

Nelle piante l'embrione deriva solo da
uno zigote fecondato?

EMBRIOGENESI SOMATICA

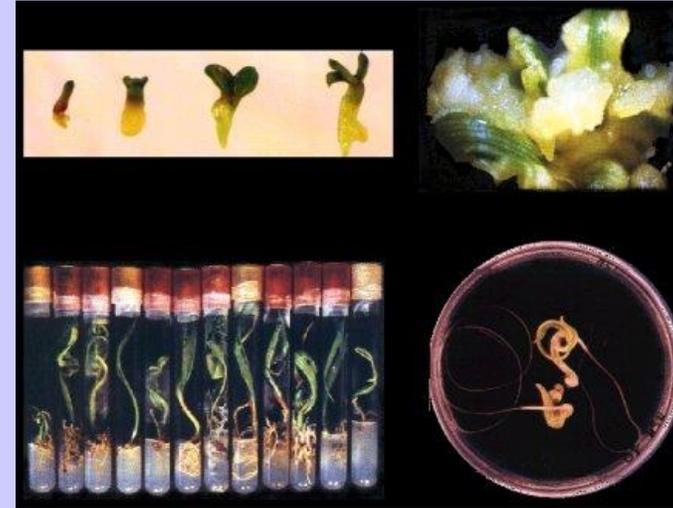
Generazione di embrioni da cellule diverse dallo zigote

Per APOMISSIA:

- da cellule uovo non fecondate
- da cellule dei tessuti materni dell'ovulo

Per TOTIPOTENZA *in vitro*: di alcune cellule vegetali:

Da colture embriogeniche per esempio da espianti di radici di *Daucus carota*,
Da espianti di ipocotile trattati con auxina sintetica (2,4 D) o da giovani foglie



La capacità delle piante di produrre embrioni non è limitata solo allo sviluppo della cellula uovo fecondata.

Cellule somatiche sono in grado di sviluppare una pianta completa passando attraverso stadi embrionali senza però passare attraverso la fusione dei gameti.

Questo processo è noto come

EMBRIOGENESI AVVENTIZIA O SOMATICA

L'embriogenesi somatica quindi è il processo per cui cellule somatiche, e non, sviluppano interi organismi attraverso una serie di stadi molto simili a quelli dello sviluppo dell'embrione zigotico (fase globulare, a cuore, torpedo, cotiledonare).

In natura avviene naturalmente solo in pochissime specie, ed i tessuti competenti sono sia tessuti implicati nella riproduzione, ad es. le cellule della nucella (entro l'ovulo), le microspore, ma anche cellule somatiche quali tessuti fogliari.

IN NATURA l'embriogenesi può avvenire anche da tessuti somatici :Viviparia

PIANTA DELLA MATERNITA'

