

La riproduzione nei vegetali

I vegetali si Riproducono mediante:

- Riproduzione Vegetativa
- Riproduzione per Sporogonia
- Riproduzione Sessuale

Riproduzione vegetativa - Assenza di ricombinazione genica

Riproduzione per Sporogonia e Sessuale - Formazione di nuovi corredi cromosomici

Riproduzione per sporogonia – spore aploidi (prodotte dalla meiosi) danno origine a organismi aploidi detti gametofiti

Le basi della riproduzione

Mitosi

La mitosi è alla **base della riproduzione vegetativa.**

Meiosi

La meiosi è **alla base della riproduzione sessuale.**

La diversità genetica viene garantita dalla riproduzione sessuata che comprende cicli cellulari con ricombinazione dell'informazione genetica proveniente da cellule (gameti) di due organismi differenti (padre e madre).

La riproduzione asessuale

- no rimescolamento genetico
- individui figli geneticamente identici tra loro ed al genitore (cloni)
- tipica di organismi unicellulari ma anche pluricellulari *vegetali*

Vantaggio: elevata velocità riproduttiva

Svantaggio: produce organismi identici o molto simili

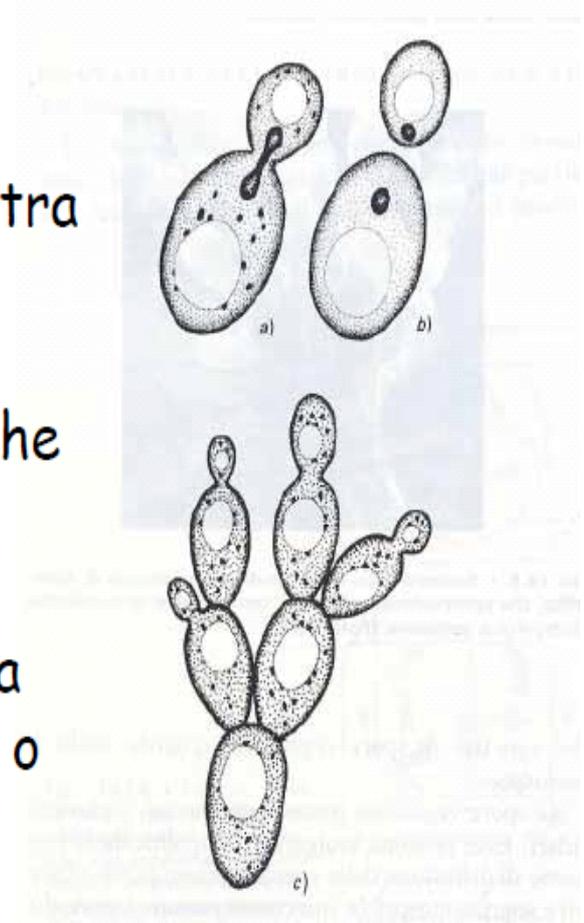
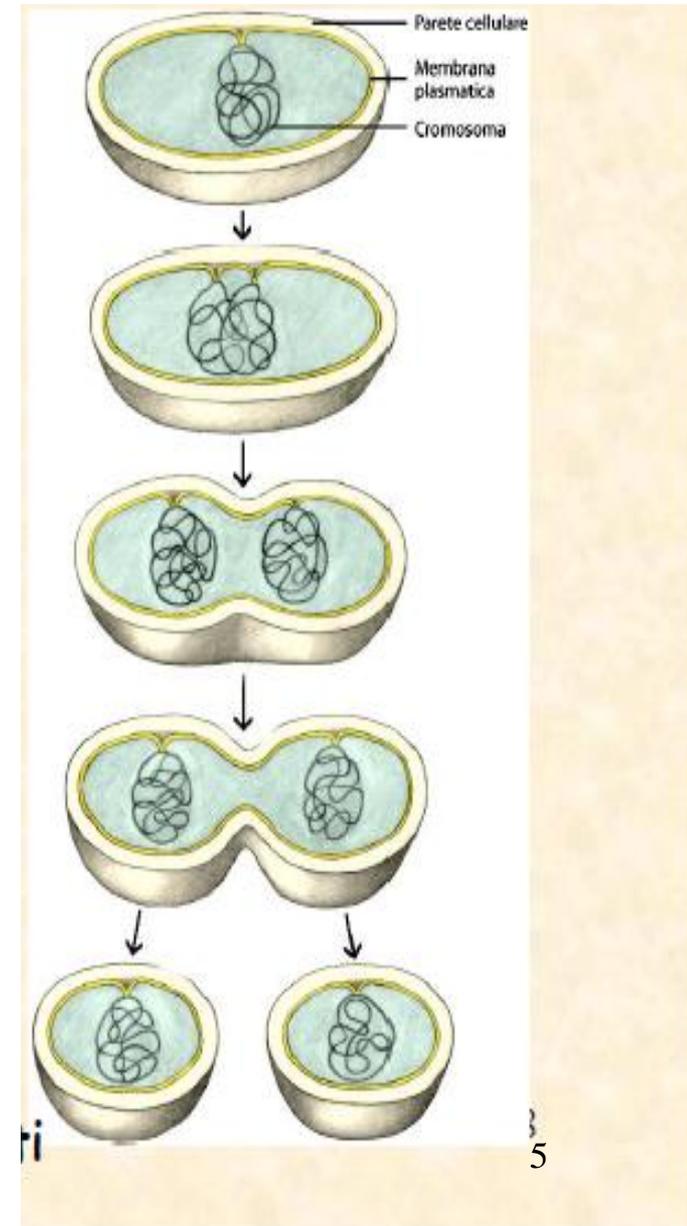


FIG. 14.3 • Riproduzione per gemmazione nei Lieviti, con distacco delle singole cellule (a, b) oppure con la loro gemmazione ancora attaccate alla cellula madre (c)

Riproduzione vegetativa

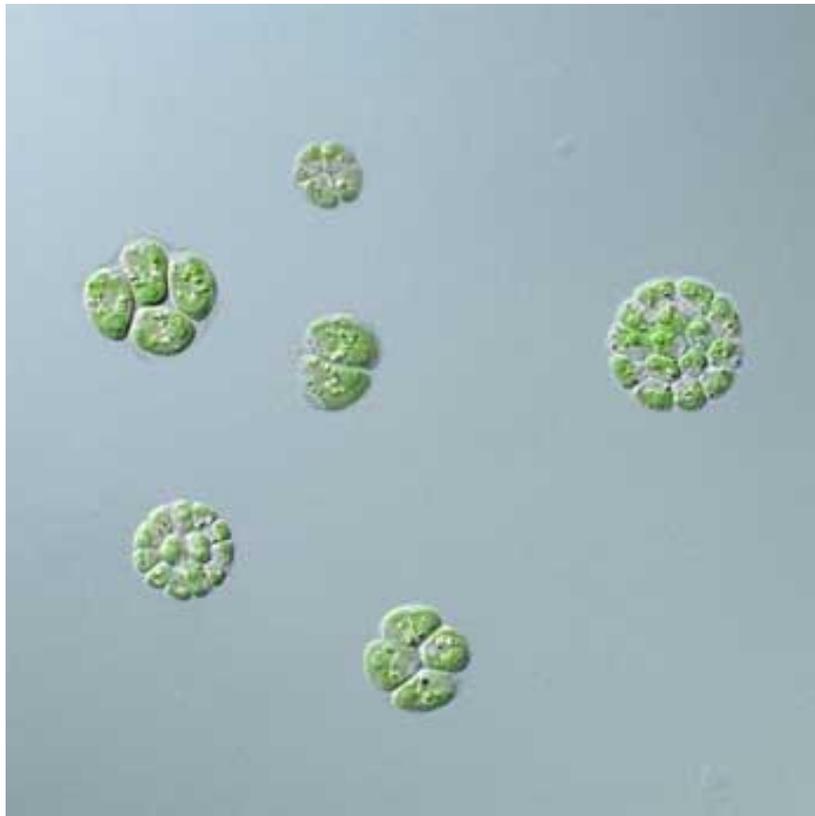
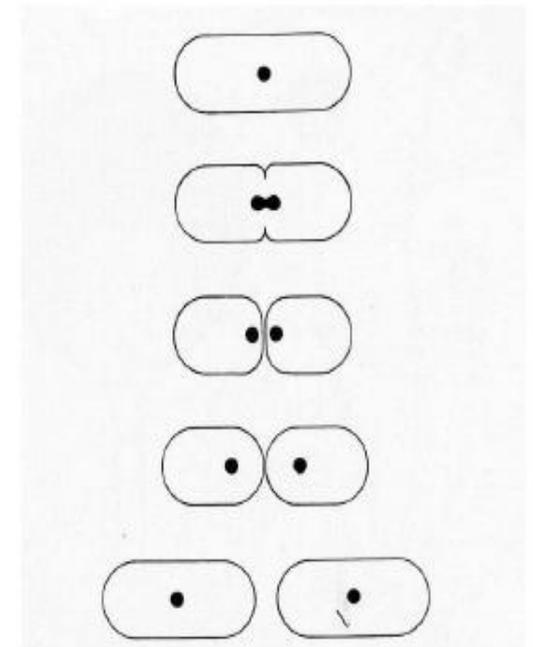
1. **Scissione**: la cellula dopo aver duplicato il DNA, si divide in due parti uguali, tale meccanismo riproduttivo è tipico degli organismi unicellulari.



La scissione è la forma più semplice di riproduzione vegetativa

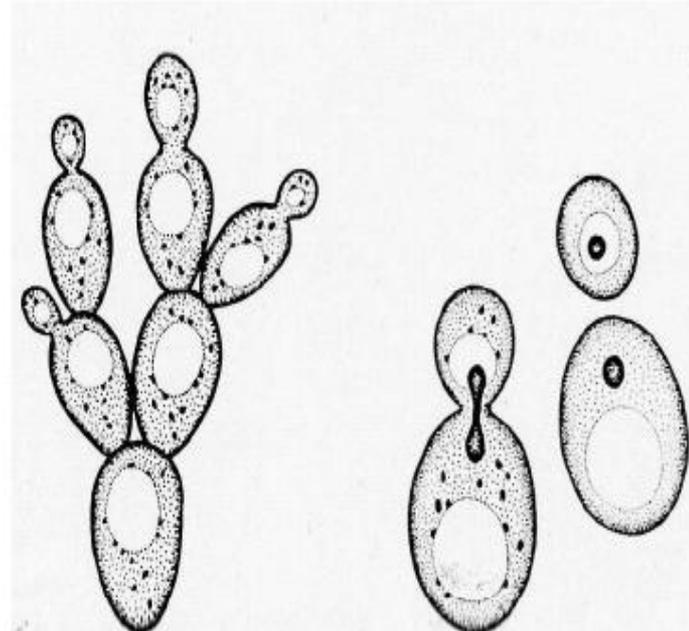
Nella scissione la cellula madre si divide completamente in due nuove cellule figlie → **SCHIZOTOMIA**

Un più elevato valore di propagazione si ha nella divisione multipla (**SCHIZOGONIA**) di una cellula nella quale da una cellula madre si originano molte cellule figlie



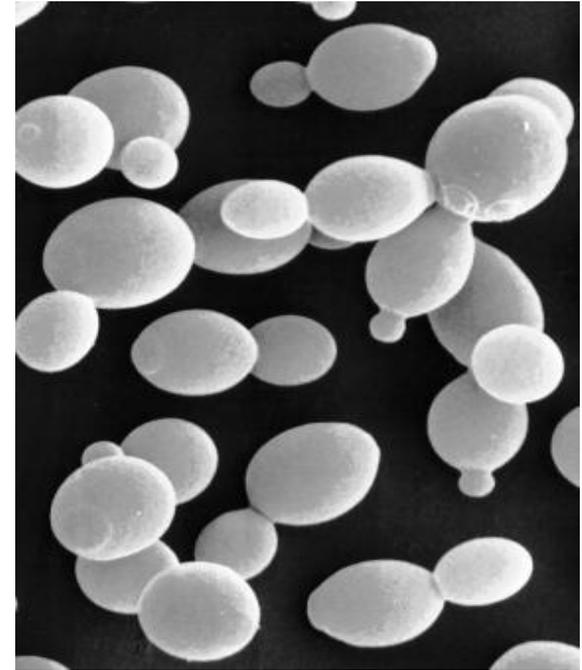
Chlamydomonas sp.

2. **Gemmazione:** si verifica negli organismi unicellulari (lieviti), la cellula duplica il suo nucleo, si forma un'estroflessione in cui uno dei due nuclei migra. Questa gemma cresce ed infine si stacca per strozzamento dalla cellula madre



La gemmazione differisce dalla scissione perché le cellule originatesi sono più piccole della cellula madre

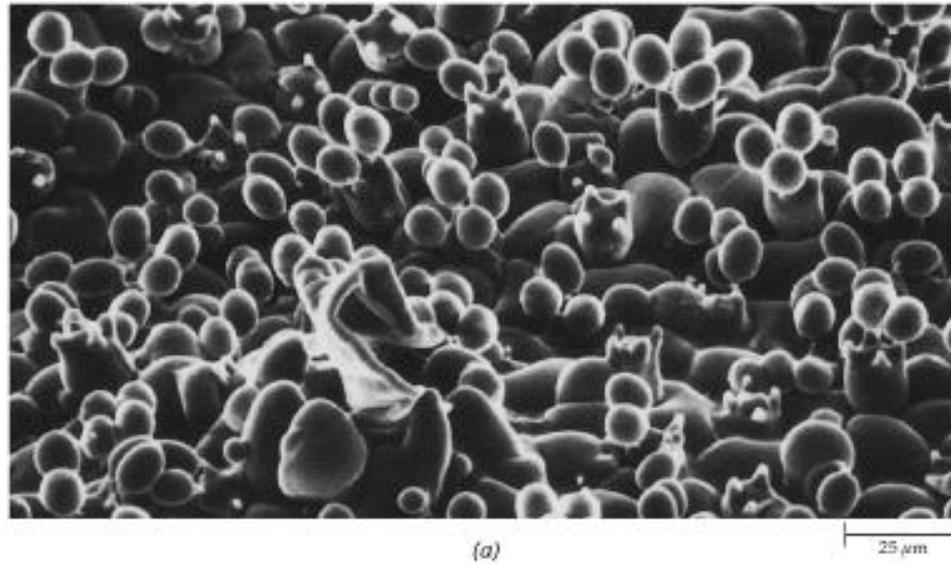
Sia la cellula madre che la cellula figlia possono riprendere a dividersi prima che avvenga il distacco



Saccharomyces sp.

