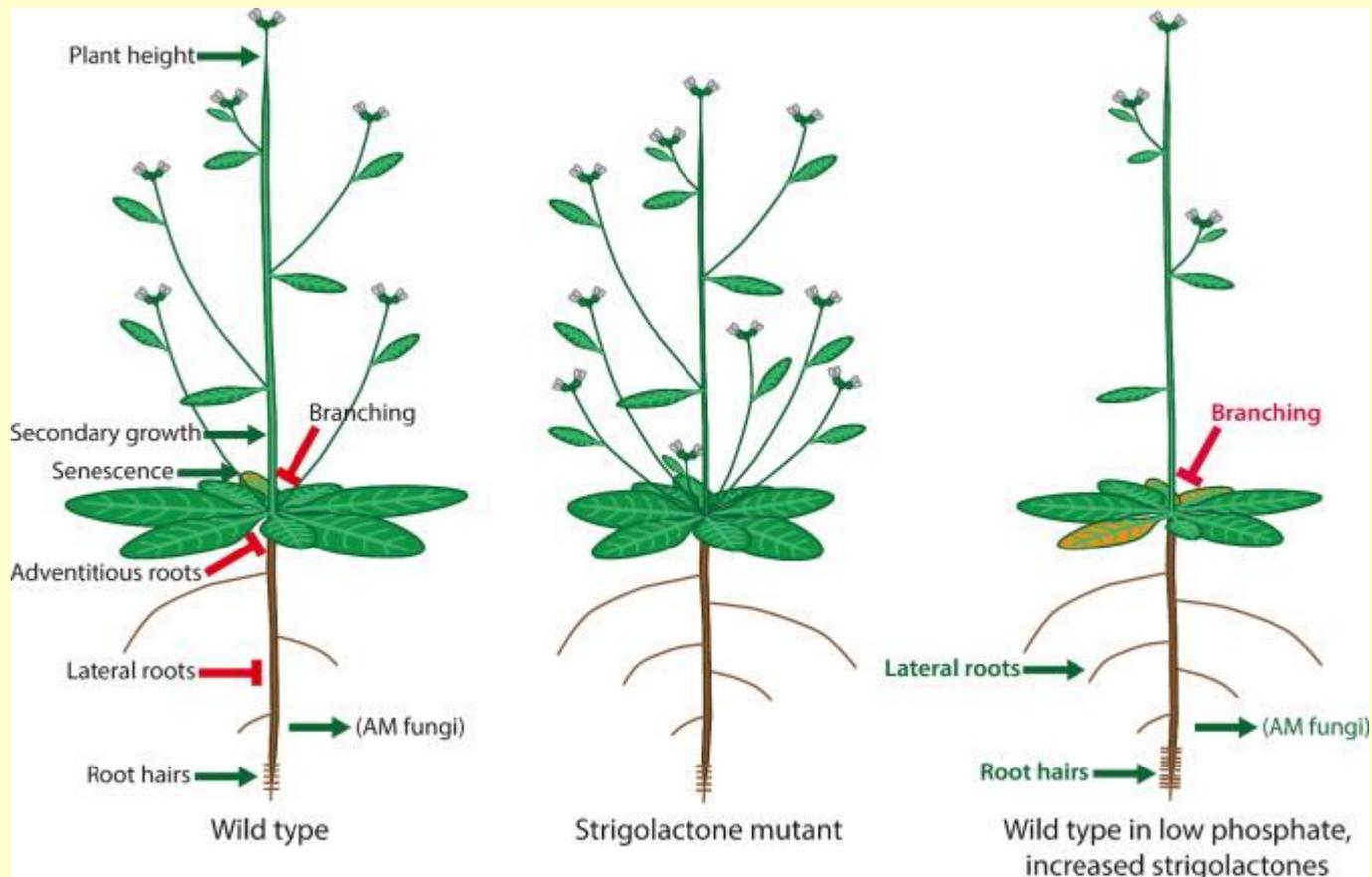
Ovviamente gli stigolattoni non sono emessi per favorire la germinazione dei parassiti, sono questi ultimi che hanno imparato ad ascoltare la conversazione pianta-micorrizza.

Prodotti dalla radice e traslocati alla parte aerea via xilema.

Sarebbero anche **ormoni che inibiscono la ramificazione!**

Ovvero la crescita delle gemme ascellari

Sviluppare una ramificazione eccessiva non è fitness. Gli strigolattoni bloccano l'espressione dei trasportatori per l'auxina, le PIN proteins, quindi...