APOMISSIA
da cellule vegetative



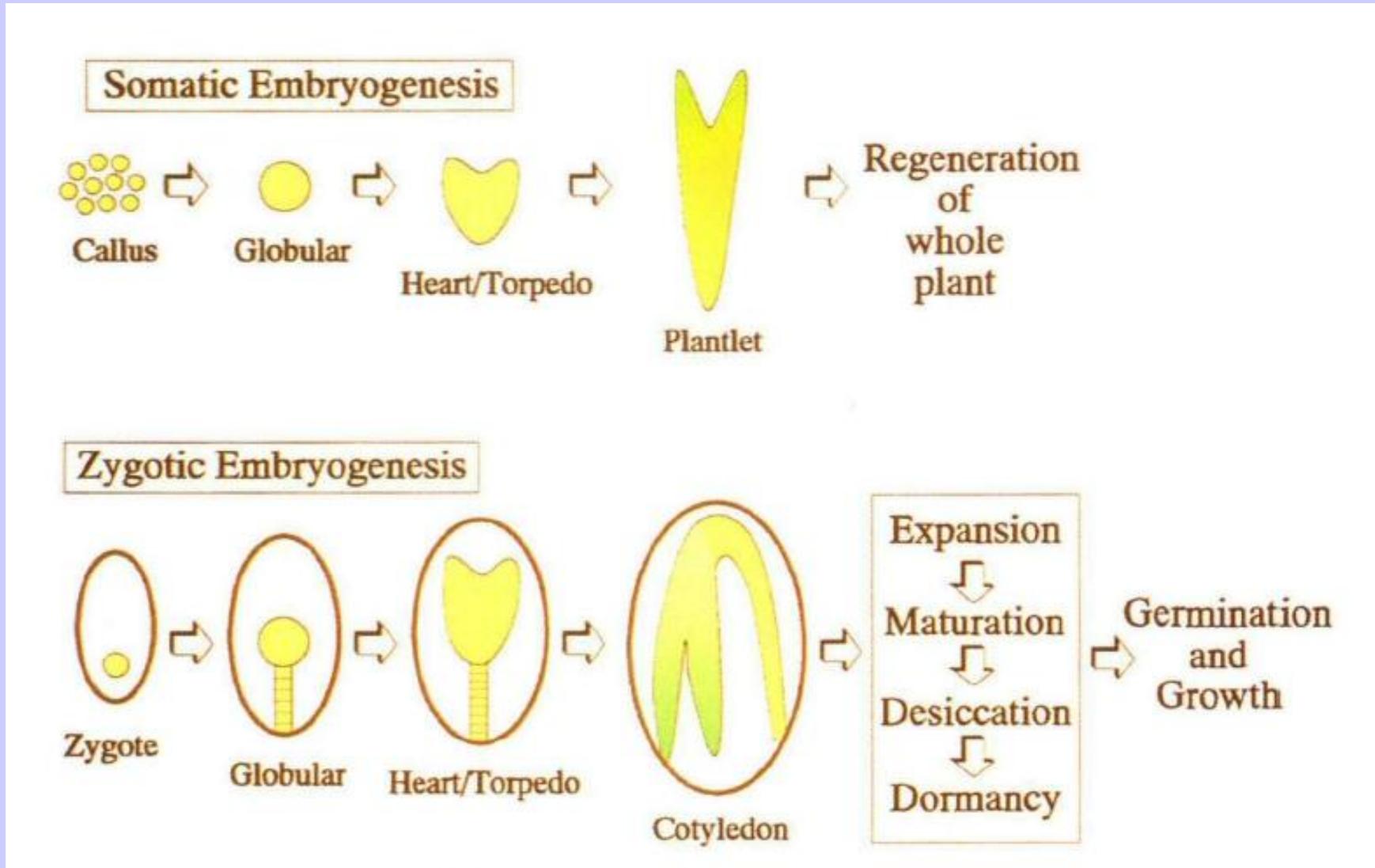
Kalanchoe daigremontiana



In *Crassula multicava* cellule dell'epidermide fogliare, dopo che la foglia è stata staccata dalla pianta, riprendono a dividersi e formano embrioni avventizi che successivamente differenziano piante. (Esempio di induzione di embrioni somatici mediante stress meccanico).

Le cellule della foglia in condizioni naturali non differenzierebbero mai embrioni, però il distacco dalla pianta (meccanicamente) riattiva alcune cellule epidermiche alla divisione ed alla successiva organizzazione di embrioni.

EMBRIOGENESI ZIGOTICA A CONFRONTO CON LA SOMATICA



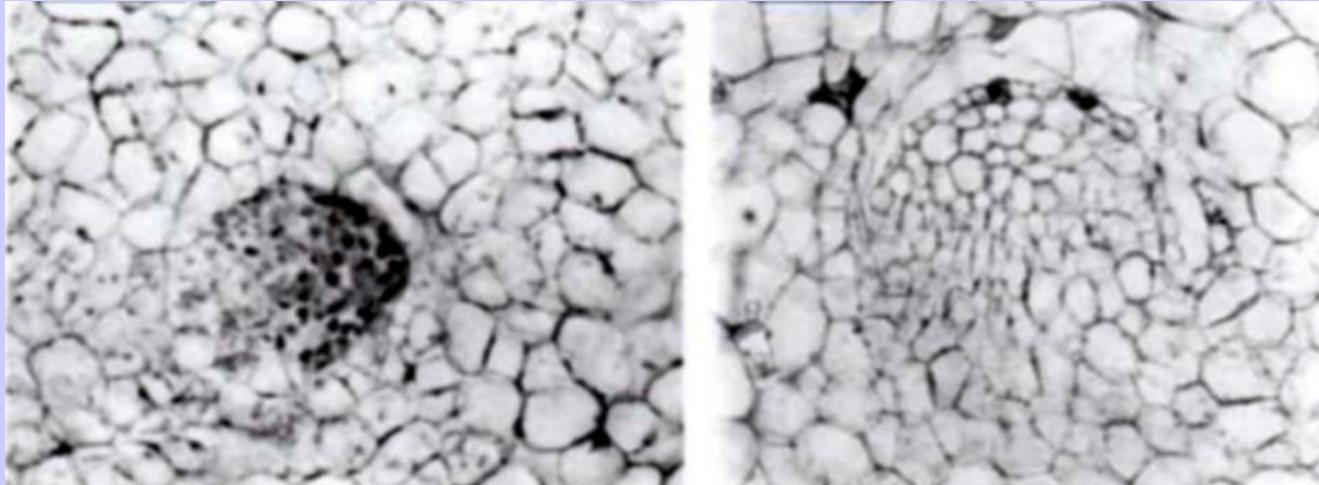
EMBRIOGENESI SOMATICA DIRETTA ED INDIRETTA