3 – SPORULAZIONE

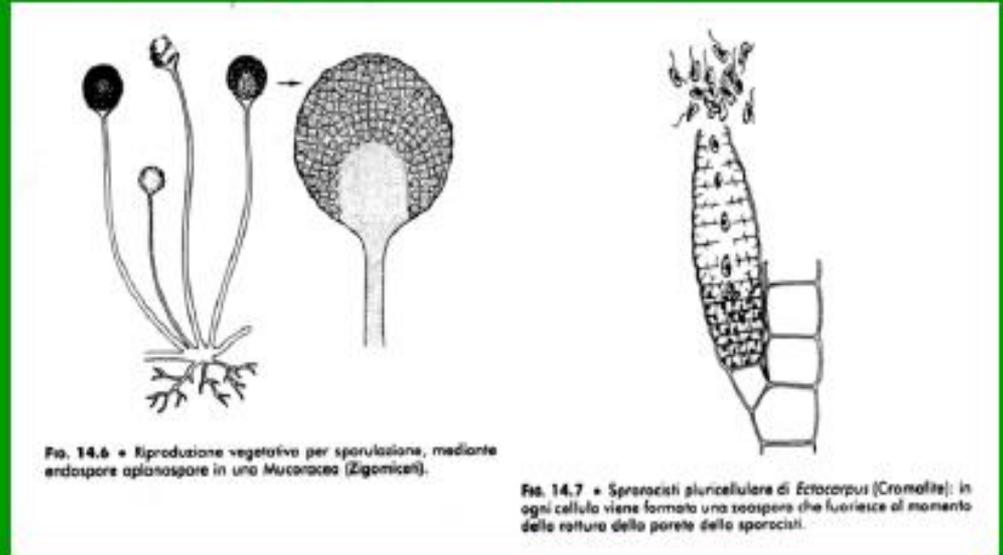
Formazione per mitosi di spore unicellulari (mitospore), capaci ognuna di dare origine ad un nuovo individuo.



SPORULAZIONE

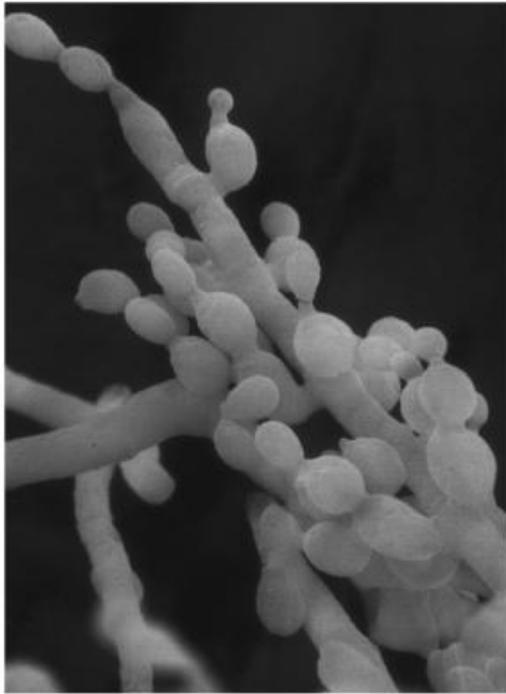
Endospore (aplanospore o zoospore) contenute in Sporocisti o Sporangii
(funghi, alghe)

Esospore (aplanospore, funghi)

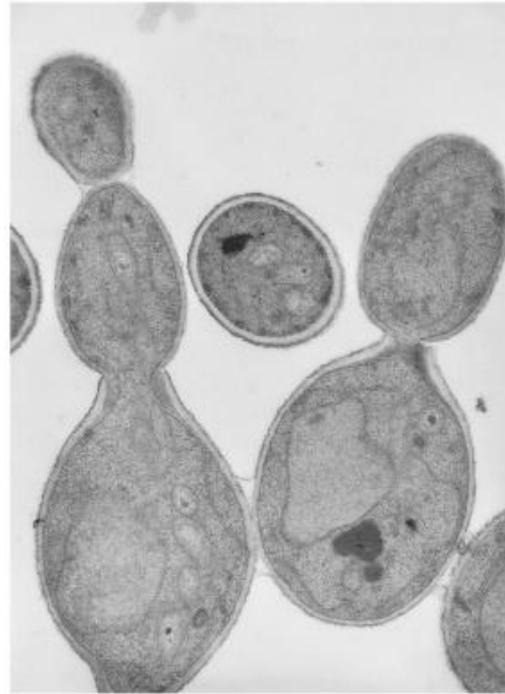


Le mitospore, oltre a rappresentare la forma di dispersione
Della specie, possono anche rappresentare una forma
di resistenza

Conidi (spore asexuate di alcuni funghi)



(a)



(b)



Conidiofori con
conidi

Penicillium

4. PROPAGULI PLURICELLULARI

Consiste nel semplice distacco di una parte del corpo specializzata per questa funzione e dalla quale si originerà un nuovo individuo

Questa forma di riproduzione si riscontra in numerosi gruppi



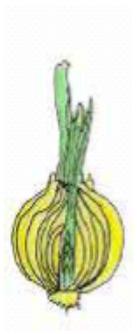
Marchantia polymorpha L.



Per le piante...

Distacco di un frammento dall'organismo genitore
Da cui si origina un nuovo individuo

- Rizomi e stoloni
- Tuberi
- Bulbi
- Bulbilli epigei
- Polloni (gemme e germogli avventizi)



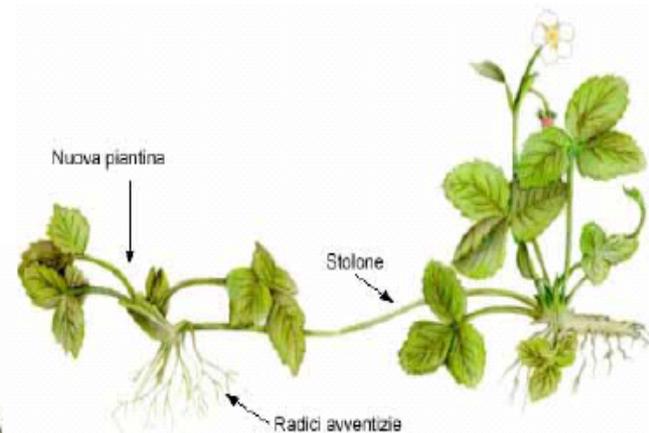
Bulbo di cipolla



Rizoma



tuberi

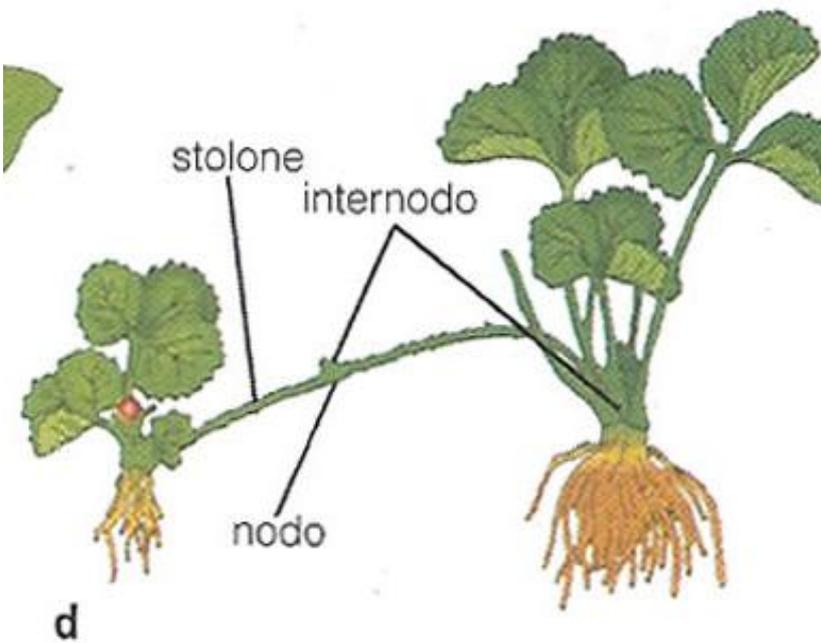


Stoloni

Stoloni: sono fusti o rami modificati, si sviluppano nel terreno o in superficie ma parallelamente al suolo (plagiotropi). Lo stolone rappresenta una struttura semplificata rispetto al caule aereo. In particolare ha meno xilema e manca di tessuto meccanico specializzato. Dai nodi degli stoloni si sviluppano le gemme vegetative e si possono formare radici.

Rizomi: fusti ipogei, plagiotropi, con maggiori tessuti di riserva rispetto agli stoloni. Come un fusto aereo il rizoma è formato da nodi ed internodi. In corrispondenza dei nodi possono formarsi piccole scaglie, che in realtà sono le vere foglie ma non crescono e non fotosintetizzano. All'ascella di queste scaglie si possono organizzare le gemme ascellari che allungandosi verso l'esterno formano i nuovi rami.

Stoloni e rizomi possono essere frammentati per dare origine a nuove piante, riproduzione per frammentazione.



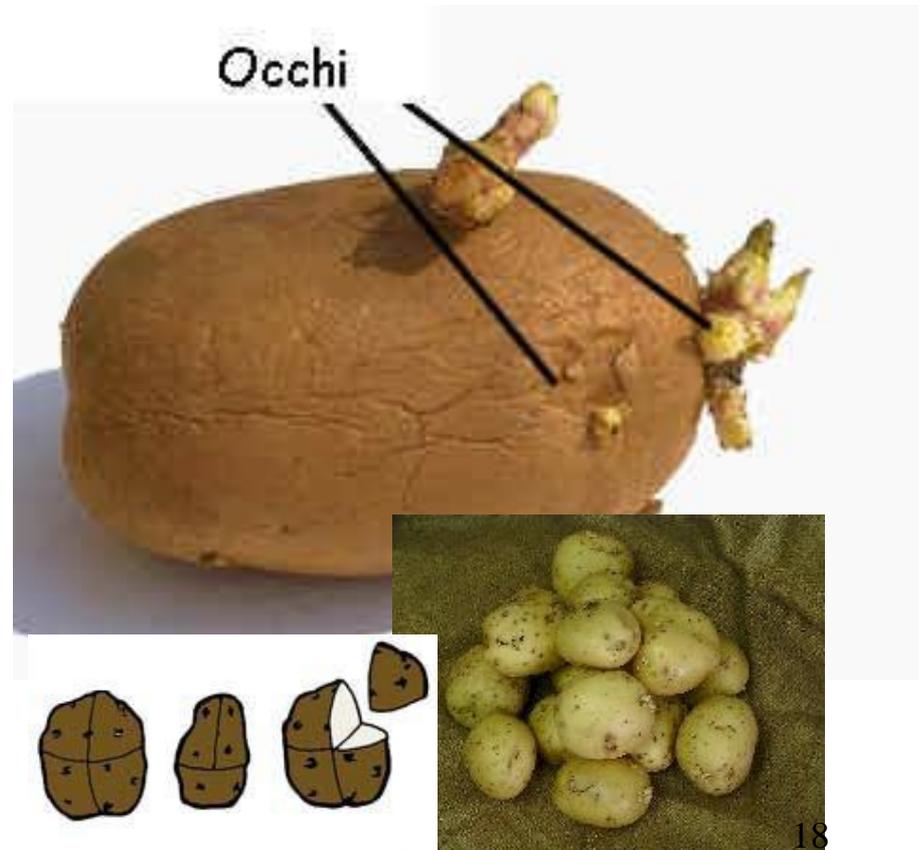
sviluppano al termine dei rizomi. (b) Clado-
sp. (d) Stolone nella fragola (*Fragaria* sp.).

Un fusto che svolge la funzione di riserva può specializzarsi per tale funzione fino a modificare sensibilmente il suo aspetto. Un esempio molto comune è rappresentato dal **TUBERO della patata. In questo caso, nel fusto che si sviluppa nel terreno, il parenchima corticale è molto esteso ed è costituito da parenchima amilifero. Nelle depressioni dell'epidermide si trovano gruppi di gemme, noti come OCCHI della patata. Queste gemme contengono rami estremamente accorciati con internodi non allungati. La gemma centrale dell'occhio è quella preminente, che si sviluppa prima delle altre alla ripresa vegetativa. Questi si formano alla base di foglie rudimentali appena abbozzate.**

Tuberi sotterranei di *Solanum tuberosum* (patata) e *Helianthus tuberosus* (topinambur).



Helianthus tuberosus



Solanum tuberosum



Polloni di ulivo



faidate360.com



Talee di geranio



Propagazione clonale:

moltiplicazione di germogli



Trattamento
con
citochinine



- Separazione dei germogli
- Radicazione

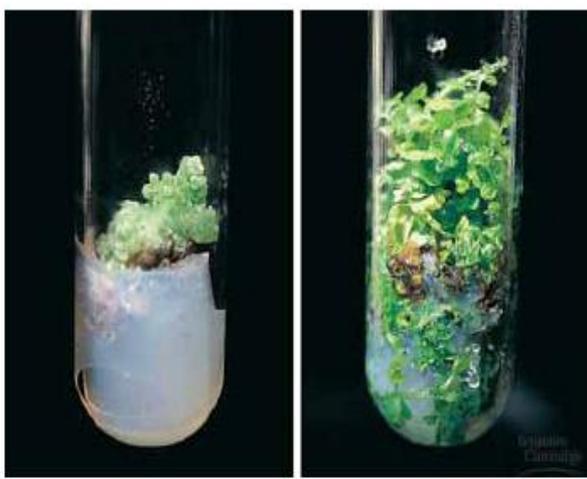


Messa a
dimora



Propagazione clonale di piante mediante le biotecnologie

La coltura *in vitro*



Le cellule vegetali:

- hanno elevate capacità rigenerative
- sono totipotenti

Es. rigenerazione da foglie



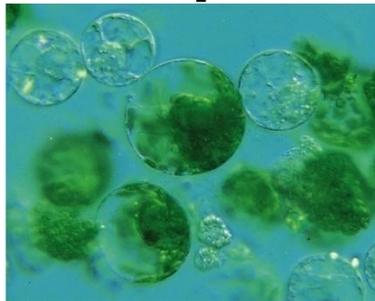
Propagazione clonale:

rigenerazione da callo o da protoplasti

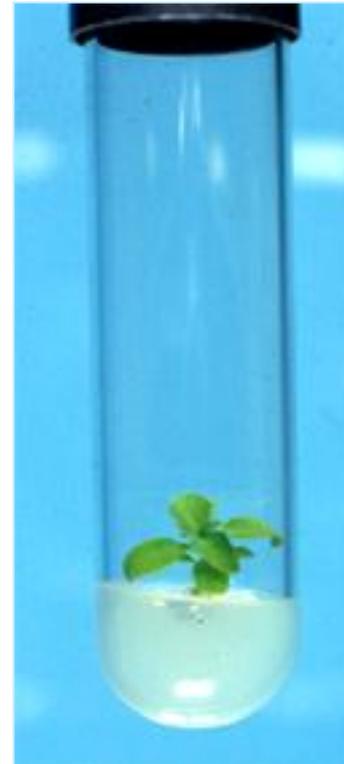
Callo



Protoplasti



Plantula



Caulogenesi (*Citochinine*)



Germogli

Rizogenesi
(*Auxine*)

La plantula rigenerata può essere messa a dimora se il sistema vascolare delle radici è connesso con quello del germoglio



La propagazione *in vitro* avviene a partire da tessuti o organi, generalmente:

- Piccioli fogliari
- Talee caulinari
- Dischi fogliari
- Meristemi caulinari

Grazie alla capacità delle cellule vegetali di differenziare e rigenerare nuovi tessuti ed organi con o senza l'aiuto di ormoni esogeni.

