

Il fiore

Nel fiore coesistono due generazioni che si alternano durante il ciclo vitale di una pianta e cioè la generazione sporofitica diploide e quella gametofitica aploide.

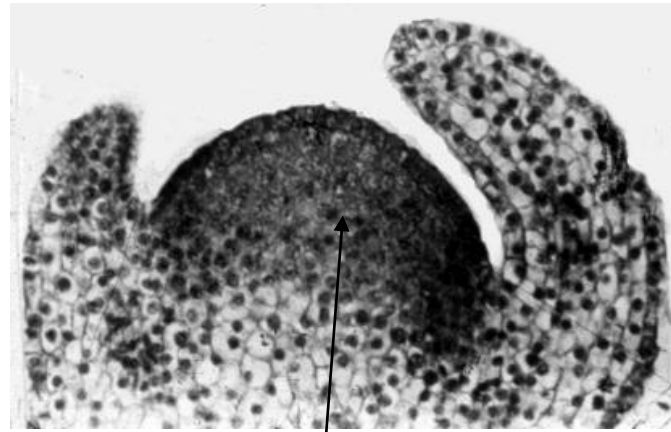
Il processo che porta alla formazione del fiore è molto complesso e non solo dal punto di vista morfologico ma anche per quanto riguarda il controllo genico.

Caratteristiche citologiche di un meristema determinato a fiore:

- 1) Aumentata sintesi di DNA nella zona centrale del meristema caulinare (ZC)
- 2) Sincronizzazione del ciclo cellulare
- 3) Aumentata sintesi di DNA e RNA in tutto l'apice
- 4) Aumento del contenuto proteico totale
- 5) Aumento di mitocondri
- 6) Considerevole allargamento e riorganizzazione dei nucleoli.



Tabacco: apice
caulinare



Tabacco: apice fiorale

Notare la diversa
meristemizzazione della ZC

Infiiorescenza indefinita

Fiore definito

Il meristema dell'infiorescenza si differenzia **parzialmente** o **completamente** in meristema florale da cui si differenzieranno i verticilli fiorali.

Dal Libro di testo:
Elementi di
Biologia dello
Sviluppo delle
Piante, ed.
EdiSES



a



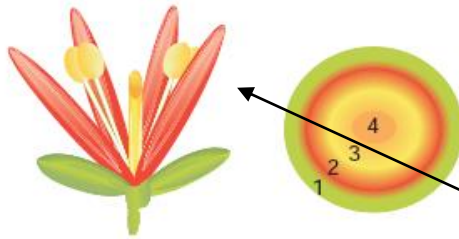
b

Il fiore è un germoglio a **crescita determinata**, con un asse corto, che porta gli sporofilli, foglie modificate, che a loro volta portano gli sporangi.

Verticilli spiralati
(carattere arcaico)

Verticilli
concentrici

a



b



Dal Libro
di testo:
Elementi
di Biologia
dello
Sviluppo
delle
Piante, ed.
EdiSES

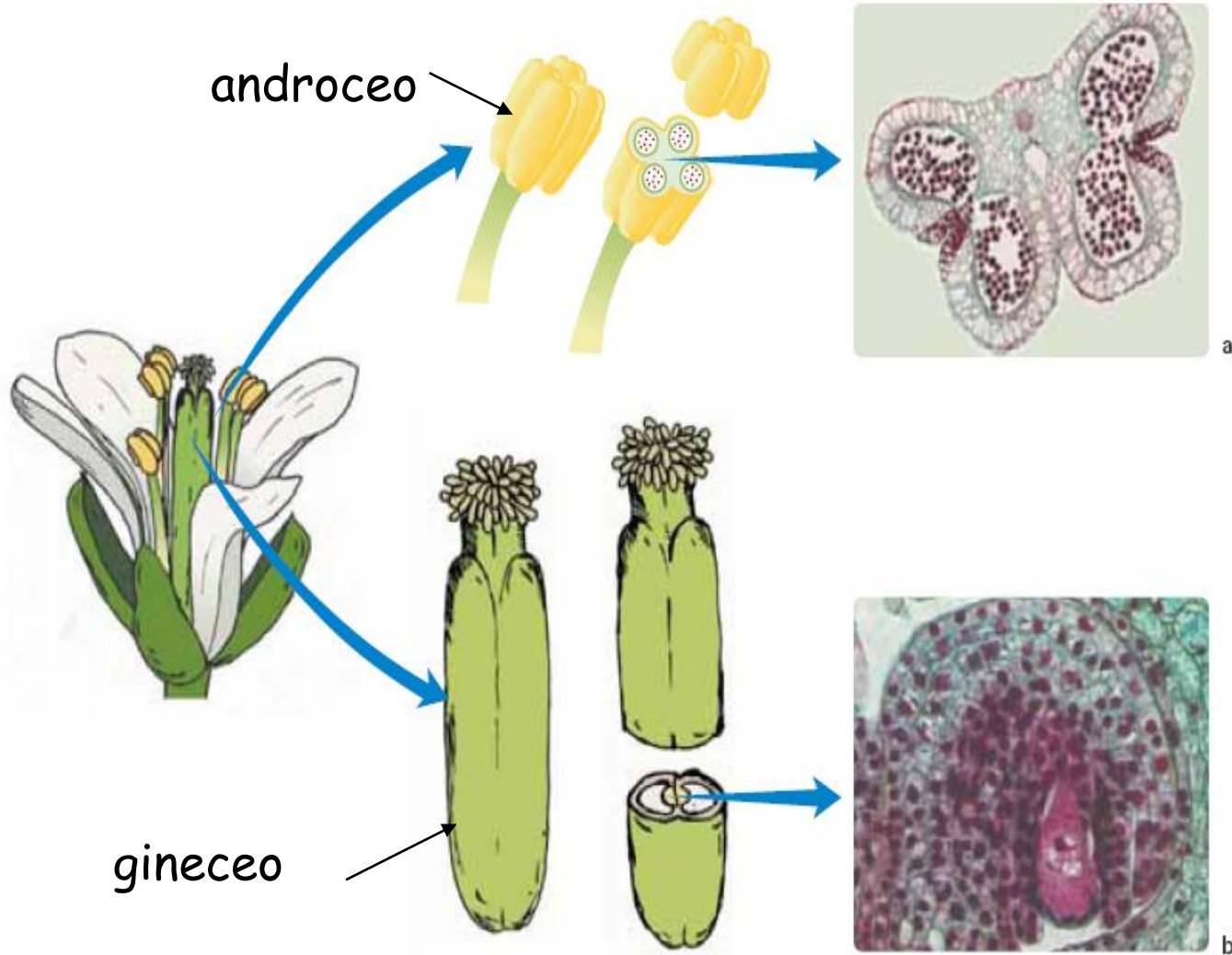
I processi della microsporogenesi/microgametogenesi e macrosporogenesi/macrogametogenesi, che portano alla formazione del gamete maschile e femminile rispettivamente, hanno luogo nelle parti fiorali fertili (sporofilli).

Le parti fertili del fiore sono:

il **gineceo** che è la sede della megasporogenesi/megagametogenesi,

l'androceo dove avviene invece la microsporogenesi/microgametogenesi.

microsporogenesi/microgametogenesi



macrosporogenesi/macrogametogenesi

Dal Libro di testo: Elementi di Biologia dello Sviluppo delle Piante, ed. EdiSES

Il fiore ermafrodita porta organi sia maschili che femminili.

Con l'evoluzione si è affermato il **dimorfismo sessuale** che porta a **fiori unisessuali staminiferi (maschili) e pistilliferi (femminili)**. **Se i fiori maschili e femminili sono sulla stesso individuo le piante sono monoiche se su individui diversi le piante sono dioiche.**

Ad esempio, sia in *Zea mais* che in *Actinidia deliciosa* (Kiwi) **il differenziamento degli stami e dei carpelli inizia, ma un solo tipo di organo va avanti nello sviluppo.**

In altre specie a dimorfismo sessuale i fiori sembrano competenti fin dall'inizio a produrre un solo sesso.