Vediamo adesso alcuni degli altri ruoli dei flavonoidi e dei fenilpropanoidi in generale.....

.....LA DETERRENZA ALIMENTARE!

Insect-detering sorghum compounds may be eco-friendly pesticide

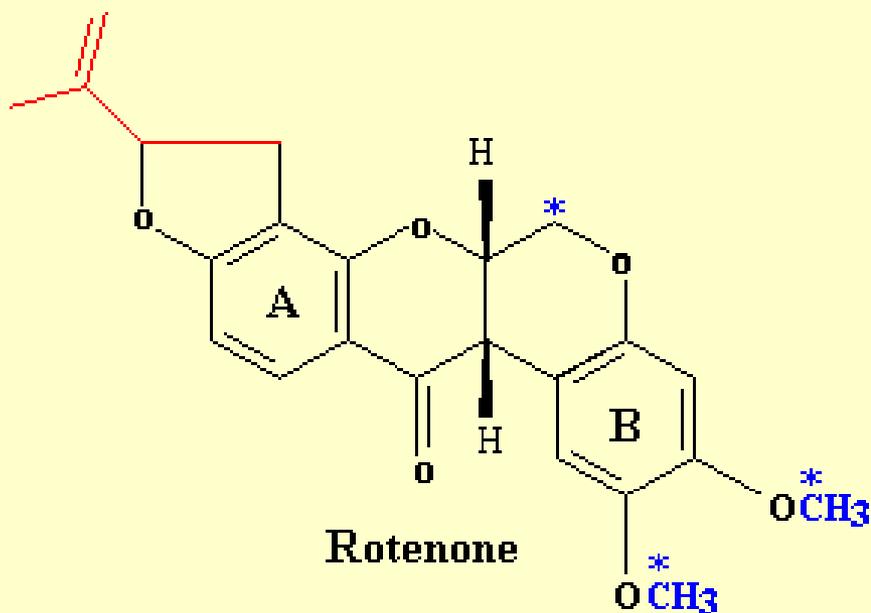
 228     16



Esempio: Nel sorgo 3-deoxyflavonoid and 3-deoxyanthocyanidins, deterrono gli afidi con meccanismo non noto..... Sotto studio per pesticidi naturali!

Esempio di un famoso isoflavonoide biologicamente attivo nella deterrenza alimentare:

II ROTENONE.



La sua azione anti-feeding deriva dal fatto che:

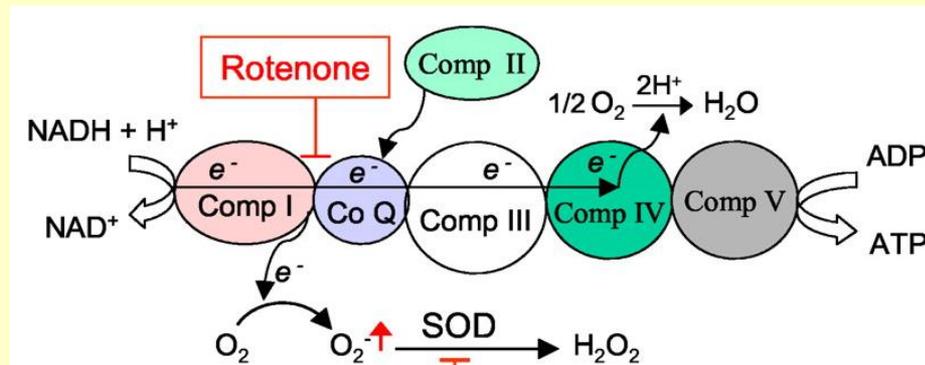
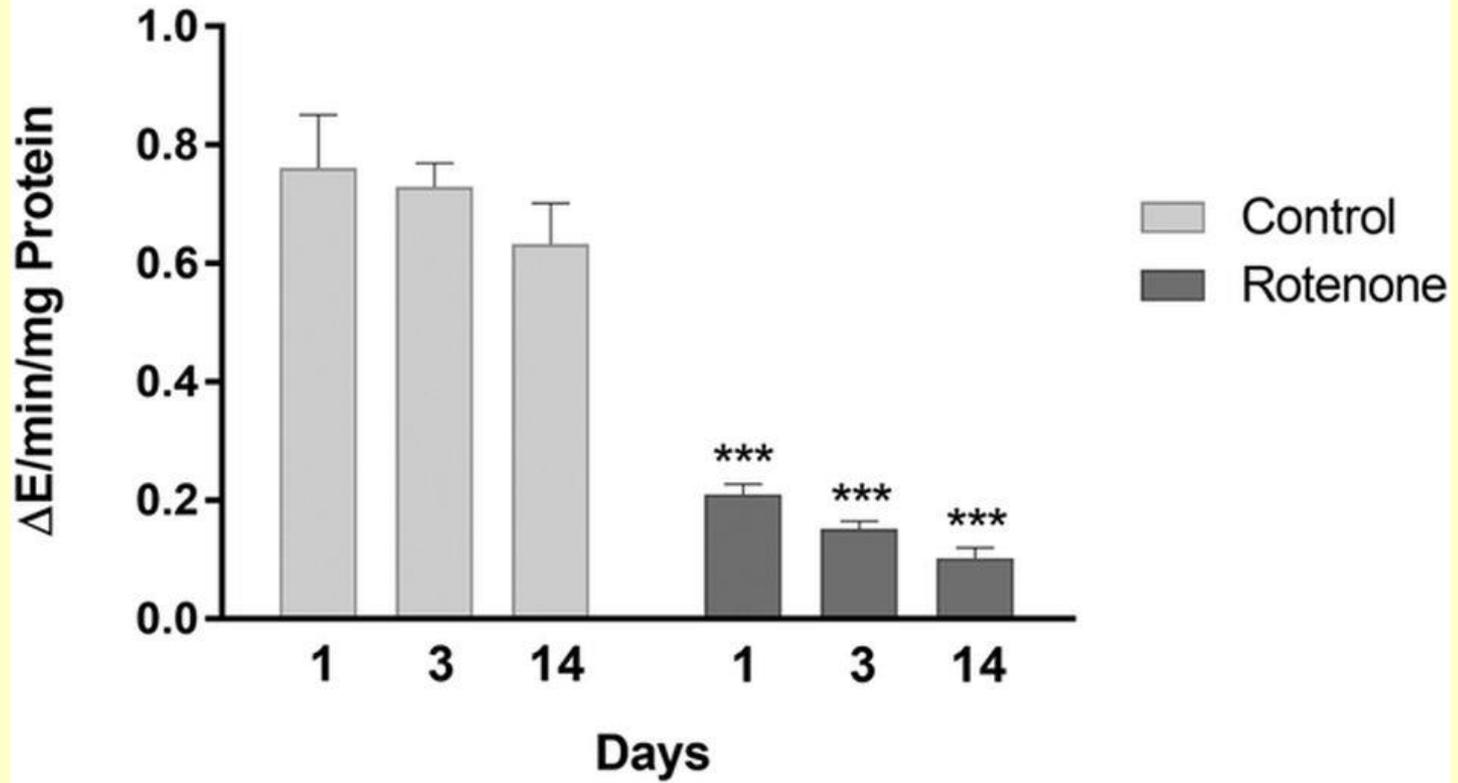
Inibisce il complesso I mitocondriale

Infatti è usato come insetticida naturale e come veleno per pescare i pesci.

* (blue): carbons derived from methionine.