Dai tessuti messi in coltura è possibile rigenerare l'intera pianta

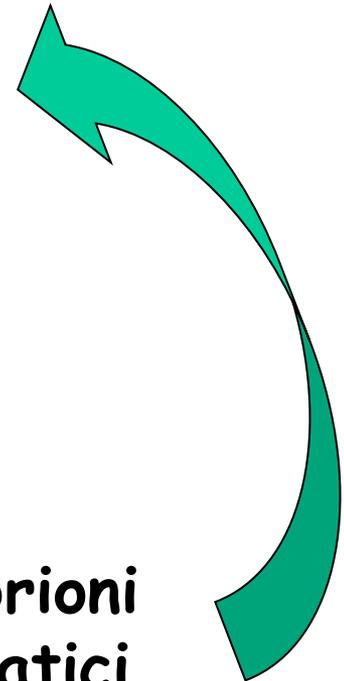
MORFOGENESI

Caulogenesi → germogli

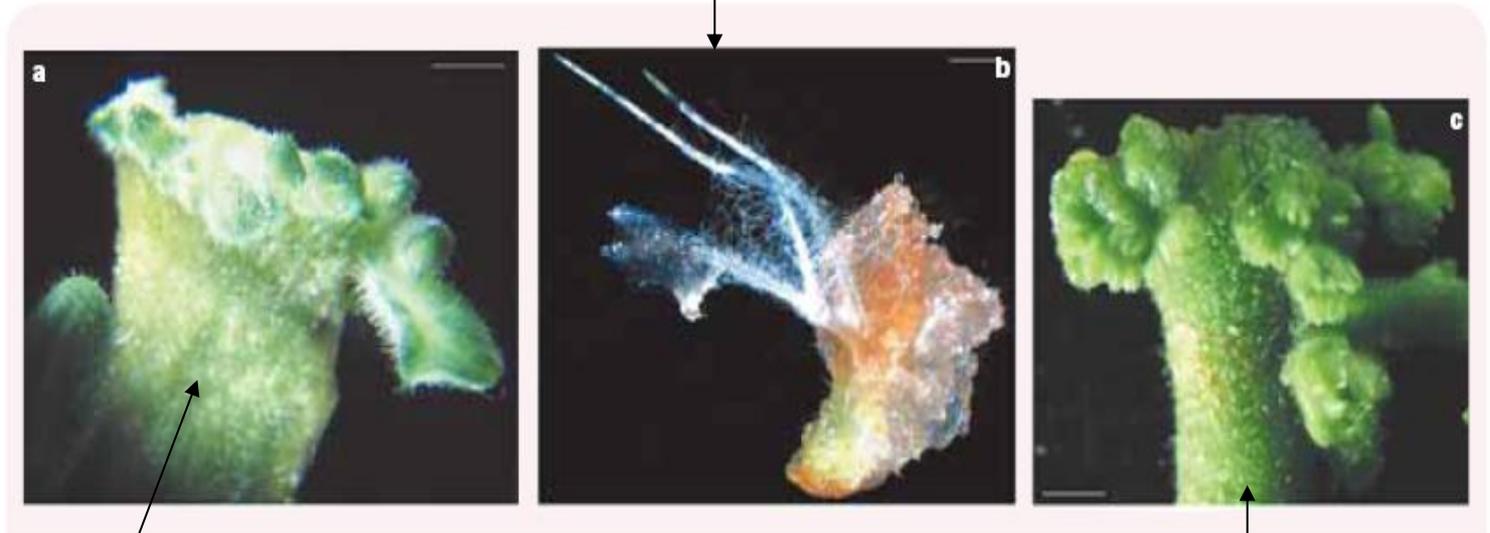
Rizogenesi → radici

Neoformazione florale → fiori

Embriogenesi somatica → embrioni somatici

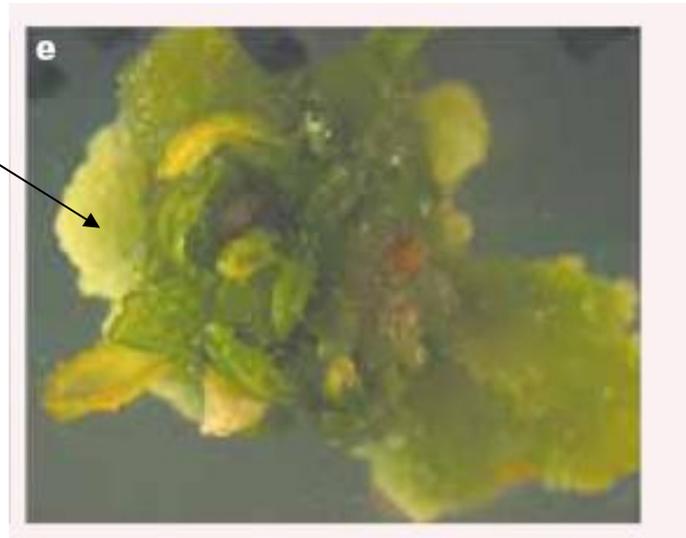


rizogenesi



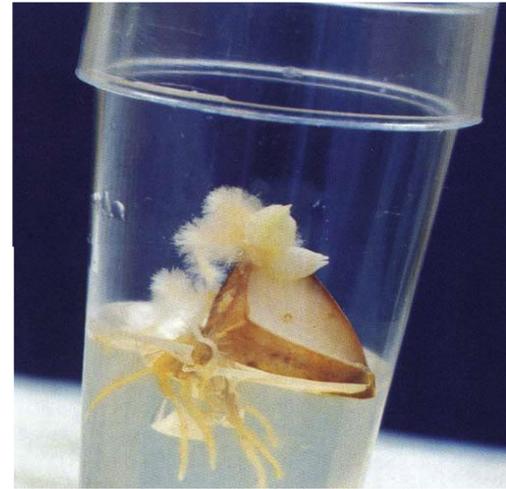
caulogenesi

**Neoformazione
di fiori**





caulogenesi

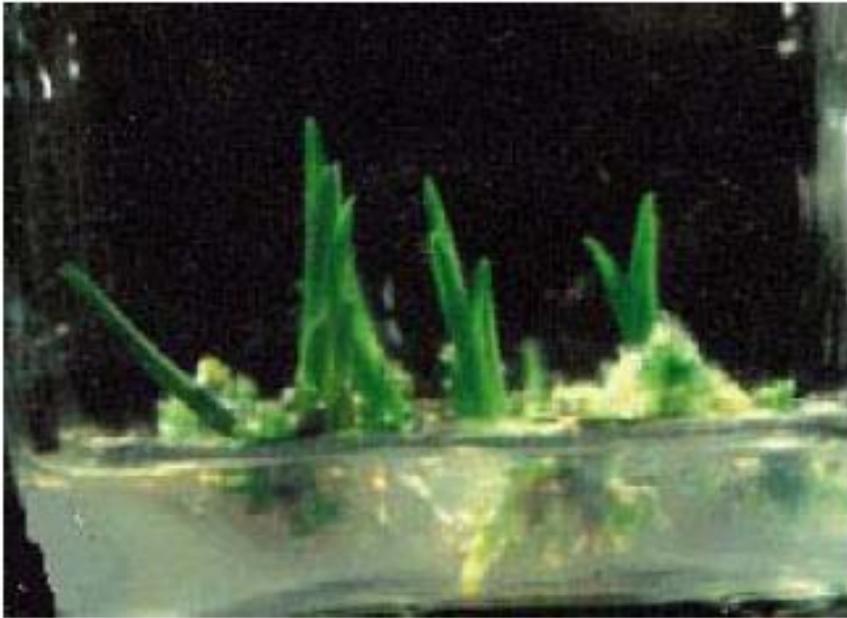


rizogenesi



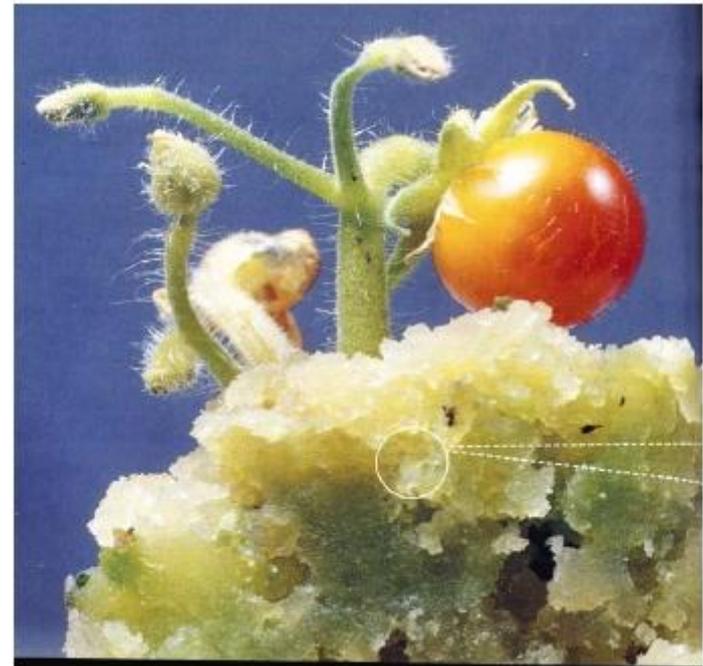
embriogenesi somatica





**Formazione di germogli
da callo**

**Neoformazione di
fiori e frutto da
callo**



I vantaggi della riproduzione vegetativa

- Ciascun individuo è autonomo
- Minore investimento energetico
- Maggiore velocità
- più vantaggiosa in ambienti “estremi” (piante pioniere)

Riproduzione sessuale

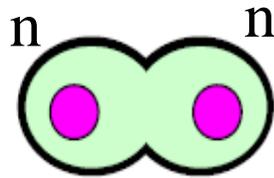


La riproduzione sessuale ha richiesto l'evoluzione della meiosi

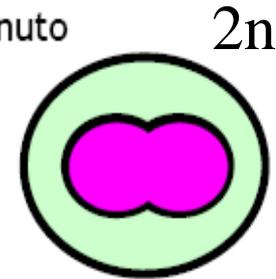
La riproduzione sessuata consiste nell'unione di due cellule

GAMIA

Durante la quale avviene la fusione del loro contenuto



PLASMOGAMIA + CARIOGAMIA



Il risultato della gamia è una nuova cellula

ZIGOTE

Meiosi

La meiosi è alla base della riproduzione sessuale, è l'evento naturale che determina variabilità genetica.

MEIOSI

La Meiosi avviene nelle cellule germinali e ha come scopo quello di generare **gameti aploidi** ossia spermatozoi e cellule uovo negli animali.

Nei vegetali la meiosi produce **spore meiotiche** (cellule aploidi) che germinando danno origine ai gametofiti aploidi (gametofito maschile e gametofito femminile), nei gametofiti si differenziano i gameti.

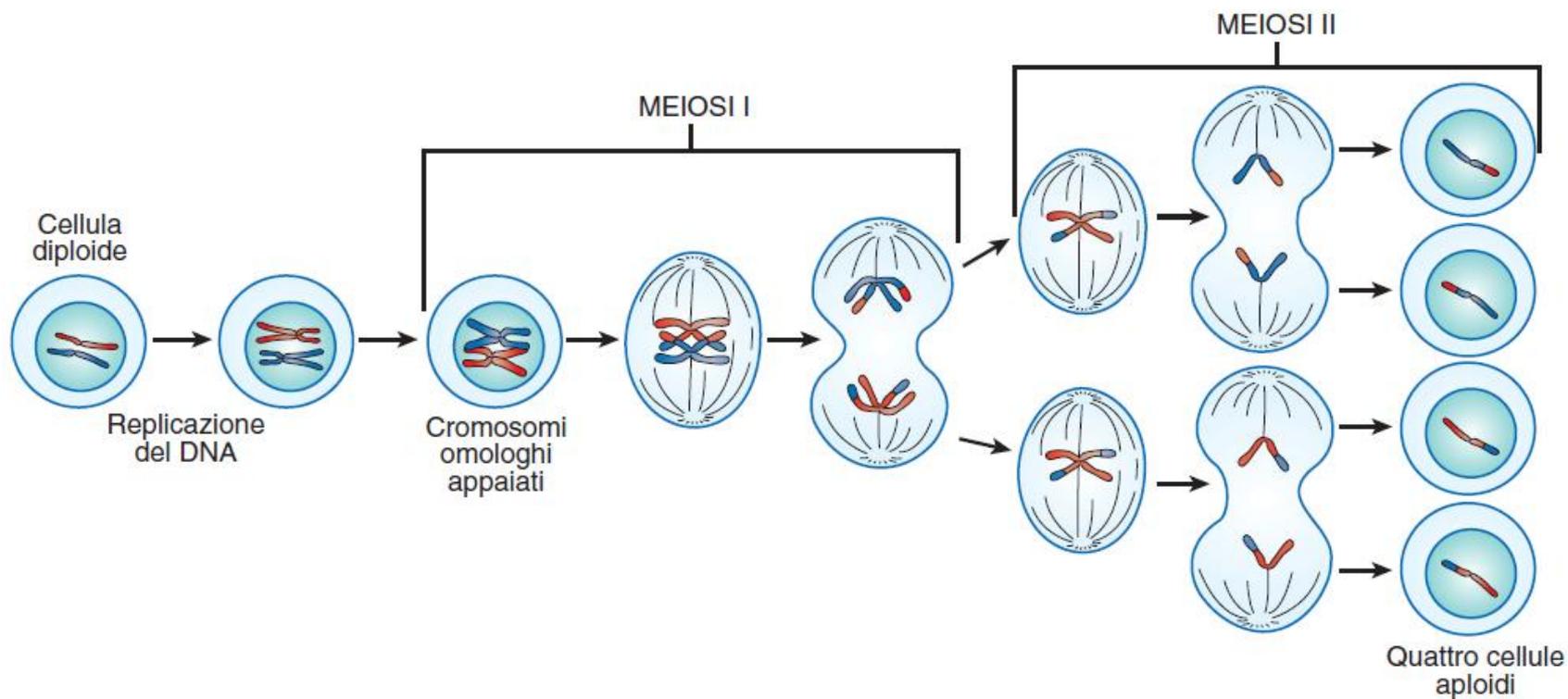
La meiosi è costituita da due divisioni nucleari: Meiosi I e Meiosi II

La prima divisione Meiotica è caratterizzata dalla **separazione** dei cromosomi omologhi che porta al numero **aploide del corredo** cromosomico e dallo scambio di frammenti cromosomici (**crossing-over**), uno dei due eventi che induce variabilità genetica.

La seconda divisione Meiotica è simile alla mitosi.

FIGURA 7.15

Schema di una divisione meiotica in una cellula con due cromosomi, una coppia di omologhi. All'inizio della prima divisione meiotica ogni cromosoma, dopo la replicazione del DNA, è costituito da due cromatidi fratelli.