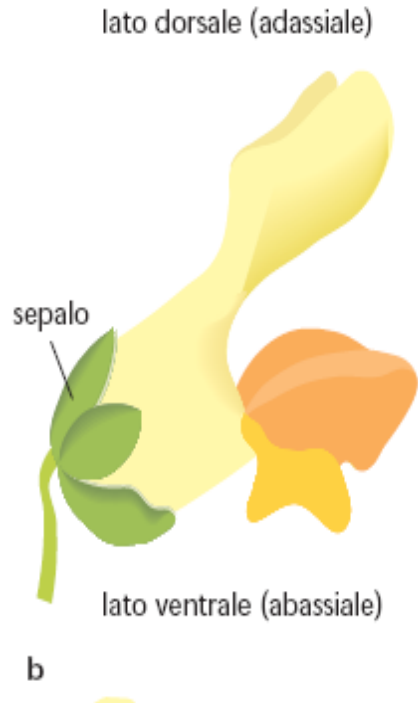
Neri **fiori attinomorfi (simmetria raggiata)** tutti gli organi fiorali della stessa identità (sepali, petali, stami e carpelli) sono uguali. Nei **fiori zigomorfi (simmetria bilaterale)** gli organi fiorali hanno forma e dimensioni differenti a seconda della posizione sull'asse florale. La morfologia degli organi fiorali si associa all'interazione con gli impollinatori. Le **forme particolari dei fiori zigomorfi** rendono molto specifica la visita degli impollinatori. Al contrario, i **fiori attinomorfi** sono visitati da un ampio numero di impollinatori diversi.

Per studiare le basi della simmetria dei fiori zigomorfi è stato utilizzato *Antirrhinum majus*, la bocca di leone

Dal Libro di testo:
Elementi di Biologia dello
Sviluppo delle Piante, ed.
EdiSES



Il fiore della bocca di leone ha 5 petali di diverse forme e dimensioni, 2 petali dorsali sono grandi e senza peli, i petali laterali sono piccoli e il petalo ventrale ha una forma ancora diversa.



Dal Libro di testo: Elementi di
Biologia dello Sviluppo delle
Piante, ed. EdiSES

Anche gli stami hanno una morfologia diversa, lo stame dorsale abortisce precocemente, i due stami laterali sono più corti di quelli ventrali.

Analizzando alcuni mutanti di questa pianta con alterazioni della morfologia fiorale è stato possibile individuare alcuni geni responsabili della simmetria dorso-ventrale del fiore.

Questi sono *CYCLOIDEA (CYC)* e *DICHOTOMA (DICH)*.

Mutanti *cyc* e *dich* mostrano una ridotta simmetria zigomorfa e il doppio mutante *cycdich* presenta fiori a simmetria raggiata.

Questi geni sono espressi molto presto durante lo sviluppo del fiore, ancora prima della comparsa dei verticilli fiorali stessi, nella regione dorsale del meristema fiorale. Successivamente nello sviluppo, questi geni rimangono confinati solo nei primordi dei petali e dello stame dorsale e sembrano condizionare la forma di questi organi.

Per la simmetria zigomorfa dei fiori di altre specie tuttavia **non è ancora** chiaro se intervengano gli stessi geni.

Il fiore di *Arabidopsis* è **attinomorfo**, è formato da 4 sepali, 4 petali e 6 stami di cui 2 più corti, e da un pistillo formato da due carpelli fusi. L'ovario è formato da due valve separate, suddiviso in due cavità separate da un setto da cui sporgono gli ovuli.

Dopo la fecondazione ogni ovulo si trasforma in seme e l'ovario che lo racchiude diventa il frutto, la siliqua.



Le piccole dimensioni permettono di confrontare facilmente
differenti genotipi



	Control	25 mM	50 mM	100 mM	NaCl
Day 0					WT soat-1
Day 7					WT soat-1
Day 14					WT soat-1



Coltivata su terriccio in camera termostata

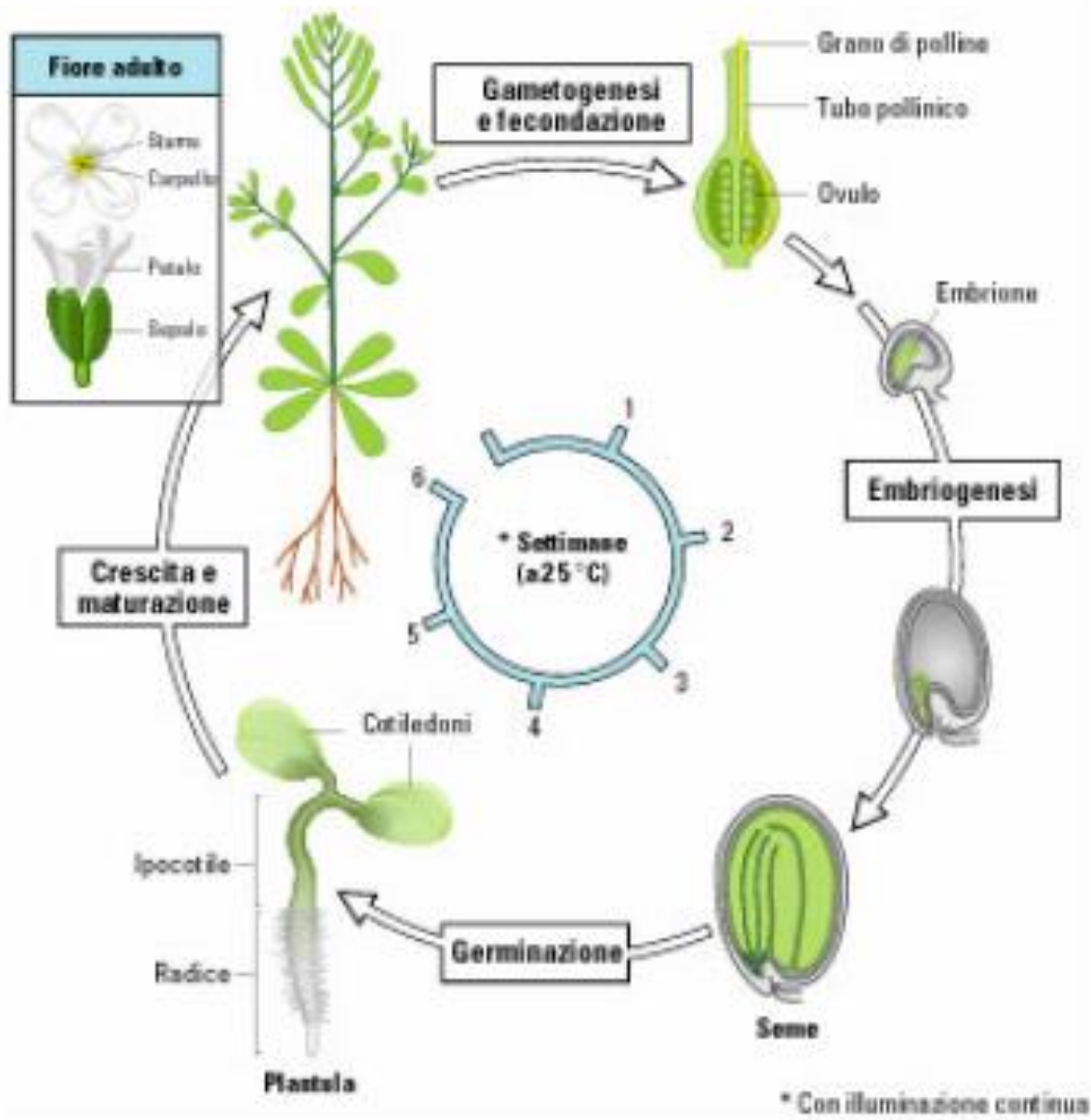
**Coltivata su terreni
sintetici agarizzati**