L'embriogenesi somatica può avvenire per via diretta o indiretta.

Nella diretta l'embrione deriva direttamente da alcune cellule dell'espanto, senza passare attraverso la formazione di un callo. Le cellule proembriogeniche sono già determinate e richiedono solo regolatori di crescita e condizioni favorevoli per la crescita cellulare e l'espressione dell'embriogenesi.

Nella indiretta è richiesta proliferazione di callo e rideterminazione di cellule già differenziate in uno stato embriogenico. In questo caso i regolatori di crescita sono necessari non solo per la ripresa delle divisioni mitotiche ma anche per la determinazione dello stato embriogenico

Embriogenesi da callo

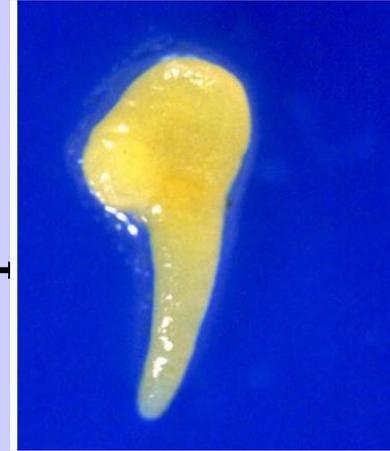


**Gruppi di cellule
meristematiche nella massa del
callo. Iniziali dell'embrione**

Rigenerazione di pianta di peperone attraverso embriogenesi somatica indiretta



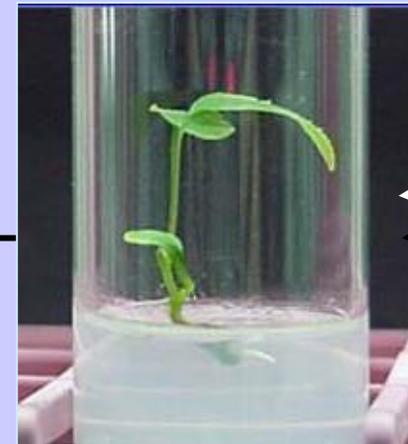
Callo



Embione somatico



Pianta sviluppata



Plantula



Sebbene il controllo genico dello sviluppo degli embrioni zigotici e somatici sia simile, i meccanismi che portano alla fase di induzione embrionale è **molto diversa** nei due processi.

Le cellule somatiche acquisiscono competenza embriogenica in seguito a trattamenti chimici e/o stimoli meccanici.

L'organizzazione di embrioni somatici richiede una **riprogrammazione dell'espressione genica con l'attivazione e/o spegnimento di una serie di geni** per permettere ad alcune cellule il passaggio dalla condizione vegetativa alla condizione embrionale.

Esempi di tessuti che producono embrioni somatici direttamente: l'epidermide dell'ipocotile, e le cellule della nucella.

Nell'embriogenesi indiretta, una singola cellula del callo o, nella maggior parte dei casi, un aggregato di cellule detto complesso pro-embrionale può originare uno o più embrioni.

Ogni embrione che si sviluppa passa attraverso le stesse fasi di sviluppo dell'embrione zigotico.



Fig. (f) → Embrioni somatici indotti da una coltura di callo di carota (foto Marisa Mengoli, Università di Bologna).

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

Differenze fra embriogenesi zigotica e somatica:

I due processi sono morfologicamente identici dallo stadio globulare in poi.