Gabriella Pasqua
Giovanna Abbate - Cinzia Forni

**BOTANICA GENERALE e
DIVERSITÀ VEGETALE**

11 Edizione



Gabriella Pasqua - Giovanna Abbate - Cinzia Forni

**BOTANICA GENERALE e
DIVERSITÀ VEGETALE**

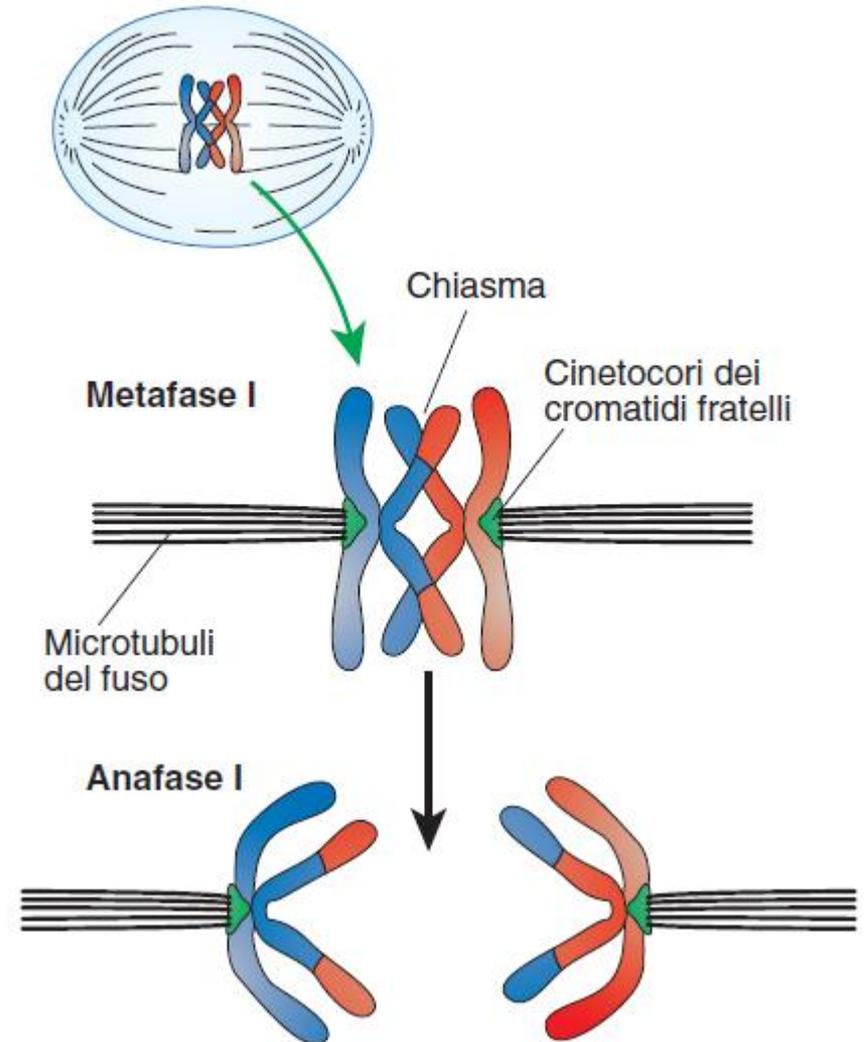
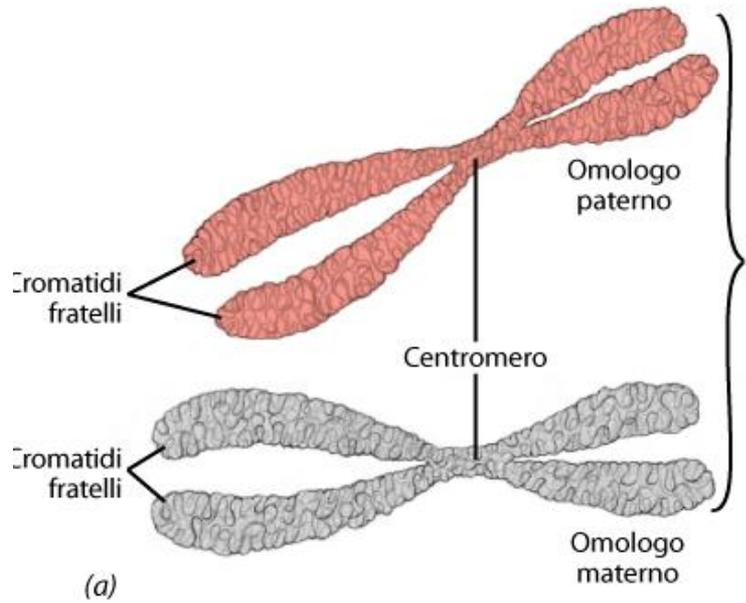
PICCIN

Differenze tra Meiosi e Mitosi

- Come la mitosi, la meiosi è preceduta da un'interfase in cui i cromosomi si duplicano
- A differenza della mitosi, la meiosi comprende due divisioni sequenziali, la meiosi I e la meiosi II, cosicché i cromosomi si distribuiscono tra 4 nuclei anziché due.
- La duplicazione dei cromosomi precede **solo** la prima divisione meiotica

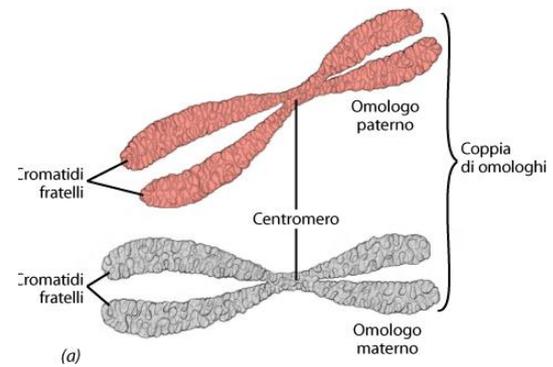
In una cellula diploide sono presenti due copie di ogni cromosoma uno di origine paterna ed uno materna. Dopo la fase S ogni cromosoma ha due cromatidi. I cromatidi di cromosomi omologhi si appaiano e si possono scambiare pezzi di cromatidi (crossing-over). Questo porta alla formazione di assetti cromosomici diversi da quello della cellula madre (I° evento di variabilità genetica).

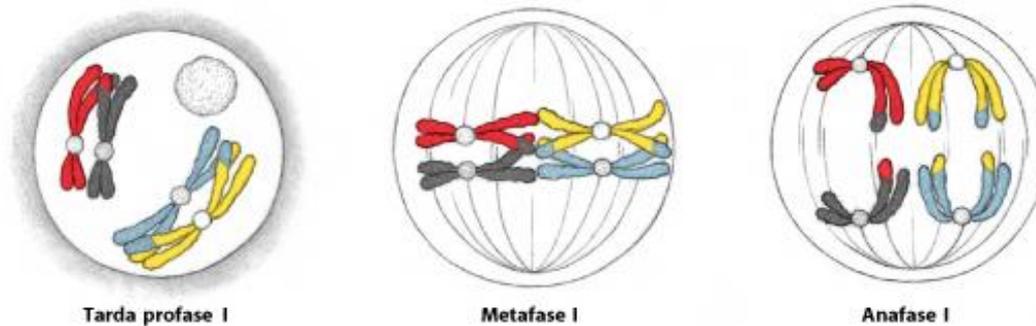
I due cromatidi fratelli identici sono tenuti insieme dal centromero.



Crossing-over dei cromosomi e ripartizione casuale degli omologhi

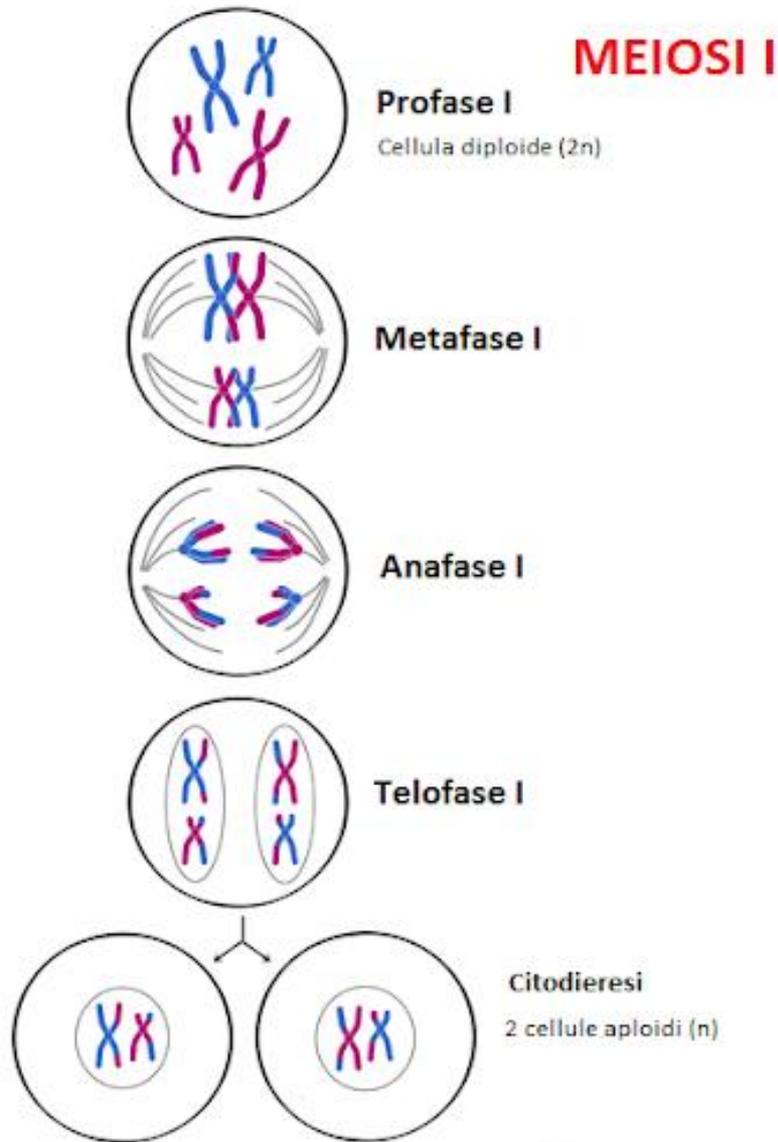
CROSSING OVER
=
Scambio di segmenti di cromosoma con l'omologo corrispondente
=
Ricombinazione genica
=
Nuovi genotipi





Durante la fine della metafase e l'anafase I i bivalenti allineati sul piano equatoriale in modo casuale, con i centromeri delle coppie di cromosomi su entrambi i lati del piano, danno origine ad un riassortimento tra i cromosomi paterni e quelli materni.

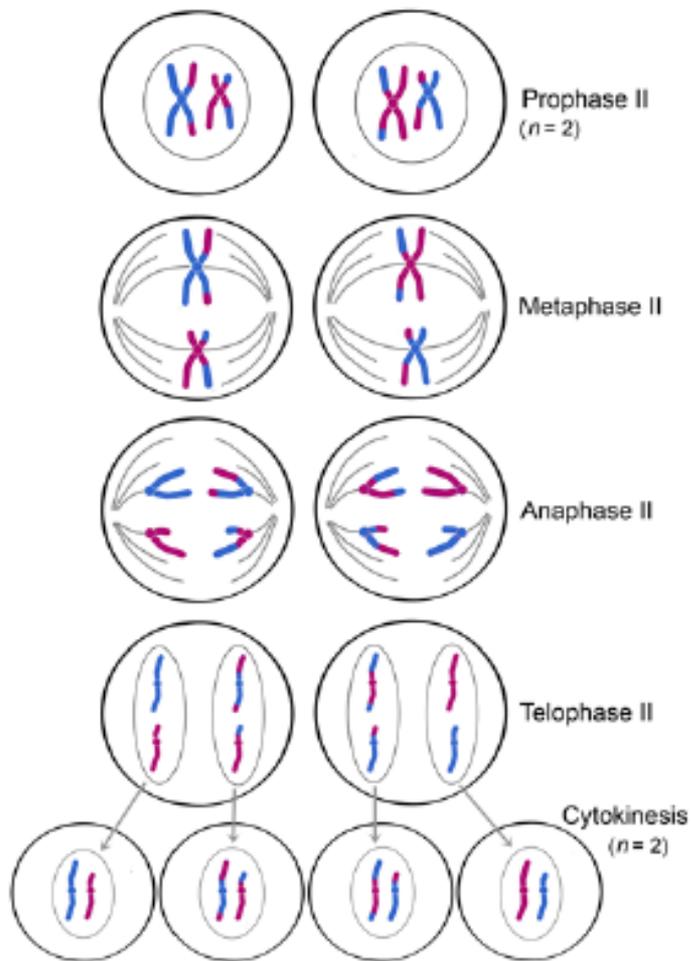
Il crossing-over e questo riassortimento casuale determinano l'enorme variabilità degli organismi viventi.



La meiosi I è una **divisione riduzionale**, i nuclei delle due cellule figlie contengono la metà del numero dei cromosomi del nucleo della cellula madre.

Meiosi II: Divisione equazionale

- ✦ La **meiosi II** è simile alla **mitosi**
- ✦ Tuttavia, **non** è preceduta da una fase S
- ✦ I cromatidi di ogni cromosoma non sono più uguali fra loro dovuto alla precedente ricombinazione tra omologhi
- ✦ La meiosi II separa i cromatidi.



Dopo la Meiosi I, e senza alcuna fase di sintesi del DNA intermedia, inizia la Meiosi II

http://cyberbridge.mcb.harvard.edu/mitosis_7.html

Come varia il contenuto di DNA:

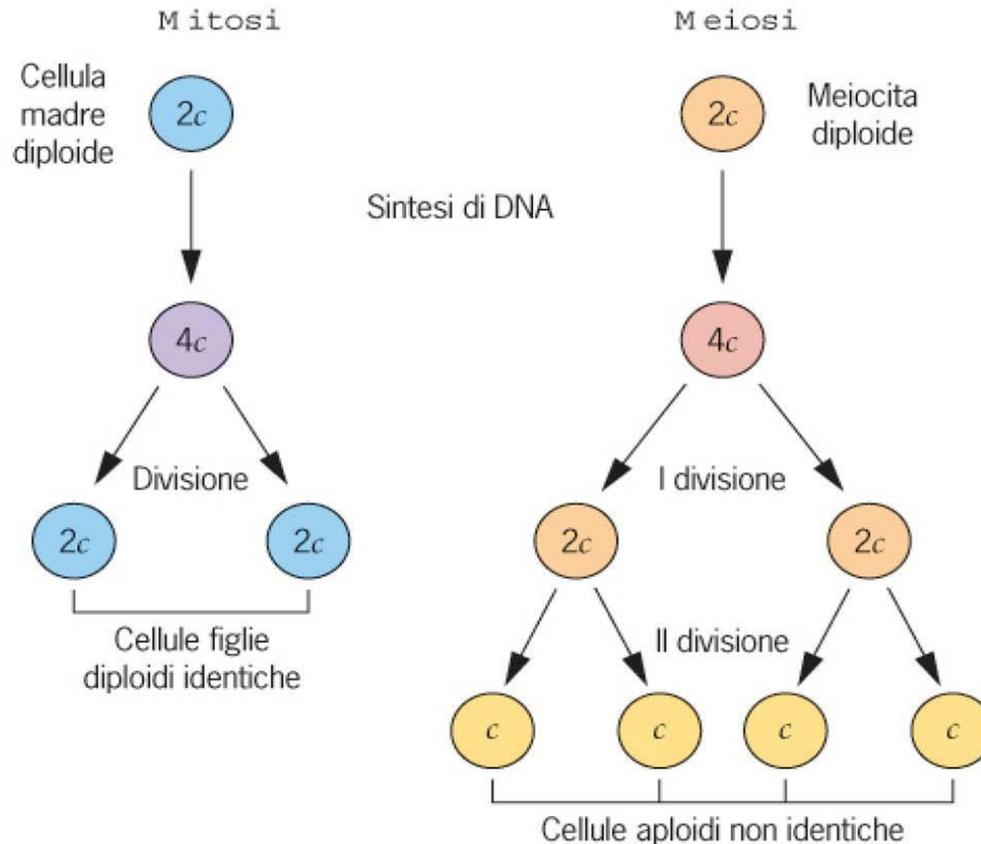


Figura 2.10 ■ Confronto tra mitosi e meiosi; c indica il contenuto aploide di DNA nel genoma.