**Autofertilizzazione
comune
(fiori ermafroditi)**

**Solo 6 settimane per
completare il ciclo**

**Germinabilità
elevata
sia in terra che
*in vitro***



Una sola pianta di *Arabidopsis* può produrre fino a 10,000 semi, il che permette di allestire con relativa facilità esperimenti di mutagenesi

La piccola dimensione dei semi (0,5 mm) permette di fare screening di centinaia di semi in piastre Petri senza occupare molto spazio permettendo così di identificare mutanti





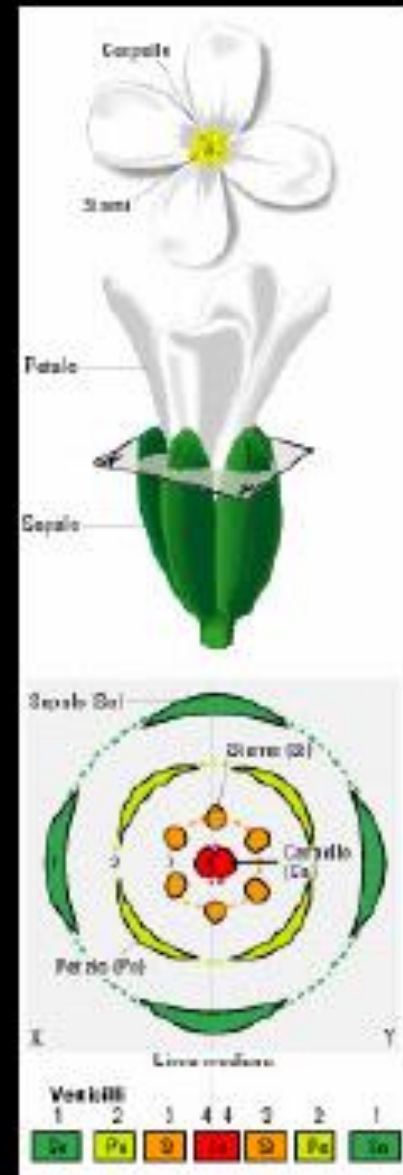
Pianta di *Arabidopsis* matura



Fiori maturi



Siliqua matura



Schema florale

Il meristema florale, mediante divisioni, distensione e differenziamento cellulare si trasforma in un fiore costituito dai vari verticilli. Questi si formano nello stesso numero e sequenza tipica della specie

I sepali rappresentano il/i verticillo/i inserito/i per primo/i sull'asse florale, a partire dal basso, seguiti poi dai petali e, nella parte centrale residua del meristema, si organizzano gli stami ed i carpelli.

Sequenza dello sviluppo dei pezzi fiorali:

Calice → Corolla → Stami → Carpelli
(successione acropeta o centripeta)

La maggior parte delle informazioni acquisite sullo sviluppo florale sono state ottenute in *Arabidopsis* e tramite analisi dei **mutanti omeotici fiorali**.

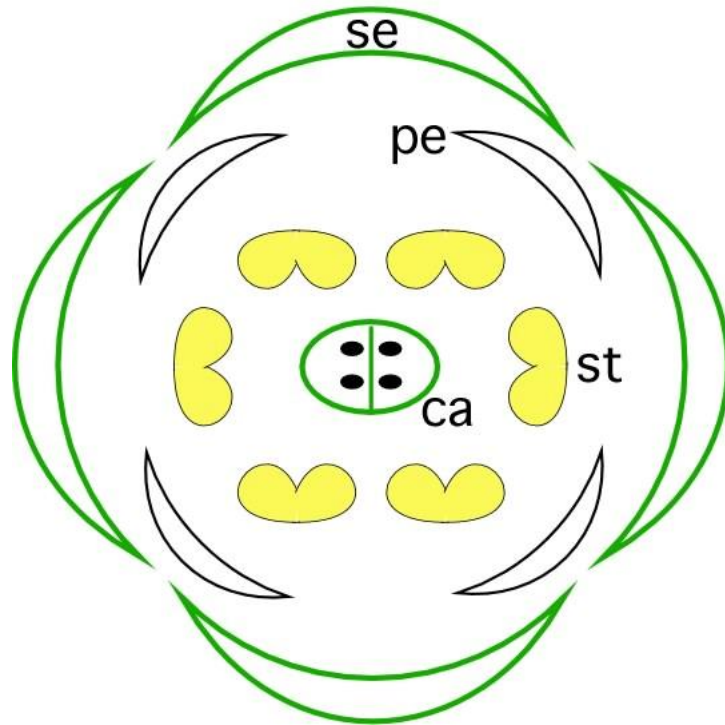
Le mutazioni omeotiche determinano nel fiore la formazione di organi normali in posizione sbagliata.

Es. di mutanti omeotici sono le varietà di rose coltivate (elevato numero di petali, che in effetti sono stami modificati), la rosa selvatica ha solo 5 petali.

Lo studio di questi mutanti omeotici ha permesso di identificare classi di geni (FT) che controllano l'organizzazione e lo sviluppo dei verticilli fiorali, la loro regolare espressione porta al normale sviluppo del fiore

- Un **gene omeotico (omeogene)** è il gene che regola una serie di altri geni adibiti allo sviluppo del piano strutturale di un organismo.
- In alcune cellule del corpo questi **geni omeotici** sono attivi, in altre cellule sono disattivi, il risultato finale è un organismo adulto.
- Una mutazione di un **gene omeotico** è responsabile di malformazioni morfologiche dell'organismo.

Il fiore di *Arabidopsis*



4 VERTICILLI:

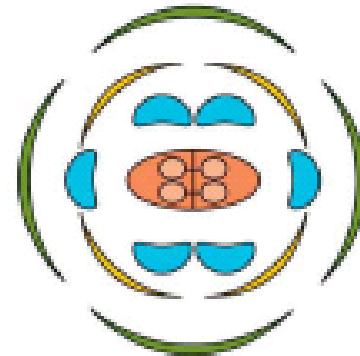
- Quattro sepali (verdi)
- Quattro petali (bianchi)
- Sei stami (quattro più lunghi)
- Un pistillo (composto da due carpelli)

MODELLO ABC

Negli anni '90 E. Meyerowitz, E. Coen et al. proposero il modello ABC per l'identità degli organi fiorali

- Basato sullo studio dei **mutanti fiorali omeotici** di *Arabidopsis* e *Antirrhinum*
- Modello semplice e applicabile a molte angiosperme
- Ancora oggi valido con integrazione di nuovi geni

Il modello ABC postula che l'identità d'organo nel fiore è controllata dalla combinazione di tre funzioni geniche A B C nei verticilli fiorali

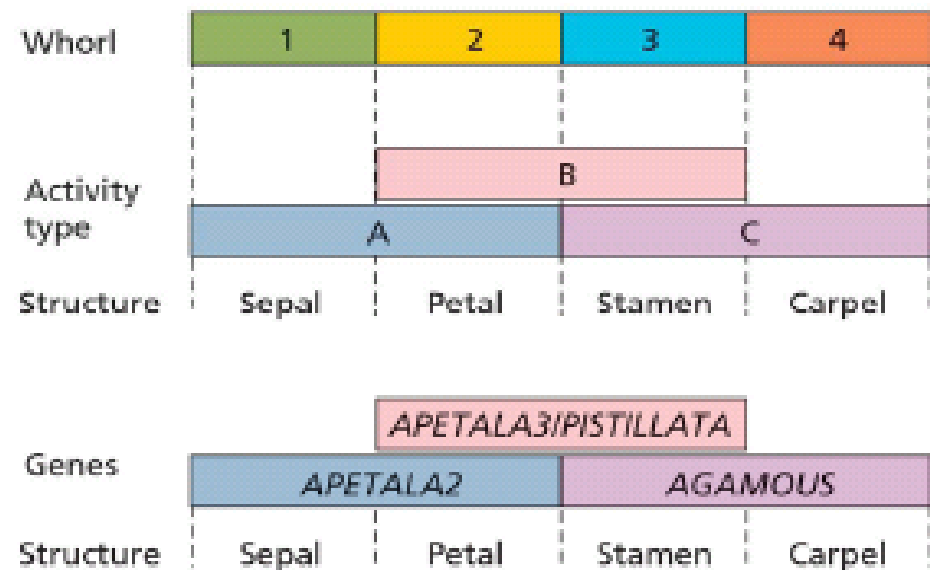


A = SEPALI

A+B = PETALI

B+C = STAMI

C = CARPELLI



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 44.1 © 2001 Sinauer Associates, Inc.