Possono esserci piccole differenze perché gli embrioni somatici presentano spesso il fenomeno della “fasciazione”, o un numero di cotiledoni diverso rispetto a quello tipico della specie.

Però le prime fasi di sviluppo possono essere differenti nei due processi, in particolare manca il sospensore nell’embrione avventizio.

Nell’embriogenesi somatica è frequente il fenomeno della formazione di embrioni a partire direttamente dall’epidermide di un altro embrione somatico.

Si chiamano embrioni secondari.

In genere la produzione di embrioni secondari è associata al fallimento dello sviluppo di quello primario

Importante è la composizione del mezzo di coltura per indurre embriogenesi somatica.

In genere sono richiesti due tipi diversi di mezzi, uno per l'induzione delle cellule embriogeniche ed un secondo per il successivo sviluppo dell'embrione.

Il primo mezzo deve contenere auxina, il secondo ne deve essere privo o ne deve contenere una concentrazione notevolmente inferiore rispetto al primo

Se non intervengono eventi che inducano variazione genetica nelle cellule che danno origine all'embrione somatico, le piante ottenute da embrioni somatici sono geneticamente identiche ai tessuti somatici di partenza.

però

Eventi di variazione somaclonale sono frequenti nelle colture *in vitro*.

Il rimodellamento della cromatina è un prerequisito per lo stabilirsi della totipotenza nelle cellule staminali durante l'embriogenesi somatica

- **Negli animali il rimodellamento della cromatina è un importante strumento di conversione staminale in cellule differenziate.**
- **Nelle piante la struttura della cromatina si rimodella continuamente durante lo sviluppo, ed il silenziamento genico dipendente dalla cromatina è coinvolto nel mantenimento dello stato differenziato.**

- **Le cellule staminali presentano uno stato della cromatina più dinamico delle cellule differenziate perchè proteine strutturali della cromatina, come gli **istoni**, sono scambiati più rapidamente nelle cellule staminali che nelle cellule differenziate e questo favorisce rapidi cambiamenti nei programmi di espressione genica.**

La ristrutturazione della cromatina svolge **due ruoli principali nei primi stadi dell'embriogenesi somatica**

- **Sia nell'embriogenesi diretta che nella indiretta, l'"unfolding" della cromatina è richiesto per lo sdifferenziamento delle cellule somatiche.**

Perché?

- **E' necessario per consentire l'espressione di geni che sono stati inattivati dalla eterocromatizzazione che ha luogo durante il processo del differenziamento.**

Il rimodellamento della cromatina è anche necessario alla fine del processo embriogenico

Perchè?

Per reprimere i geni specifici dell'embriogenesi, riattivando il differenziamento, almeno in specifici distretti cellulari dell'embrione somatico.

E quando questo non avviene???

(ad es. per ritardo/alterazione del “refolding” della cromatina)

- **La formazione di embrioni somatici non può essere arrestata (evento dell’embriogenesi secondaria).**

L'embriogenesi somatica come risposta allo stress

- L'embriogenesi somatica può essere considerata una **risposta adattativa allo stress**, perchè vari stress la inducono. Per esempio, in carota è stimolata dall'applicazione di sali di metalli pesanti (Cd^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+}), alta pressione osmotica, alte temperature, tutto in assenza di fitormoni esogeni.

Anche il 2,4-D può funzionare
come agente di stress per
l'espianto

- Durante l'embriogenesi della patata indotta da 2,4-D si osserva sovra-regolazione di geni dello **stress ossidativo e della difesa**.

Quindi

- L'embriogenesi somatica è accentuata da livelli aumentati di **ROS**, ad esempio nel grano, e l'applicazione di antiossidanti al mezzo induttivo **riduce** l'embriogenesi somatica in *Eucalyptus globulus*

Possibili utilizzi dell'embriogenesi somatica:

- trasformazione genetica, per ottenere piante con geni desiderati (particolarmente utili per le trasformazioni con Agrobatterio)**
- propagazione massiccia e piuttosto veloce di piante il cui ciclo biologico naturale è molto lungo.**
- Applicazione biotecnologica : SEMI SINTETICI**
- Conservazione della biodiversità (banche del seme)**

Gli embrioni somatici allo stadio di torpedo possono essere conservati per moltissimi anni.

Necessitano però di trattamenti particolari.