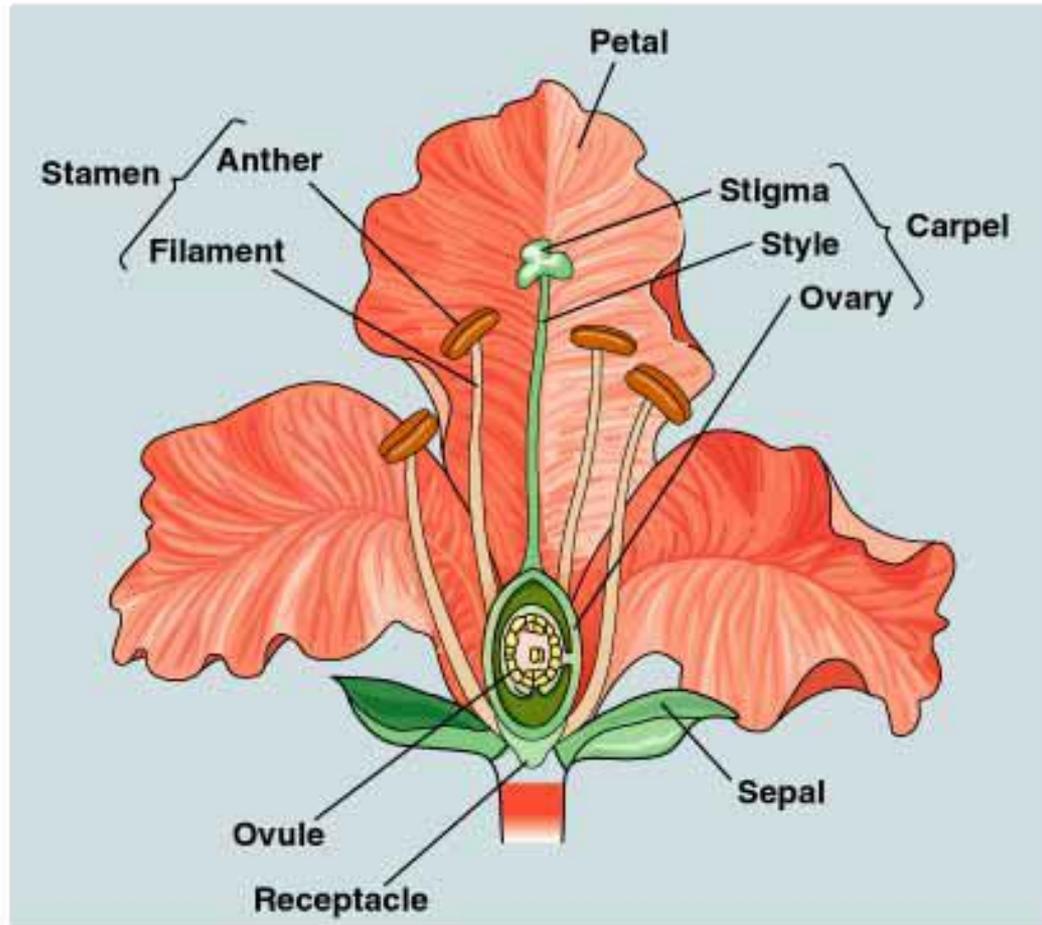
La meiosi è una divisione riduzionale.

Meiosi riepilogo

I processi di base della meiosi sono simili a quelli della mitosi, ma presentano **4** importanti **differenze**:

1. La meiosi comporta 2 successive divisioni nucleari e citoplasmatiche con produzione di 4 cellule.
2. Nonostante le due divisioni il DNA subisce una sola duplicazione durante l'interfase che precede la prima divisione meiotica
3. Ognuna delle 4 cellule prodotte contiene un n. aploide di cromosomi (n), cioè solo una coppia degli omologhi.
4. Durante la meiosi l'informazione genetica che proviene da entrambi i genitori viene mescolata, in modo tale che ogni cellula può ereditare una combinazione di geni unica e diversa dai genitori.

Dove avviene la meiosi in una pianta a fiore?



© 1999 Addison Wesley Longman, Inc.

Nelle piante la meiosi produce le spore (meiospore) e non i gameti.

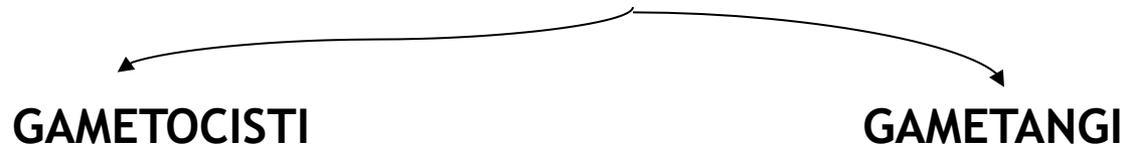
Le meiospore sono cellule aploidi che possono subire alcune divisioni mitotiche e formare una struttura aploide (gametofito**) al cui interno si differenziano i gameti.**

I gameti si possono solo unire tra loro (maschile e femminile), per formare un individuo diploide (sporofito**).**

L'individuo o la struttura aploide che deriva dalla proliferazione della spora meiotica è il gametofito (n)

- Perché?
- Perché produce per **mitosi** i gameti (n) all'interno di strutture adibite alla loro protezione .

Le strutture in cui si formano i gameti sono dette:

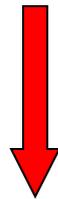


Se i gameti si formano all'interno di organi riproduttori unicellulari

Se i gameti si formano all'interno di organi riproduttori pluricellulari

OOGONI

SPERMATOGONI



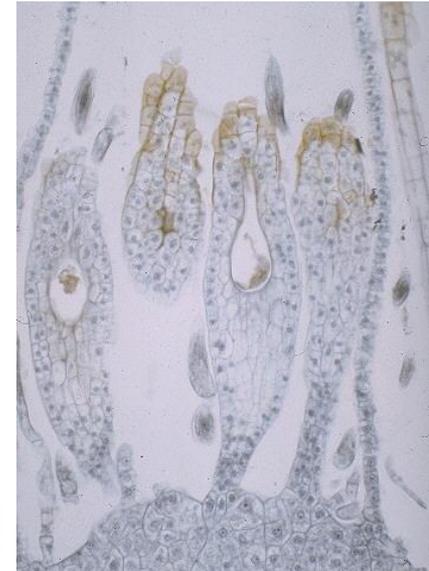
**ALGHE
FUNGHI**

ARCHEGONI

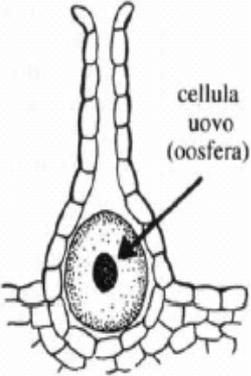
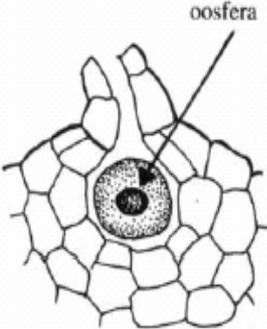
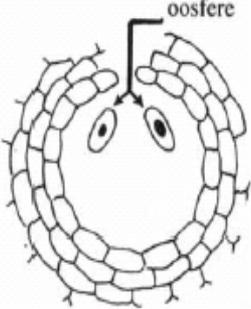
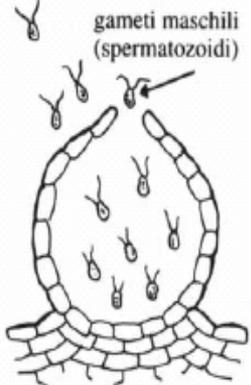
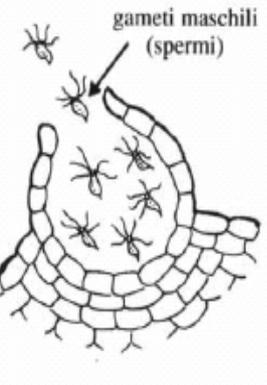
ANTERIDI



Chara sp.



I gameti e gli organi della riproduzione

	BRIOFITE	PTERIDOFITE	GIMNOSPERME	ANGIOSPERME
ARCHEGONIO (gametangio femminile)	 cellula uovo (oosfera)	 oosfera	 oosfere	 Sacco embrionale (megagametofito maturo)
ANTERIDIO (gametangio maschile)	 gameti maschili (spermatozoidi)	 gameti maschili (spermi)	 Granulo pollinico	 Granulo pollinico

I gameti necessitano di protezione

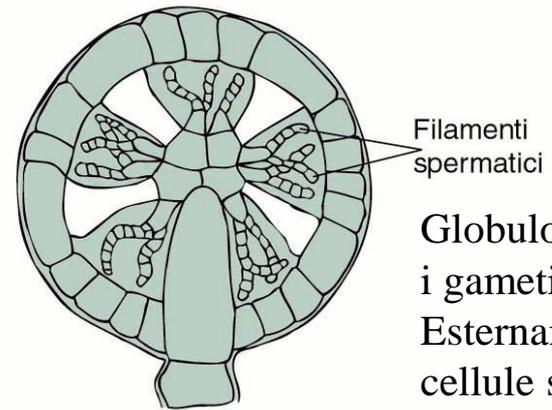
Piante terrestri: gametangio

Maschile: anteridio

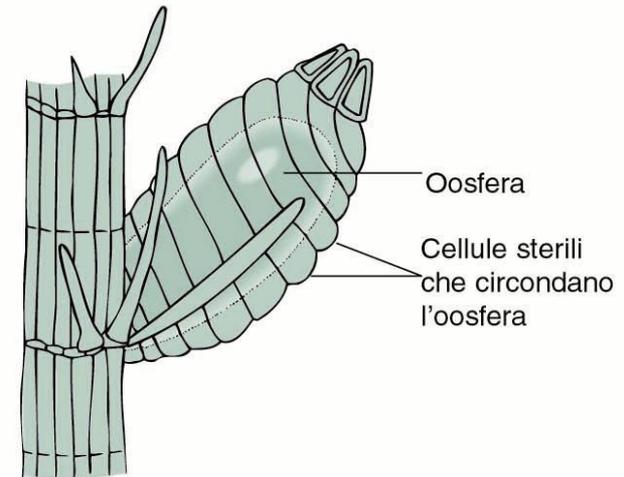
Femminile: archegonio



(a)



(b)

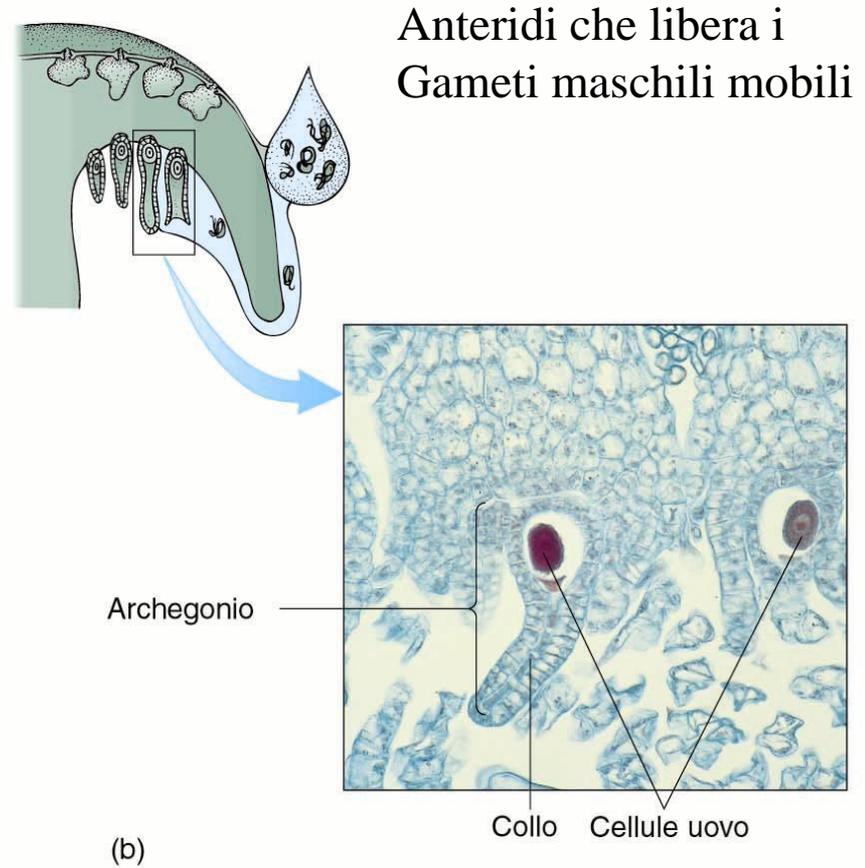


(c)

Chara, un'alga verde, con una complessa organizzazione del corpo e con strutture riproduttive pluricellulari.