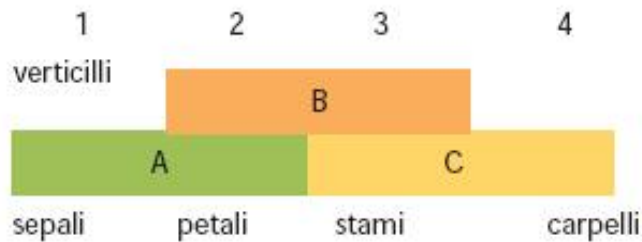
A e C si reprimono reciprocamente

Il modello ABC prevede che nel primo verticillo l'espressione dei geni di classe A specifichi l'identità dei sepali

Nel secondo verticillo la co-espressione dei geni A e B determinano l'identità dei petali. Inoltre le proteine codificate dai geni di classe A nel primo e secondo verticillo reprimono l'espressione dei geni C

L'espressione dei geni di classe C e D nel terzo verticillo determina l'identità degli stami

L'espressione dei geni di classe C nel quarto verticillo determinano l'identità dei carpelli



Il modello ABC prevede che i sepali siano determinati dall'attività dei geni di classe A (AP1 e AP2), i petali dai geni A e B (AP3), gli stami dai geni B e C (AG) e i carpelli dai geni C.

Sono tutti Fattori di Trascrizione, la maggior parte con dominio **MADS** (MADS-box a 58 aa in grado di legare il DNA)

Dal Libro di testo: Elementi di Biologia dello Sviluppo delle Piante, ed. EdiSES

Sepali dai geni di classe A (AP1 e AP2), i petali dai geni A e B (AP3), gli stami dai geni B e C (AG) e i carpelli dai geni C.

3 tipi di mutanti hanno permesso di comprendere lo sviluppo florale.

1° classe di mutanti: apetala 1 e apetala 2: i sepali sono convertiti in carpelli ed i petali in stami

Ca/St/St/Ca

2° classe di mutanti: apetala 3/pistillata: i petali sono convertiti in sepali e gli stami in carpelli

Se/Se/Ca/Ca

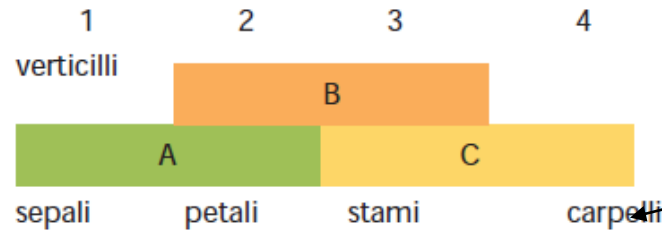
3° classe di mutanti: agamous: gli stami sono convertiti in petali ed i carpelli in sepali

Se/Pe/Pe/Se

Le mutazioni interessano sempre 2 verticilli adiacenti

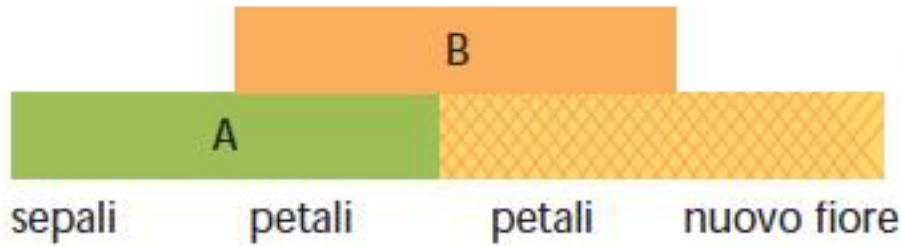
L'analisi dei mutanti ha permesso di ipotizzare che ciascuna delle 3 classi di mutanti è il risultato della mancanza di un'attività genica essenziale per la normale formazione del fiore.

Wild type



Dal Libro di testo:
Elementi di Biologia dello
Sviluppo delle Piante, ed.
EdiSES

agamous



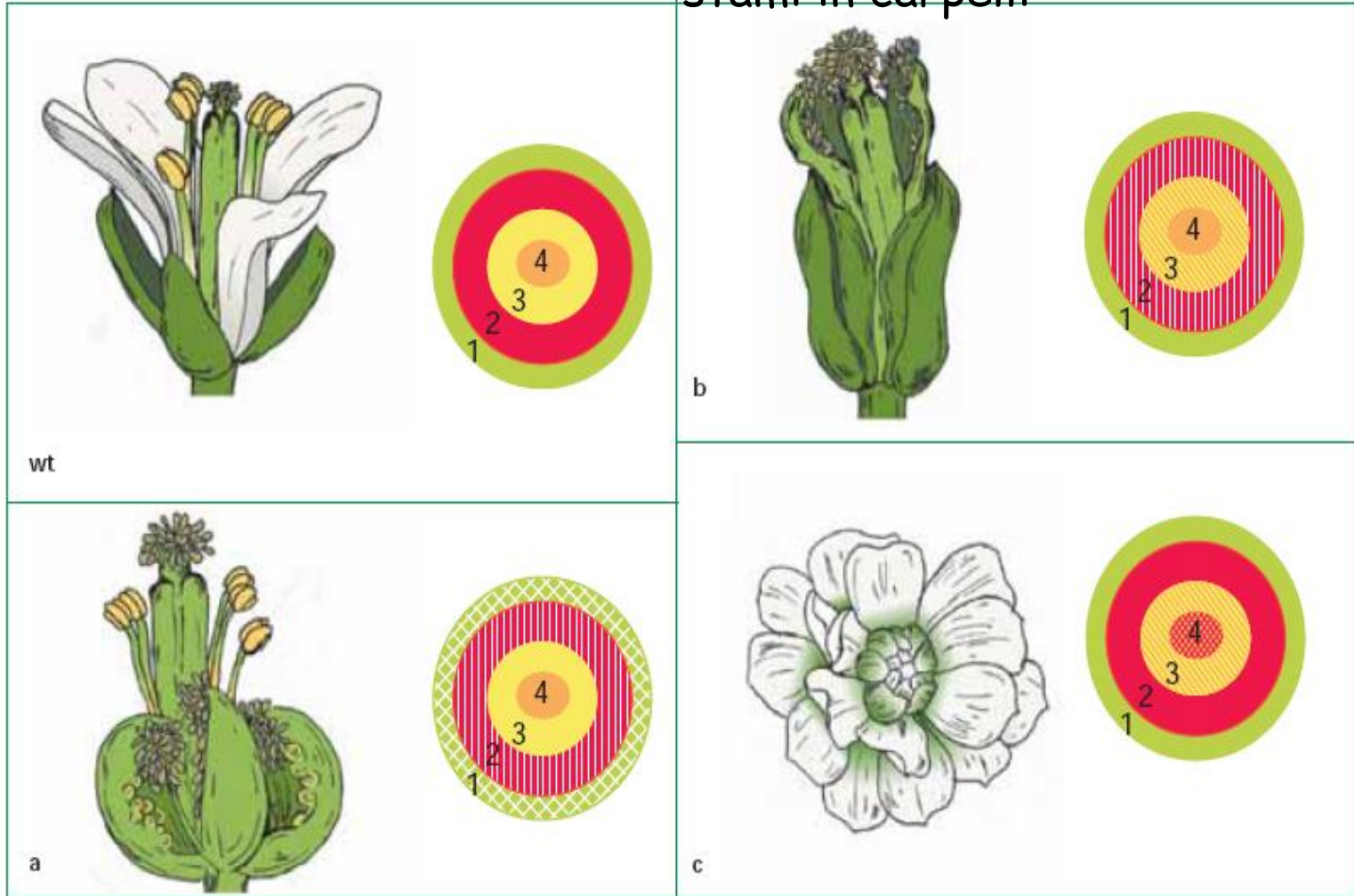
Il blocco dei geni C porta alla formazione di fiori con sepali, petali,