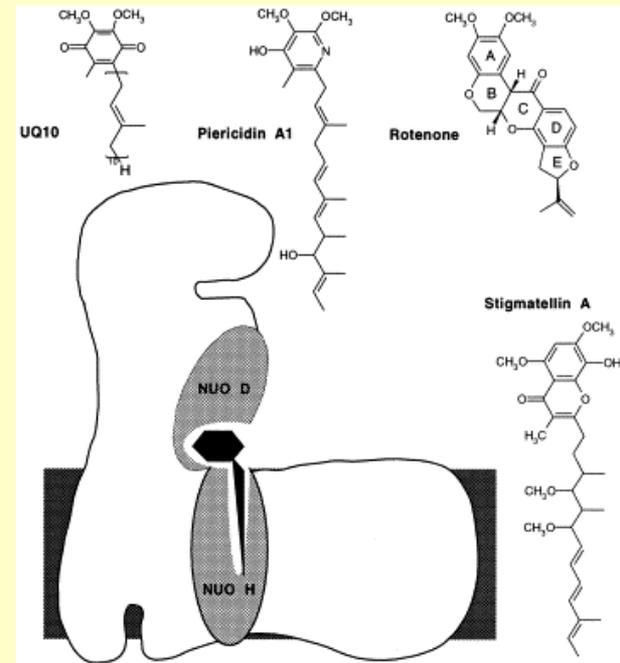
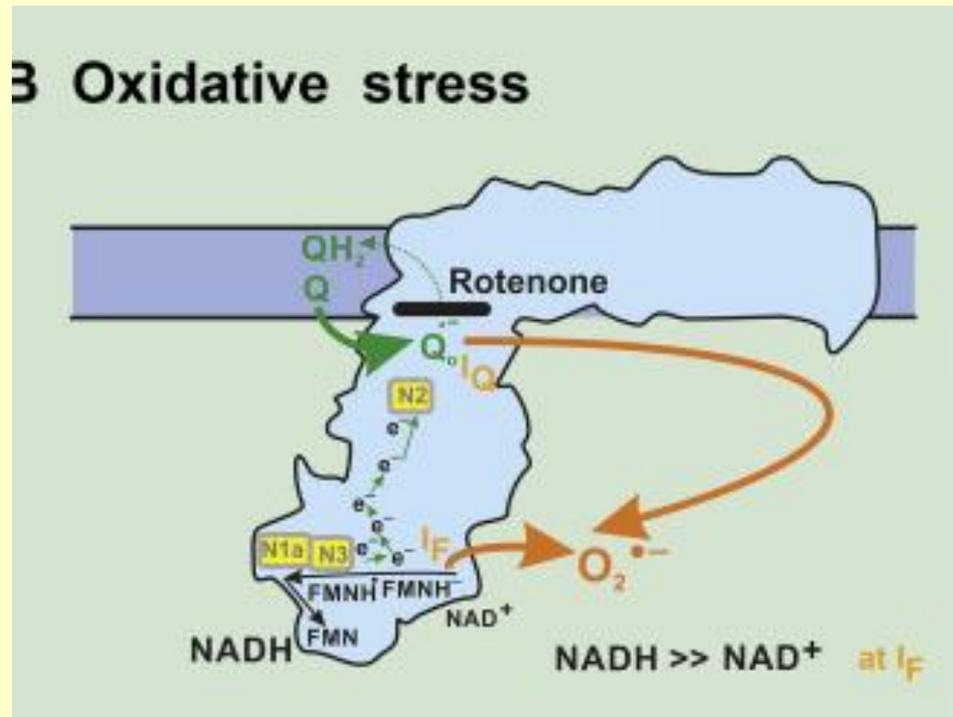
(red): carbons derived from PRENYL (isoprenoid).

Complex I activity



Il rotenone si lega al complesso I al posto dell'ubichinone!

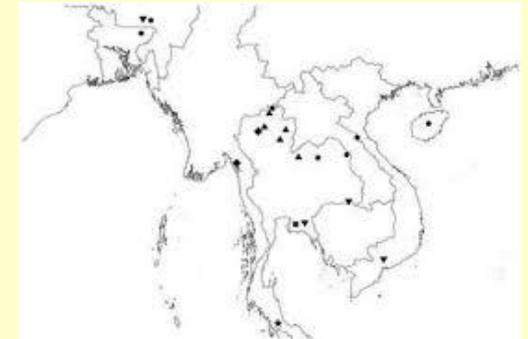
Non solo porta a **blocco della sintesi di ATP** ma anche ad **aumento dei ROS e seguente stress ossidativo**: il NADH dovrà pur riossidarsi....



Il Rotenone è presente in *Derris elliptica* e *Lonchocarpus utilis* o *urucu* (Family: *Leguminosae*), sia nella parte aerea che, specialmente, nelle radici.



Derris elliptica
Rampicante della
famiglia delle
Fabacee (Asia Sud-
Est)



Lonchocarpus utilis (o Barbasco, Sud America)



Raíces de barbasco (M. Allende)



Il rotenone, sebbene estremamente potente, è instabile alla luce ed al calore e la sua tossicità viene persa dopo 2-3 giorni in estate. Da qui i suoi usi come **antiparassitario e **strattagemma** per la **pesca**!**

E' molto tossico per tutti gli animali (di taglia non enorme!), infatti è spesso utilizzato per paralizzare e catturare i pesci.



Il blocco della NADH ossidasi porta anche a blocco della conduzione nervosa (azione anestetica) per mancanza di ATP.

Dose letale: da 10 a 100g!

La polvere di rotenone è spesso usata come antiparassitario naturale per le colture, ma provoca dermatite, rinite e faringite.

Meglio se in soluzione...