(a)



Rami archegoniofori di una briofita (Marchantia)

Modalità di riproduzione sessuale

1) Se ad incontrarsi sono i gameti si parla di **GAMETOGAMIA**

ISOGAMIA

ANISOGAMIA

GAMETOGAMIA

OOGAMA

2) Se ad incontrarsi sono i gametangi si parla di **GAMETANGIOGAMIA**



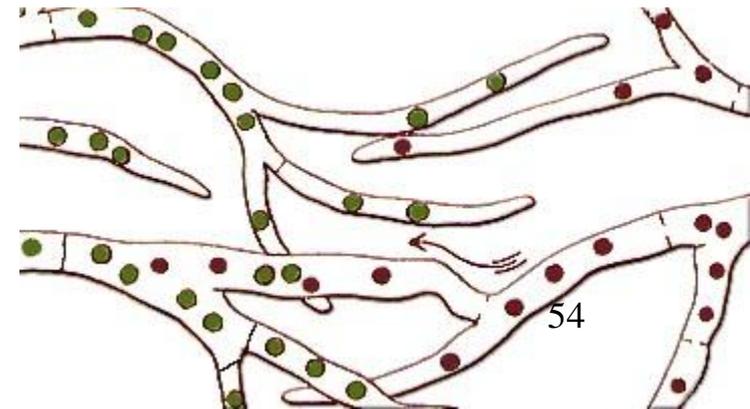
Oomycetes

Zygomycetes

3) Se ad incontrarsi sono cellule somatiche di segno opposto si parla di **SOMATOGAMIA**

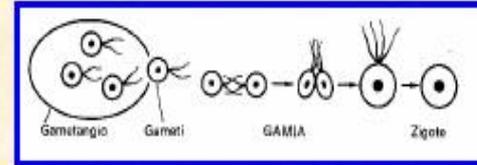
Basidiomycetes

Ascomycetes

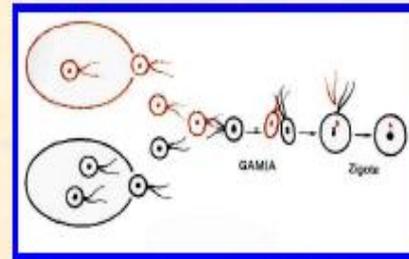


1. Gametogamia: fusione di gameti

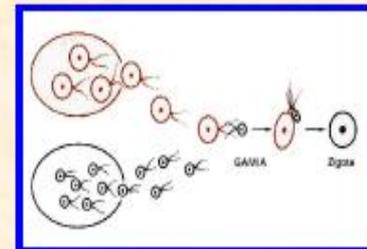
g. isogama se i gameti sono uguali



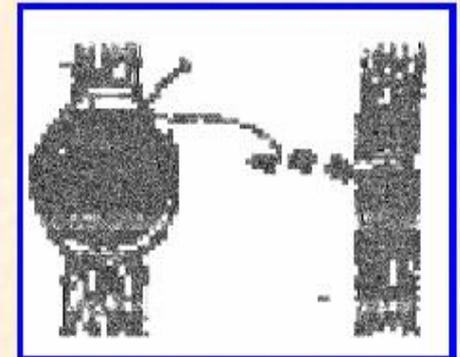
g. anisogama se i gameti sono morfologicamente differenti



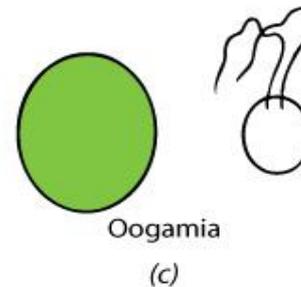
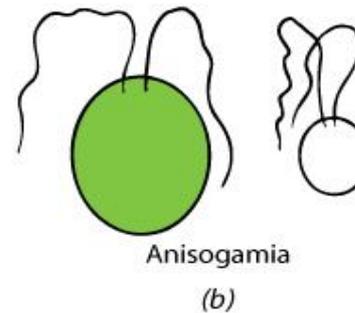
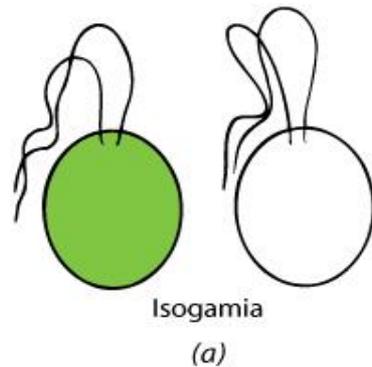
g. eterogama con evidente distinzione fra microgamete maschile e macrogamete femminile.



g. oogama il gamete femminile immobile (ovocellula) è fecondato dal gamete maschile (anterozoide o spermatozoide o nucleo spermatico)



- Nei vegetali primitivi i **gameti** dovevano essere identici (**isogamia**). Poi, in seguito a mutazioni, si differenziarono. Se i gameti maschili e femminili sono diversi si parla di **anisogamia**. Quando il gamete femminile non è flagellato e immobile, si parla di **Oogamia**.



Cicli ontogenetici

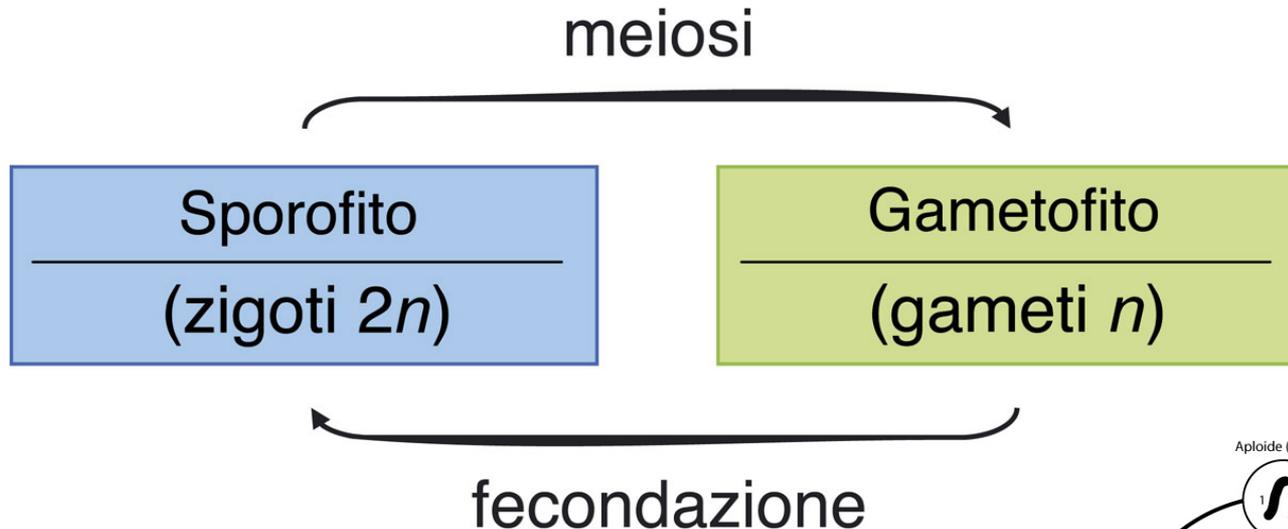
La vita di ogni organismo si svolge secondo una sequenza ciclica di stadi ed eventi biologici, la cui durata è una caratteristica della specie.

Il **CICLO ONTOGENETICO** di un individuo comprende l'insieme di eventi (nascita, crescita, riproduzione e morte) che inizia con lo sviluppo della cellula uovo fecondata e si conclude con la morte dell'individuo.

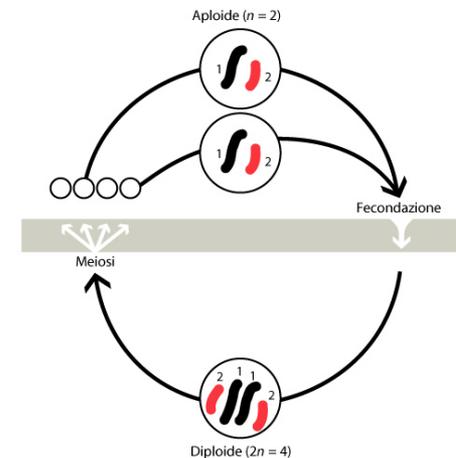
Meiosi e Gamia rappresentano due momenti fondamentali del ciclo vitale di tutti gli organismi.

MEIOSI E FORMAZIONE DEI GAMETI

Alternanza di fase nucleare.



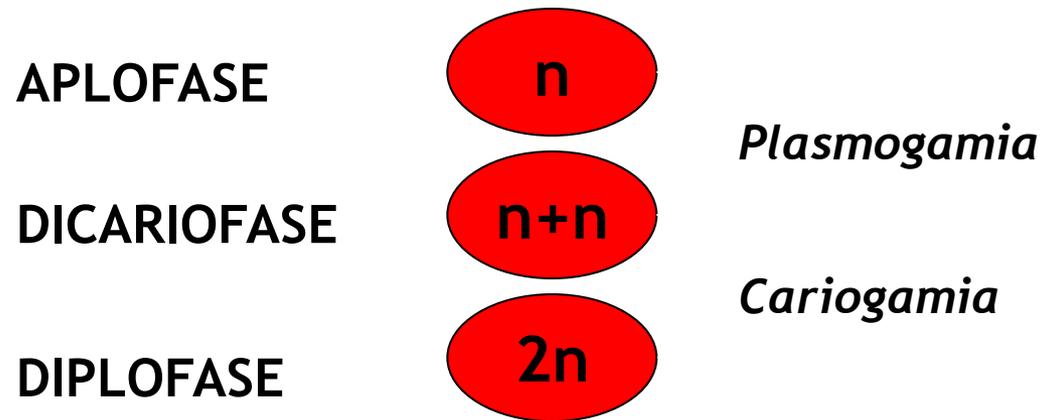
La riproduzione sessuale è caratterizzata da due eventi: la riduzione a metà del numero dei cromosomi (meiosi) e la fusione dei gameti (fecondazione).



Tutti i cicli sessuali, compreso quello dell'uomo, presentano un'alternanza di generazione, cioè un'alternanza tra uno stadio aploide e uno diploide.

I cicli ontogenetici o metagenetici

In tutti gli organismi con la riproduzione sessuata ha luogo, in seguito alla fusione di gameti aploidi, una successione di:



Nel corso della meiosi si formano poi nuovamente cellule riproduttive aploidi

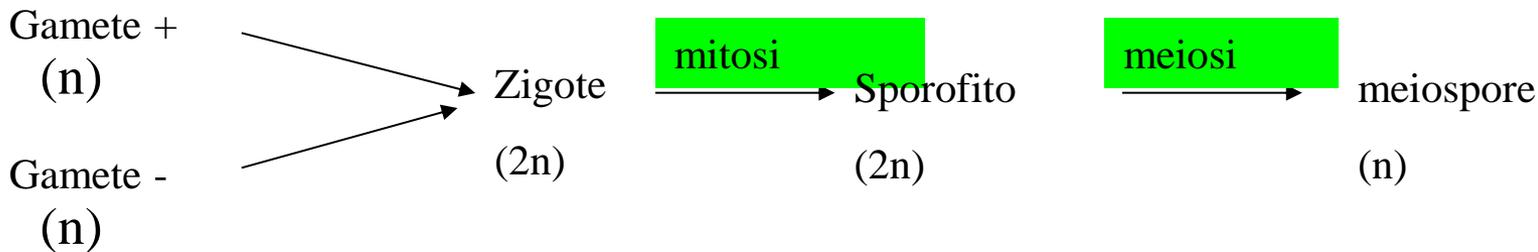
Questa successione ciclica determina l'ALTERNANZA DI FASE NUCLEARE o alternanza di generazione.

- L'alternanza di un individuo aploide (gametofito) e di uno diploide (sporofito) costituisce un ciclo metagenetico
- Nei vegetali esiste una grande variabilità di forma, dimensione e funzionalità del gametofito e dello sporofito

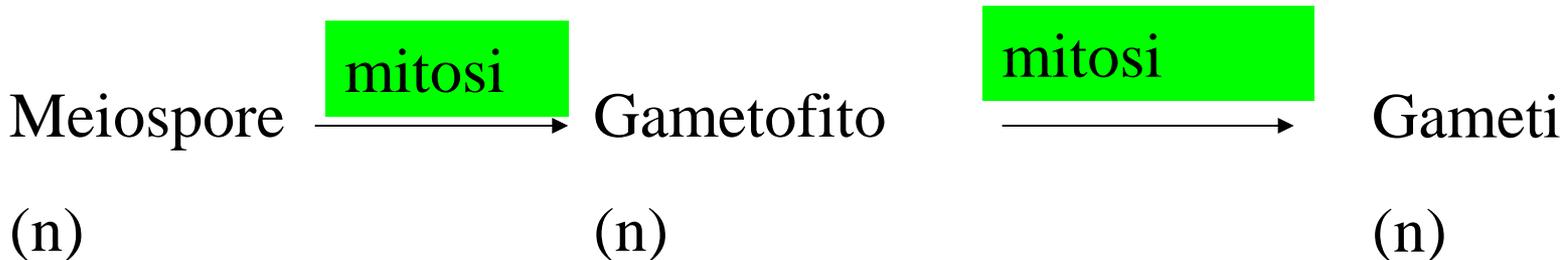
Nel corso dell'evoluzione si sono susseguite diverse forme di ALTERNANZA DI GENERAZIONE, diversificate per morfologia e durata delle due fasi.

Quindi, nel ciclo biologico di un individuo si susseguono due distinte generazioni :

1) **Generazione diploide, sporofitica.** Individui con cellule diploidi che per meiosi di alcune cellule producono spore (n)



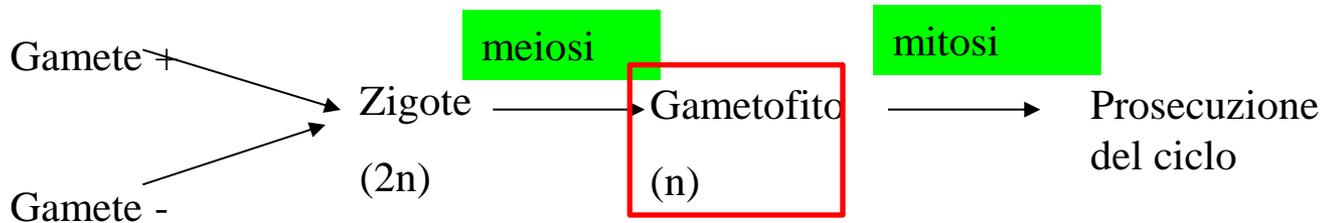
2) **Generazione aploide, gametofitica.** Individui con cellule aploidi che per mitosi producono gameti (n)



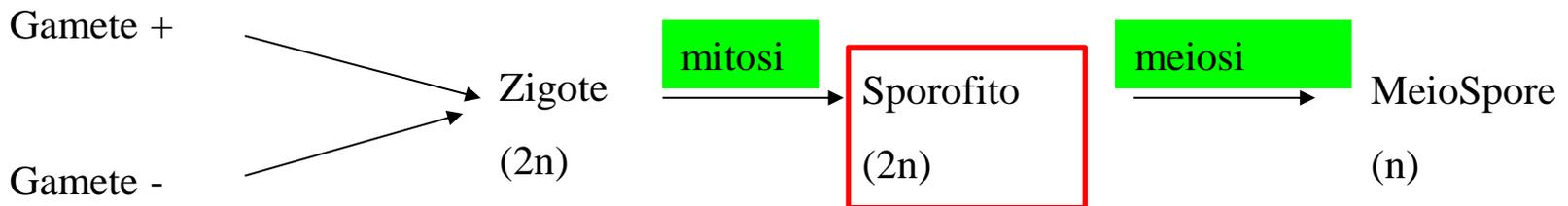
La meiosi è sempre presente nel ciclo metagenetico di un vegetale.

La meiosi può avvenire:

Subito dopo la formazione dello zigote, in questo caso si parla di meiosi zigotica.



Immediatamente prima della formazione dei gameti, in tal caso si parla di meiosi gametica.