Perché nel mutante ag si forma un nuovo fiore al posto dei carpelli?

In questo mutante si ha la perdita della determinazione del meristema florale perché Wuscel continua ad essere attivo in quanto Agamous che lo regola negativamente è soppresso

Il meristema florale in mancanza dei geni C non è più determinato e le cellule meristematiche al centro del meristema non si esauriscono, ma continuano a formare nuovi organi.

Pistillata, petali in carpelli e stami in carpelli



wt

b

a

c

apetala2

Ap2, conversione di sepali in carpelli, no petali o loro conversione in stami

agamous

ag, Stami in petali e nuovo fiore al posto dei carpelli

Cosa succede se sono
difettosi
contemporaneamente i
geni di classe A, B e C??

Triplo mutante difettoso di geni di
classe A, B e C mostra tutti i
verticilli fiorali convertiti in
foglie!!!!

MODELLO ABCDE

Alla metà degli anni '90 il modello fu esteso ad un'altra classe di geni la classe **D**. Questi geni, FLORAL BINDING PROTEIN7 e 11 (FBP7 e 11), furono **identificati in petunia e si osservò che erano indispensabili per determinare l'identità dell'ovulo**

Mutanti fbp7 e fbp11 presentano strutture simili a carpelli al posto degli ovuli. E la loro sovraespressione determina la formazione ectopica di ovuli su sepali e petali.

I geni di classe D in *Arabidopsis* sono rappresentati da SEEDSTICK (STK), omologo a FBP7 e FBP11. L'espressione ectopica di questo gene forma ovuli ectopici e strutture simili a carpelli sui sepali.

STK comunque è necessario anche per una corretta formazione del funicolo e per l'abscissione dei semi.

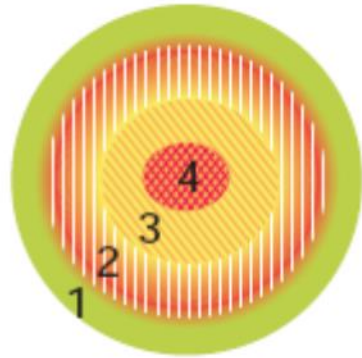
Nel 2000 questo modello è stato ulteriormente amplificato aggiungendo i geni di classe E.

Questa classe di geni è rappresentata dai geni SEPALLATA (SEP). È stato dimostrato che questi geni sono necessari per la determinazione di tutti gli organi floreali. Sono espressi in tutti gli organi floreali già a livello di primordio, ma non sono espressi nel doma vegetativo.

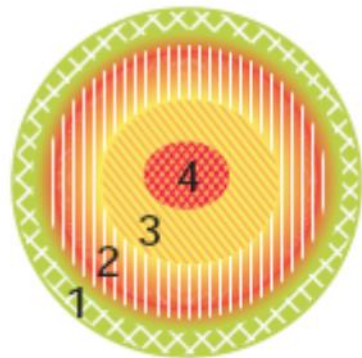
Triplo mutante $sep1sep2sep3$ ← Fiore solo di sepalì

I geni SEP sono necessari per la conversione delle foglie in organi floreali

quadruplo mutante $sep1sep2sep3sep4$: Fiori di foglie Fiore indeterminato



a

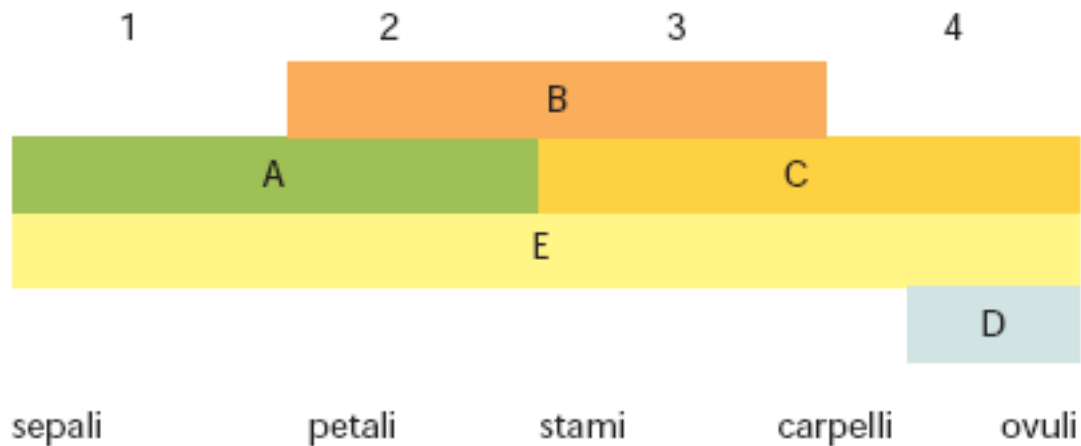


b



Lo studio dei mutanti *sep* e dell'azione dei geni *SEP* ha permesso di confermare la vecchia intuizione che i verticilli fiorali siano foglie modificate.

Gli organi fiorali si formano correttamente solo se i geni di classe A, B, C, D ed E vengono espressi in modo corretto.



C,E=carpelli

C,E,D=ovuli

Fig. 7.17 → Il modello ABCDE

È possibile estendere il modello ABC anche ai fiori delle altre Angiosperme?