Gli embrioni, a questo stadio, vengono inglobati in sostanze sintetiche, ad es. l'alginato di sodio. Questo serve per nutrire l'embrione e contemporaneamente a proteggerlo dalla disidratazione e dai danneggiamenti fisici e meccanici.

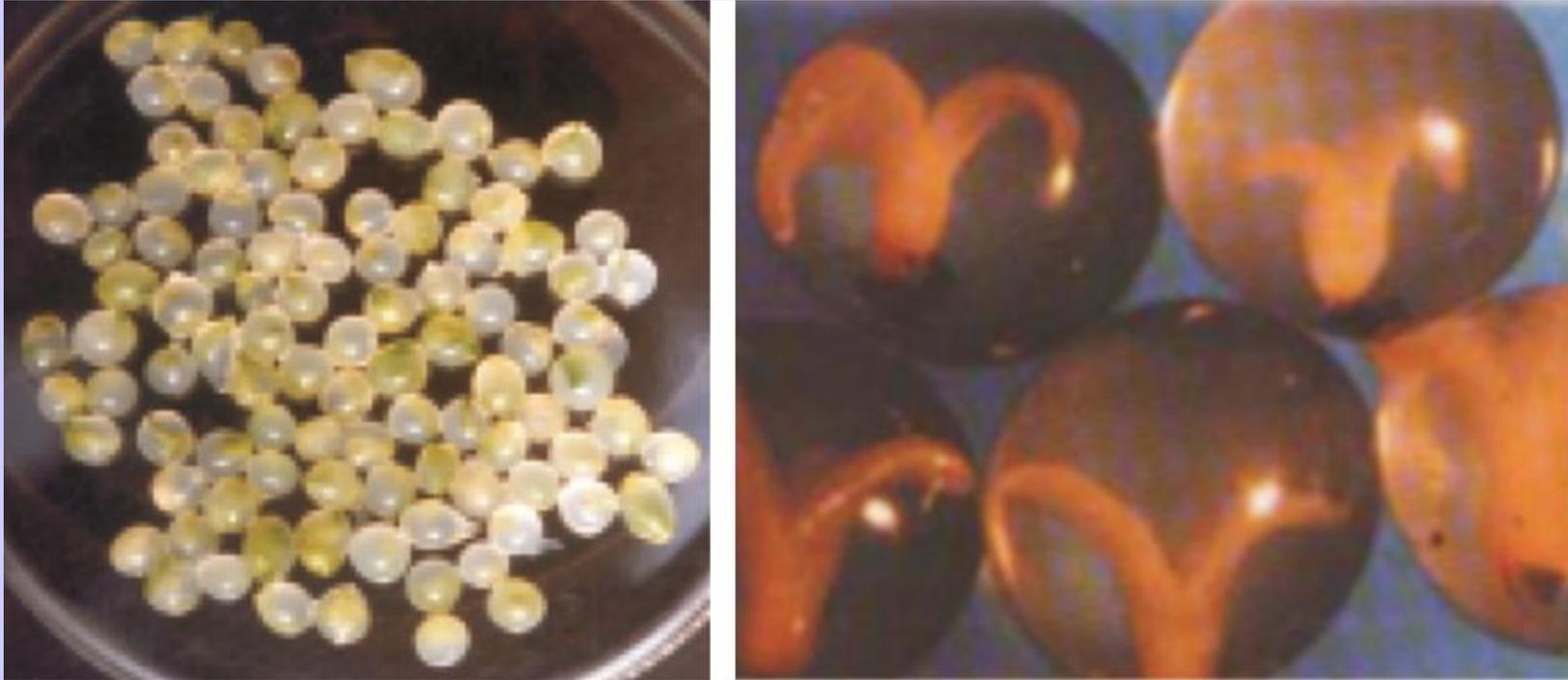
Embrioni così incapsulati sono detti

SEMI ARTIFICIALI O SINTETICI

All'alginato spesso vengono aggiunti altri composti (olio di silicone ed altri) in grado di assorbire ossigeno.

L'incapsulamento, quindi deve fornire una protezione fisica e può contenere delle sostanze nutritive, dei regolatori di crescita, degli antibiotici e dei fungicidi, tutti in grado di portare alla formazione della pianticella in campo. Non si è ancora verificato un utilizzo diffuso dei semi sintetici.

SEMI SINTETICI



Embrioni inclusi in pallini di alginato di calcio