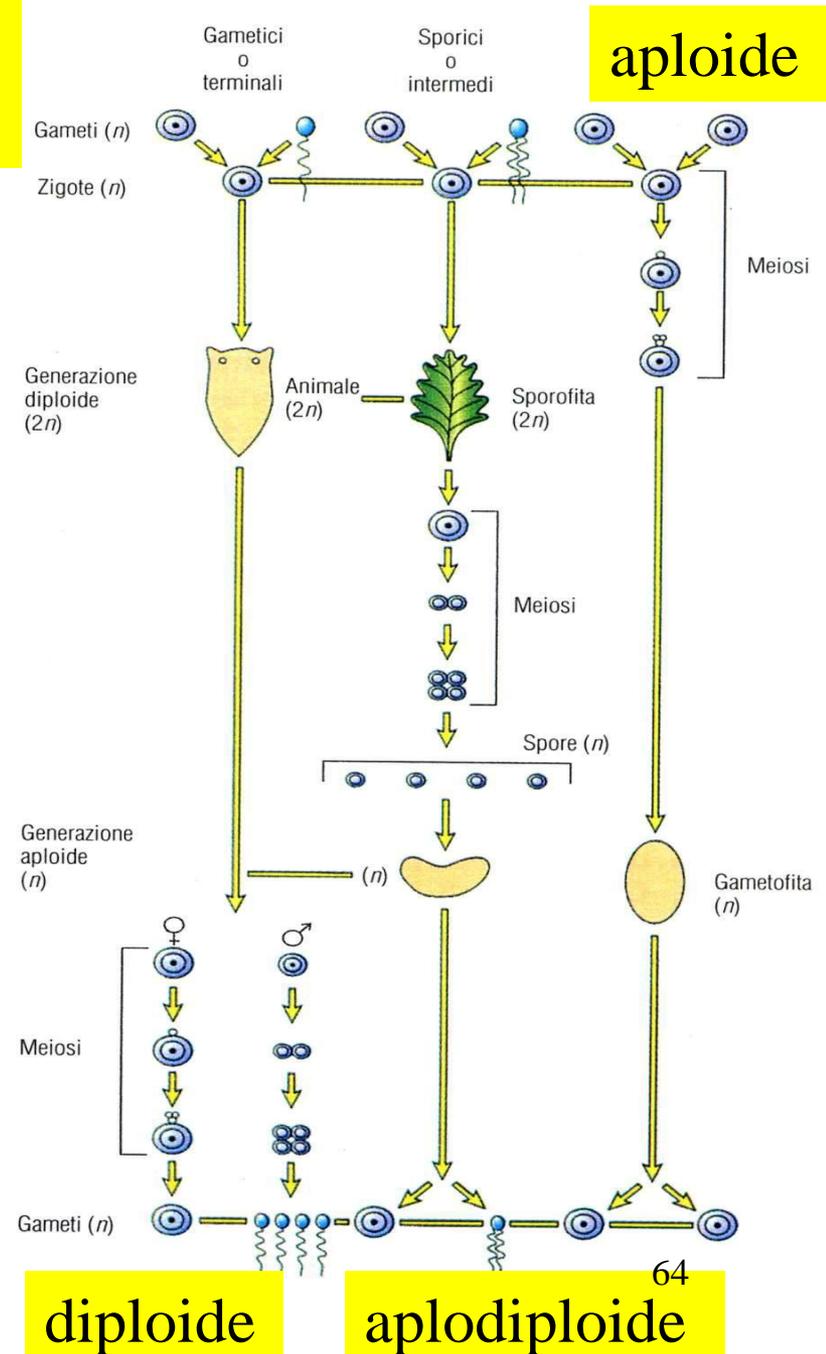


Esistono tre tipi di cicli metagenetici, distinguibili sulla base della posizione della meiosi all'interno del ciclo stesso

Ciclo diploide o a meiosi terminale: lo zigote forma un organismo diploide e la meiosi interessa le cellule germinali dell'individuo sessualmente maturo (animali).

Ciclo aplodiploide o a meiosi intermedia: lo zigote forma un individuo diploide, alcune cellule dello sporofito entrano in meiosi e danno origine a cellule aploidi (spore) capaci di originare un individuo aploide a vita autonoma (alcuni protisti, piante).

Ciclo aploide o a meiosi iniziale: lo zigote entra subito in meiosi e gli organismi sono aploidi per tutta la durata del ciclo (alcuni protisti e funghi).



I cicli vitali: l'alternarsi di fasi aploidi e diploidi

Cicli
diploidi o **Cicli diplonti:** l'unico elemento aploide è il gamete. Lo zigote per mitosi dà origine a una popolazione diploide.
Esempio: Tutti gli animali e qualche alga

Cicli
aploidi o **Cicli aplonti:** l'unico elemento diploide è lo zigote.
Esempio: Funghi, vegetali meno evoluti

Cicli aplodiplonti: lo zigote origina una popolazione diploide, alla meiosi si originano delle spore aploidi che daranno vita a loro volta, al gametofito aploide entro il quale si differenzieranno i gameti aploidi.

Esempio: Tutte le piante

CICLO APLOIDE

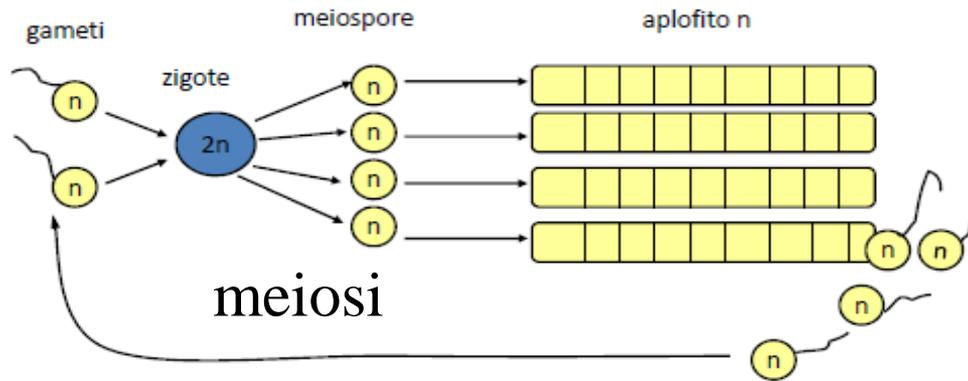
Meiosi iniziale

Ciclo APLONTE

Meiosi *zigotica* o *iniziale* = immediatamente successiva alla gamia, apre il ciclo con le meiospore.

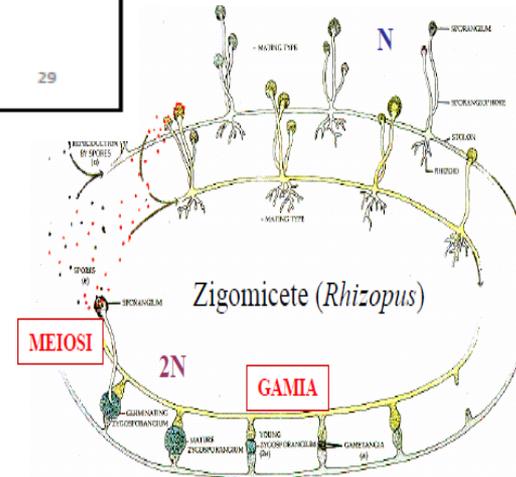
Una sola generazione *APLOIDE* = *APLOFITO*.

L'unica cellula diploide è lo zigote.



La meiosi è zigotica. Tutta la vita dell'individuo si svolge in fase aploide. L'unica fase diploide è costituita dallo zigote.

Funghi e alcune alghe



Quali organismi:

- Maggior parte dei funghi
- Alcune alghe verdi (Chlorophyta)
- Molti protozoi

CICLO DIPLOIDE

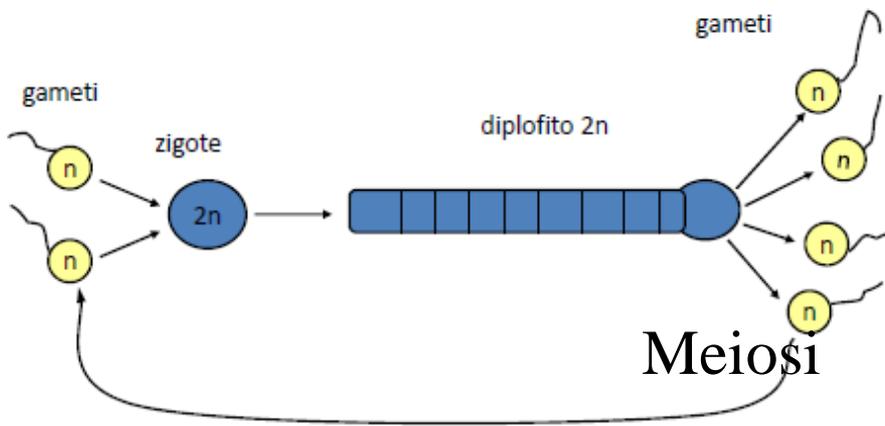
Meiosi terminale

Ciclo DIPLONTE

Meiosi *gametica* o *terminale* = produce i gameti alla fine del ciclo.

Una sola generazione *DIPLOIDE* = *DIPLOFITO*.

Le uniche cellule aploidi sono i gameti.



27

Meiosi
gametica

Tutta la vita dell'individuo si svolge in fase diploide. L'unica fase aploide è costituita dai gameti.

Diatomee
Alcune Alghe Brune (es. Fucus)
Tutti gli animali

CICLO APLODIPLONTE

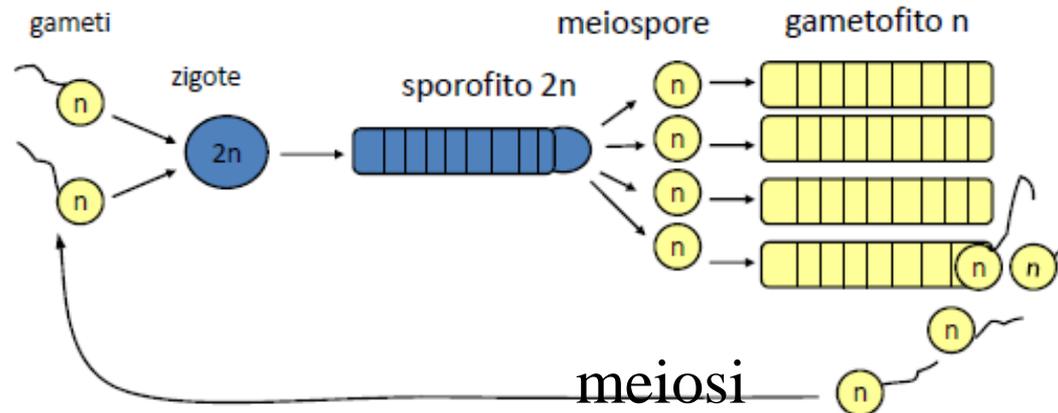
meiosi intermedia

Alternanza di generazioni vera e propria

Ciclo APLODIPLONTE

Meiosi *intermedia* = separa due generazioni antitetiche.

- una generazione APLOIDE = APLOFITO o GAMETOFITO
- una generazione DIPLOIDE = DIPLOFITO o SPOROFITO



GENERAZIONI

ISOMORFICHE

ETEROMORFICHE

31

Alghe più evolute

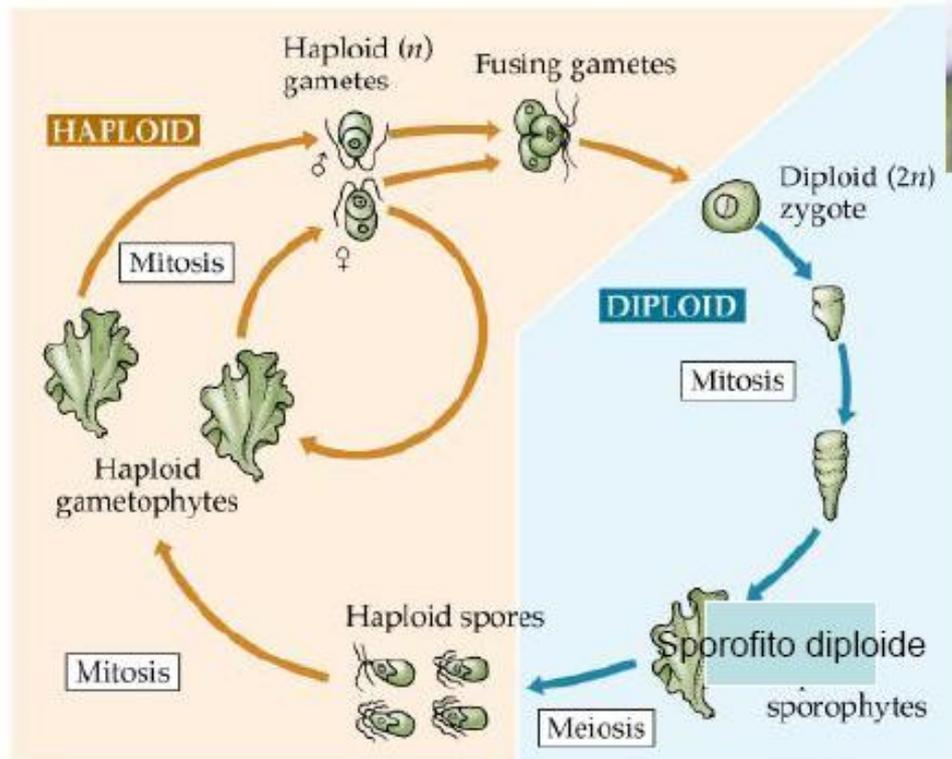
La maggior parte delle piante terrestri

ALTERNANZA DI GENERAZIONE

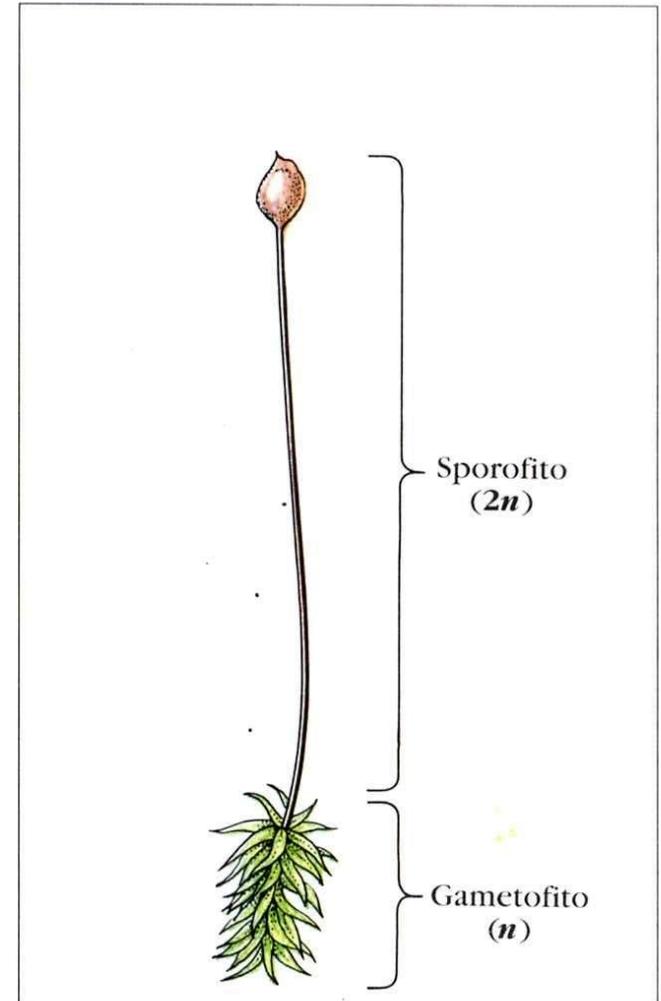
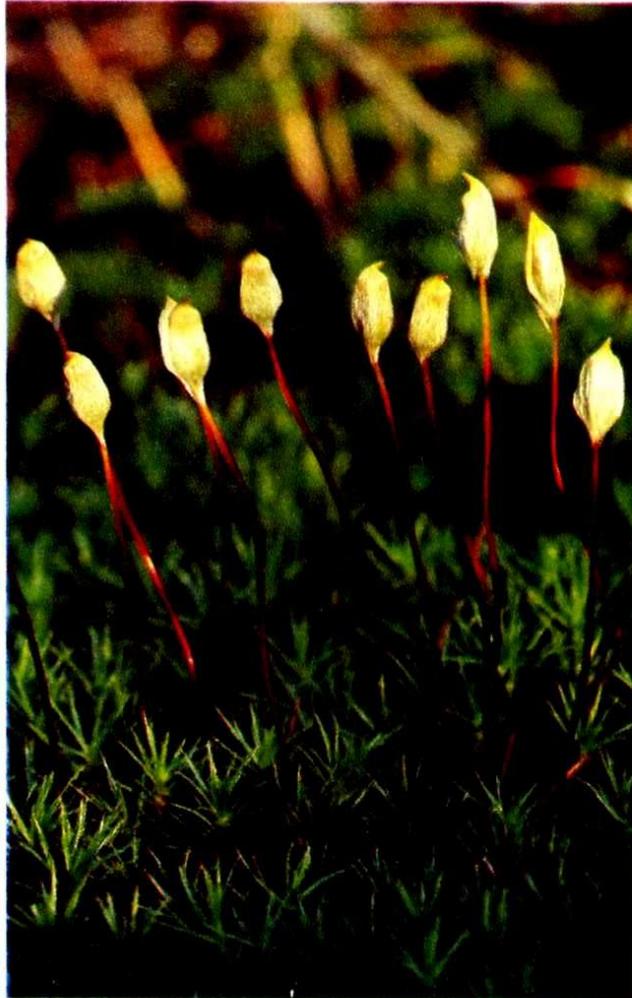
- Generazioni *isomorfiche*: morfologicamente identiche
- Generazioni *eteromorfiche*: morfologicamente diverse