Si

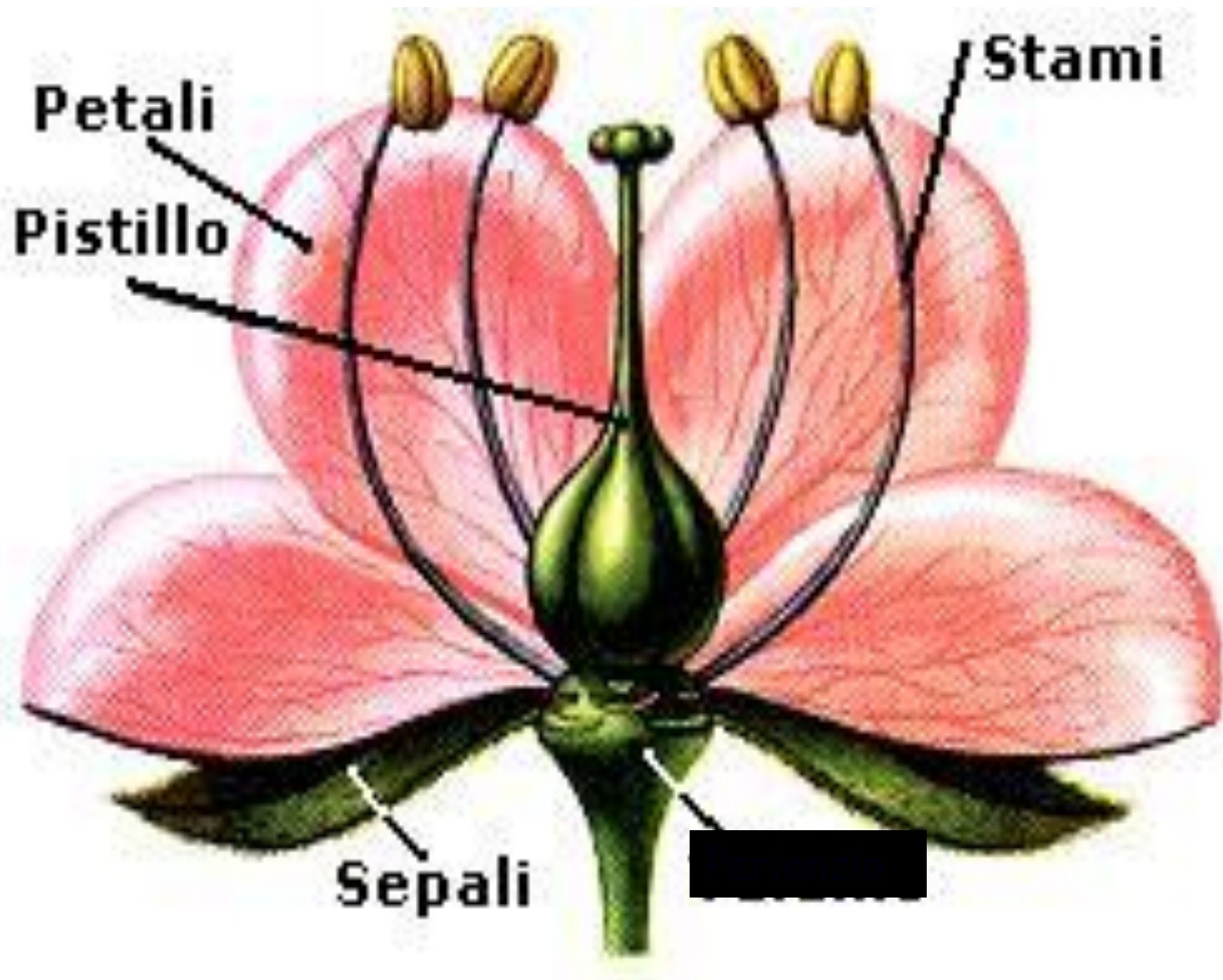


Negli ultimi anni si stanno isolando e caratterizzando numerosi geni in diverse specie di Angiosperme che appartengono un po' a tutte le classi di geni identificate in Arabidopsis.

Anche nelle monocotiledoni ad es. è stato dimostrato che i geni di classe B sono espressi anche nel primo verticillo in questo modo anzichè **sepali e petali si formano i tepali.**

Arabidopsis

tulipano



Le specie autogame sono le specie che si autofecondano.

Processi che hanno luogo nello stame per un'impollinazione di successo nelle piante autogame

sono:

- maturazione del polline
- deiscenza dell'antera, necessaria per il rilascio del polline
- allungamento del filamento staminale, lo stame deve raggiungere la giusta posizione rispetto allo stigma.

Gli ormoni regolano questi processi di sviluppo e li coordinano l'un l'altro e con lo sviluppo del carpello.

È noto che **l'auxina regola** i primi stadi di sviluppo dello stame.

È stato dimostrato che **anche l'acido giasmonico è** implicato in questi processi e soprattutto nel coordinare le fasi di rilascio del polline ed apertura del fiore (antesi).

1) Doppi mutanti per i geni YUC2 e YUC6 mostrano primordi degli stami formati regolarmente, ma successivo sviluppo fortemente alterato. Raramente producono polline vitale e l'allungamento dello stame è ridotto.

I geni YUC sono geni della biosintesi dell'auxina.

2) Mutanti per geni ARF (Auxin Response Factors) hanno stami con filamenti corti e antere indeiscenti.

Il gametofito maschile

Il microgametofito, che contiene i microgameti, delle piante a fiore è un individuo molto piccolo è formato solo da due o tre cellule. Si sviluppa all'interno dell'antera e si chiama **polline**. L'intero processo di sviluppo che porta alla formazione dei microgameti è noto come microgametogenesi e segue la microsporogenesi.

All'inizio del suo sviluppo l'antera è formata da una massa di cellule uniforme circondata da un'epidermide solo parzialmente differenziata. Alla fine del suo sviluppo all'interno dell'antera si individuano 4 gruppi di cellule, uno per loggia, costituenti il tessuto sporigeno o archesporio.

Ogni gruppo è circondato da vari strati di cellule sterili dalle quali si svilupperà la parete della loggia, o sacca pollinica, che comprende cellule a funzioni nutritive per le microspore in via di sviluppo.

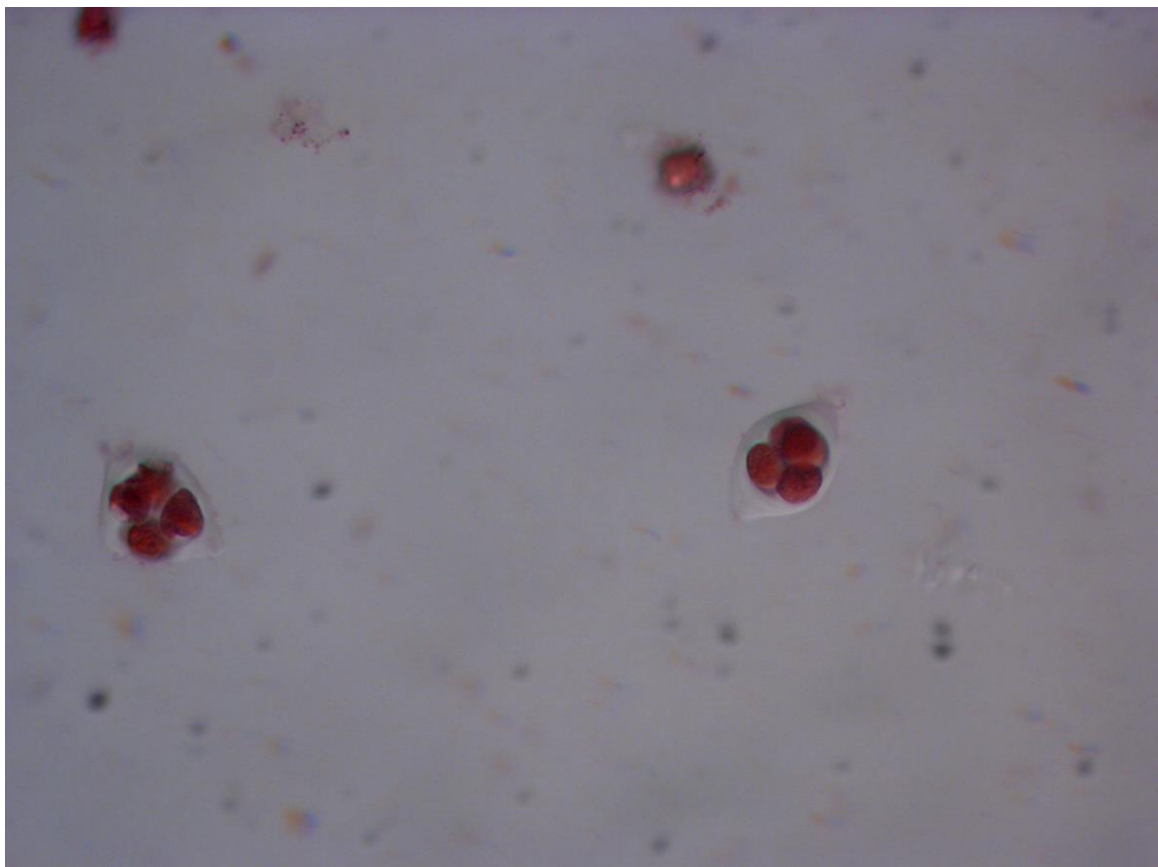
Le cellule nutritive costituiscono il **tappeto**, e questo è lo strato più interno della "parete" dell'antera.

Le cellule sporogene si trasformano in microsporociti (cellule madri delle microspore) che subiscono la meiosi.

Ogni microsporocito diploide produce una tetraide di microspore aploidi. Con la formazione delle microspore aploidi si conclude la microsporogenesi.

La tetraide di microspore può essere contenuta all'interno di una parete molto resistente formata da callosio.

Tetradi circondate da callosio



Durante la meiosi, ogni divisione nucleare può essere immediatamente seguita dalla formazione di una parete, oppure i 4 protoplasti delle microspore possono essere rivestiti da parete solo dopo la seconda divisione della meiosi.

La prima condizione è comune tra le monocotiledoni, la seconda tra le dicotiledoni.

Il successivo sviluppo determina le caratteristiche tipiche del granulo pollinico.

I granuli pollinici si rivestono di un resistente involucro l'ESINA e di una parete interna l'INTINA.

L'esina è composta da una sostanza estremamente resistente la SPOROPOLLENINA. E' il biopolimero più resistente che si conosca, è presente nelle pareti delle spore di tutte le piante.

L'intina composta essenzialmente di cellulosa e pectine, viene depositata dal protoplasto della microspora.

La microgametogenesi, nelle Angiosperme inizia con la mitosi della microspora e la formazione di due cellule all'interno della parete cellulare originale.

La divisione mitotica dà origine a una grande cellula del tubetto e ad una cellula generativa più piccola.

Questa struttura è il granulo pollinico o microgametofito immaturo.

In un gran numero di Angiosperme il granulo pollinico viene rilasciato dalle antere in questo stadio.

In alcune specie il nucleo della cellula generativa si divide ancora prima della liberazione del polline dall'antera dando origine ai due gameti maschili o cellule spermatiche.

Per identificare i fattori che controllano lo sviluppo del polline si è ricorso a mutanti con uno sviluppo anomalo del microgametofito.

Il tappeto che circonda le cellule madri delle microspore produce proteine e lipidi necessari allo sviluppo del polline.

In mutanti con polline non fertile è stato osservato un'anomalia nelle funzioni del tappeto. In questo caso tutti i granuli pollinici sono sterili perchè il tappeto è un tessuto dello sporofito e la sua azione si riflette su tutte le cellule che si formano al suo interno.

Altre mutazioni alterano le fasi della microgametogenesi. In particolare nel mutante **duo** si ha la prima divisione asimmetrica, nella microspora, con formazione di una cellula più grande, la cellula vegetativa, ed una più piccola, la cellula generativa (divisione regolare), però **quest'ultima non si** divide una seconda volta per formare i due nuclei spermatici.

Altre anomalie sono state identificate a carico della germinazione del polline e dell'allungamento tubetto pollinico.

Ammettendo che sia un segnale ormonale ad attivare il processo di deiscenza dell'antera, questo si origina nelle microspore?

improbabile:

mutanti di *Arabidopsis* "pollenless" e piante maschiosterili di tabacco presentano normale deiscenza (Sanders et al., 1999, Mariani et al., 1990, Roberts et al., 2002). E' possibile che il segnale provenga dal filamento staminale o sia prodotto nei tessuti somatici dell'antera?

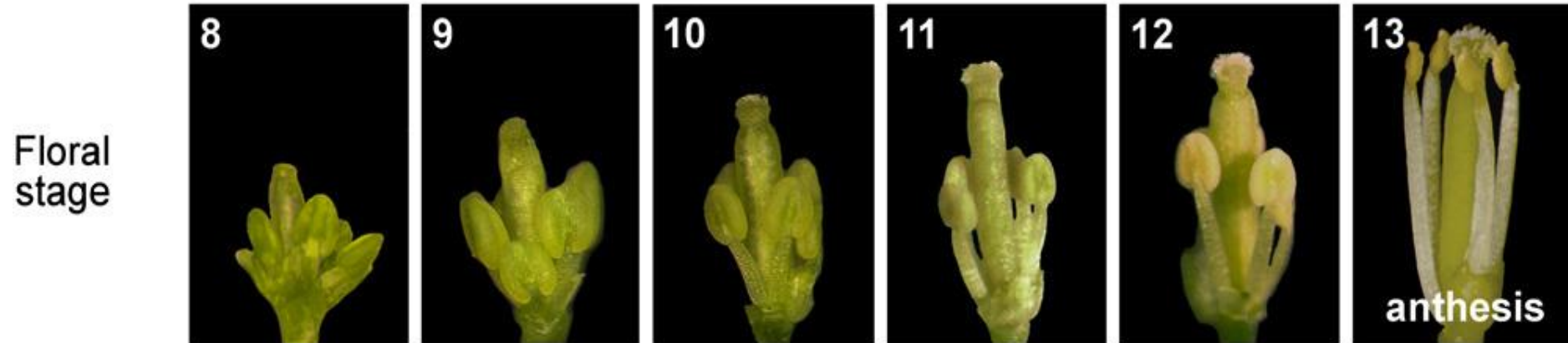
Auxin regulates Arabidopsis anther dehiscence, pollen maturation and filament elongation

Plant Cell. 2008; 20(7): 1760–1774.

- Autori:
- [Valentina Cecchetti](#), [Maria Maddalena Altamura](#), [Giuseppina Falasca](#), [Paolo Costantino](#), and [Maura Cardarelli](#)

Developmental events

Anther			endothecium lignification	septum lysis	anther dehiscence
Pollen	meiosis		mitosis I	mitosis II	mature pollen
Filament		pre-anthesis elongation starts			pistils reached



Stadi di sviluppo di androceo e gineceo in Arabidopsis

Stadio 7: diventano distinguibili filamento ed antera

Stadio 8: premeiosi

Stadio 10: fine meiosi

Stadio 13: deiscenza dell'antera

Plant Cell. 2008; 20(7):
1760-1774.

In Arabidopsis è stato dimostrato che:

L'auxina è presente ad alti livelli subito dopo la fine della meiosi. In particolare nei **tessuti dell'antera** (endotecio, middle layer e tappeto), nelle microspore e nel procambio del filamento con maggiore accumulo nella zona di giunzione fra filamento ed antera.

I livelli di auxina diminuiscono con l'inizio della maturazione del polline, quindi l'auxina è attiva in una finestra temporale precisa.

Per capire se l'auxina venga sintetizzata nell'antera ed in quali stadi, è stata analizzata la localizzazione di trascritti dei geni biosintetici dell'ormone (*YUC2* e *YUC6*)

I due geni si esprimono contemporaneamente e negli stessi tessuti.

L'espressione è massima allo stadio 8 cioè prima dell'inizio della meiosi, diminuisce durante gli stadi successivi e si spegne completamente allo stadio 12.

L'espressione è evidente negli stessi tessuti (endotecio, tappeto, middle layer e cellule madri delle microspore e procambio del filamento) dove dallo stadio 10 in poi si vede l'accumulo dell'ormone

In *Arabidopsis* alla fine della meiosi, quando i recettori dell'auxina sono attivi così come i geni per la biosintesi dell'auxina, l'ormone induce l'allungamento dello stame e **previene** la precoce lignificazione dell'endotecio, **la precoce maturazione del polline e la rottura dello stomio (necessaria per la deiscenza)**.

Tuttavia, l'auxina che controlla questi eventi è quella sintetizzata in loco e non trasportata da altri tessuti.

Quindi l'auxina coordina la deiscenza dell'antera e la maturazione del polline.

L'acido giasmonico è anche coinvolto nella deiscenza.

La relazione fra auxina ed acido giasmonico è stata stabilita di recente

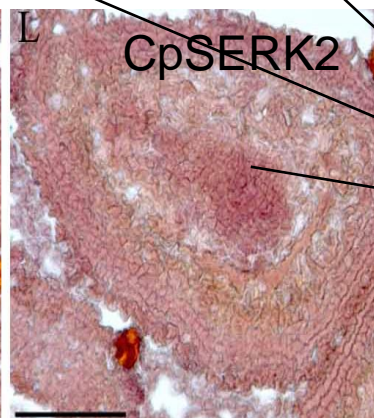
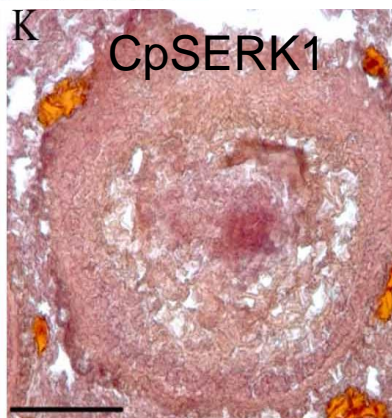
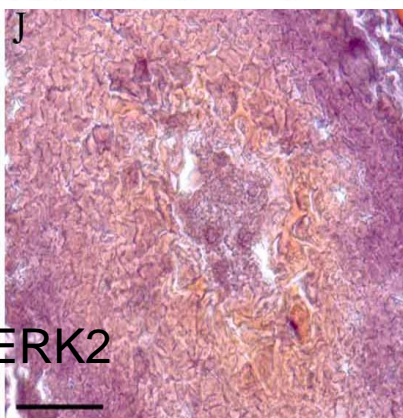
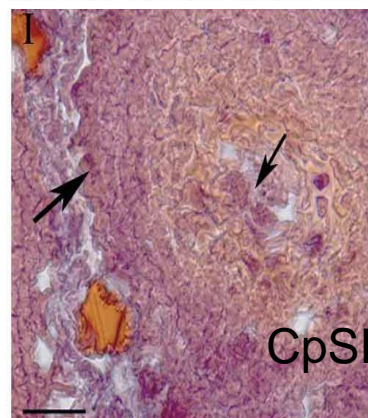
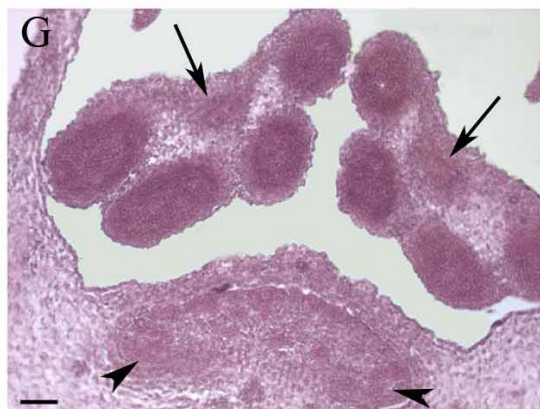
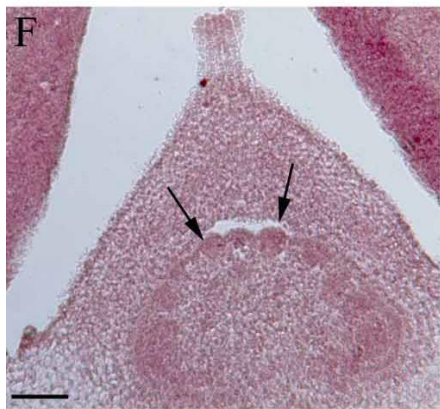
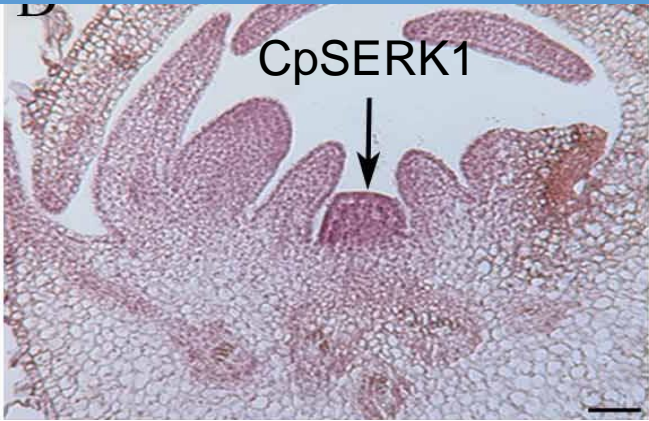
Auxin controls Arabidopsis anther dehiscence by regulating endothecium lignification and jasmonic acid biosynthesis.

[Cecchetti V](#), [Altamura MM](#), [Brunetti P](#), [Petrocelli V](#), [Falasca G](#), [Ljung K](#), [Costantino P](#), [Cardarelli M](#).

[Plant J.](#) 2013;74(3):411-22.

Ci sono geni comuni nel controllo degli eventi che hanno luogo nell'antera e nell'ovario?

I SERK si esprimono sia nell'antera che nell'ovario



Si esprimono nel ricettacolo, negli ovuli, nella nucella, nell'embriosacco, nell'antera a livello di archesporio, nel procambio del filamento staminale, e, dopo la fecondazione, nell'embrione zigotico fino allo stadio di torpedine. L'espressione rimane nel procambio e nei poli radicale e caulinare dell'embrione allo stadio cotiledonare e nelle regioni a caratteristiche "staminali" della pianta.

Consultare la pubblicazione citata nella successiva diapositiva

[J Exp Bot.](#) 2012;6
3(1):471-88.

Il polline arriva sullo stigma di un fiore, dove avviene il riconoscimento, aderisce alla superficie stigmatica recettiva, il polline assume acqua dallo stigma stesso (reidratazione) riattiva il metabolismo e germina producendo il tubetto pollinico, questo ha il compito di veicolare i microgameti fino al sacco embrionale.

Lo stigma oltre all'acqua fornisce al granulo pollinico elementi inorganici necessari per la germinazione, essenzialmente calcio e boro.

FECONDAZIONE

Il granulo pollinico germina, il tubetto si allunga, attraversa lo stilo arriva fino all'ovulo tramite il micropilo. Raggiunge il gametofito femminile e rilascia le due cellule spermatiche. Una raggiunge la cellula uovo e il suo nucleo si fonde con il nucleo dell'ovocellula e forma così il nucleo diploide dello **ZIGOTE**.

Mediante le colture in vitro di gameti isolati, è stato possibile, alla fine degli anni '80, dimostrare l'importanza di alcuni composti nel processo della fecondazione. Uno di questi è il **Calcio**.

Probabilmente la fusione dei gameti è favorita da un aumento della concentrazione citoplasmatica del calcio.

In vivo le cellule che formano il gametofito femminile producono molecole segnale che guidano il tubetto pollinico e il trasporto dei due nuclei spermatici uno verso la cellula uovo ed uno verso la cellula pro-endospermatica.

Queste molecole sono prodotte sia dal gametofito ma anche dallo sporofito.

Recentemente è stato dimostrato che l'acido gamma-amminobutirrico viene prodotto dai tessuti dello sporofito e probabilmente implicato nel processo.

Durante la doppia fecondazione una delle cellule sinergidi degenera, il tubetto pollinico entra nella cellula degenerata, si rompe e rilascia i nuclei spermatici. Il ruolo delle sinergidi nella fecondazione è stato dimostrato con esperimenti di ablazione laser.

Eliminando una o tutte e due le cellule sinergidi l'attrazione del tubetto pollinico viene a mancare.

Probabilmente le sinergidi rilasciano un qualche segnale che guida il tubetto pollinico, ma ad oggi non è stato ancora identificata la natura di questo segnale.