Ciclo aplodiplonte con sviluppo simile delle fasi aploide (gametofito) e diploide (sporofito)

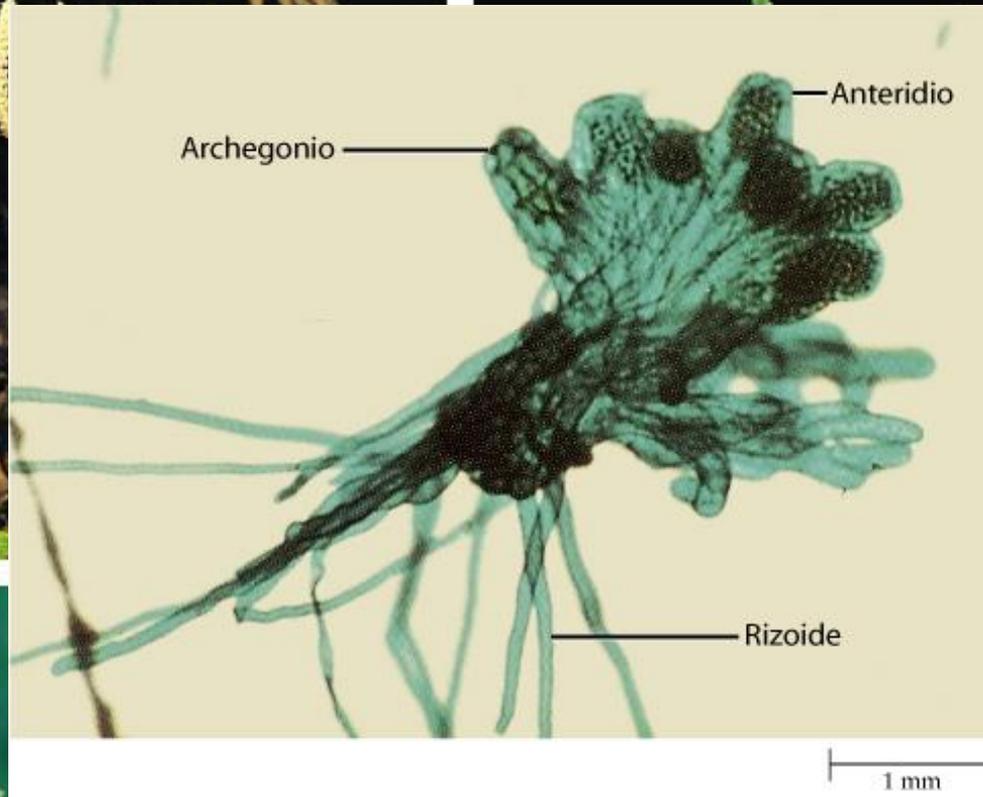
Caso dell'alga *Ulva lactuca*



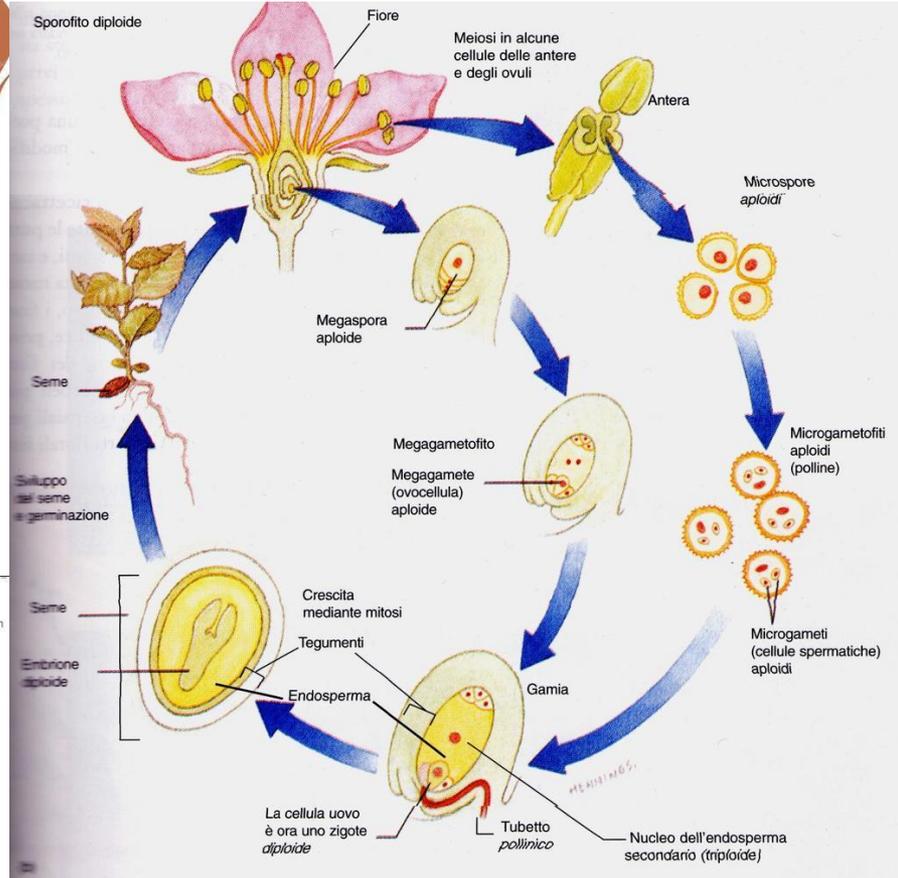
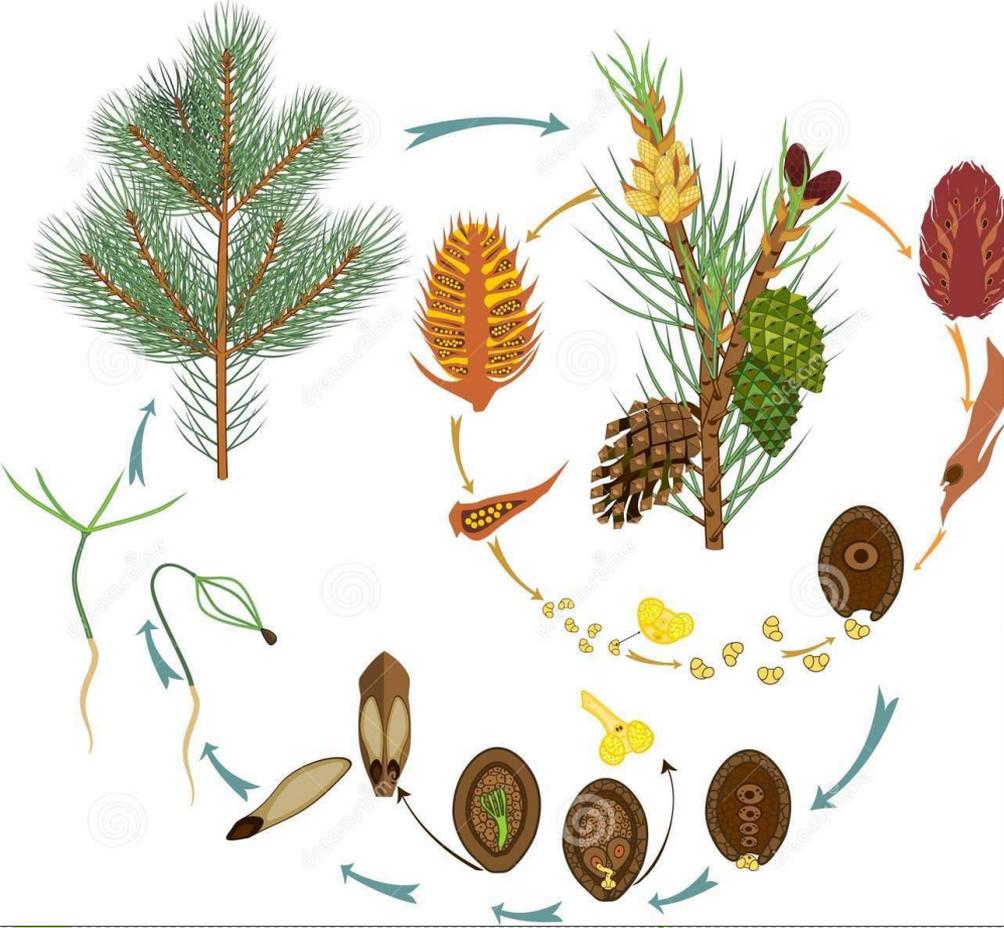
Ciclo aplodiplonte con dominanza della fase aploide (gametofito) sulla fase diploide (sporofito) tipico delle Briofite



NELLE CRITTOGAME VASCOLARI LA GENERAZIONE PREVALENTE È QUELLA SPOROFITICA (DIPLOIDE)



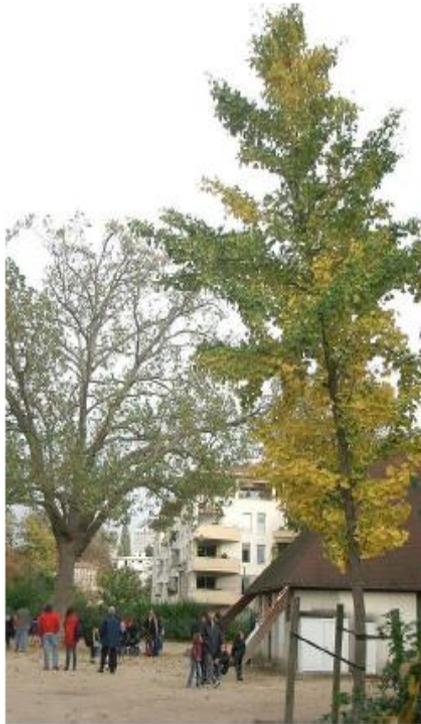
Nelle spermatofite (= piante con seme), Gimnosperme ed Angiosperme, la generazione gametofitica aploide è alquanto ridotta e si sviluppa all'interno dello sporangio



Riproduzione sessuale nelle Gimnosperme (dominanza dello sporofito sul gametofito)

La pianta è lo sporofito

Sullo sporofito si differenziano le strutture che presiedono alla riproduzione.



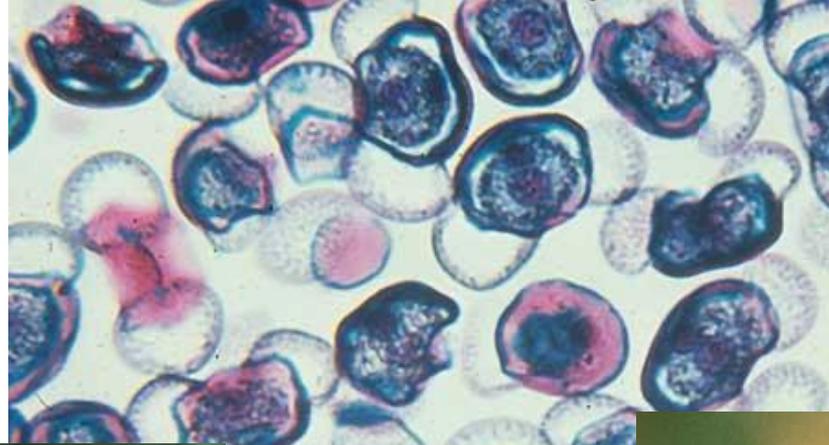
Ginkgo biloba

Larix decidua

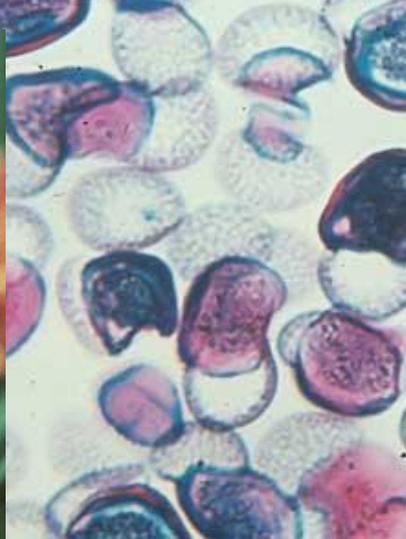


Juniperus communis

Coni maschili



Coni femminili



Angiosperme piante a fiore: monodicotiledoni e dicotiledoni



(a)



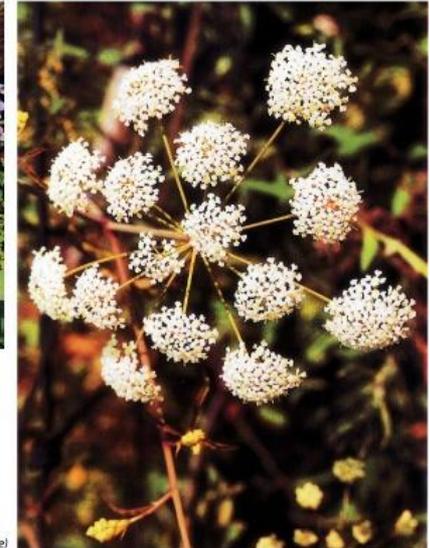
(b)



(c)



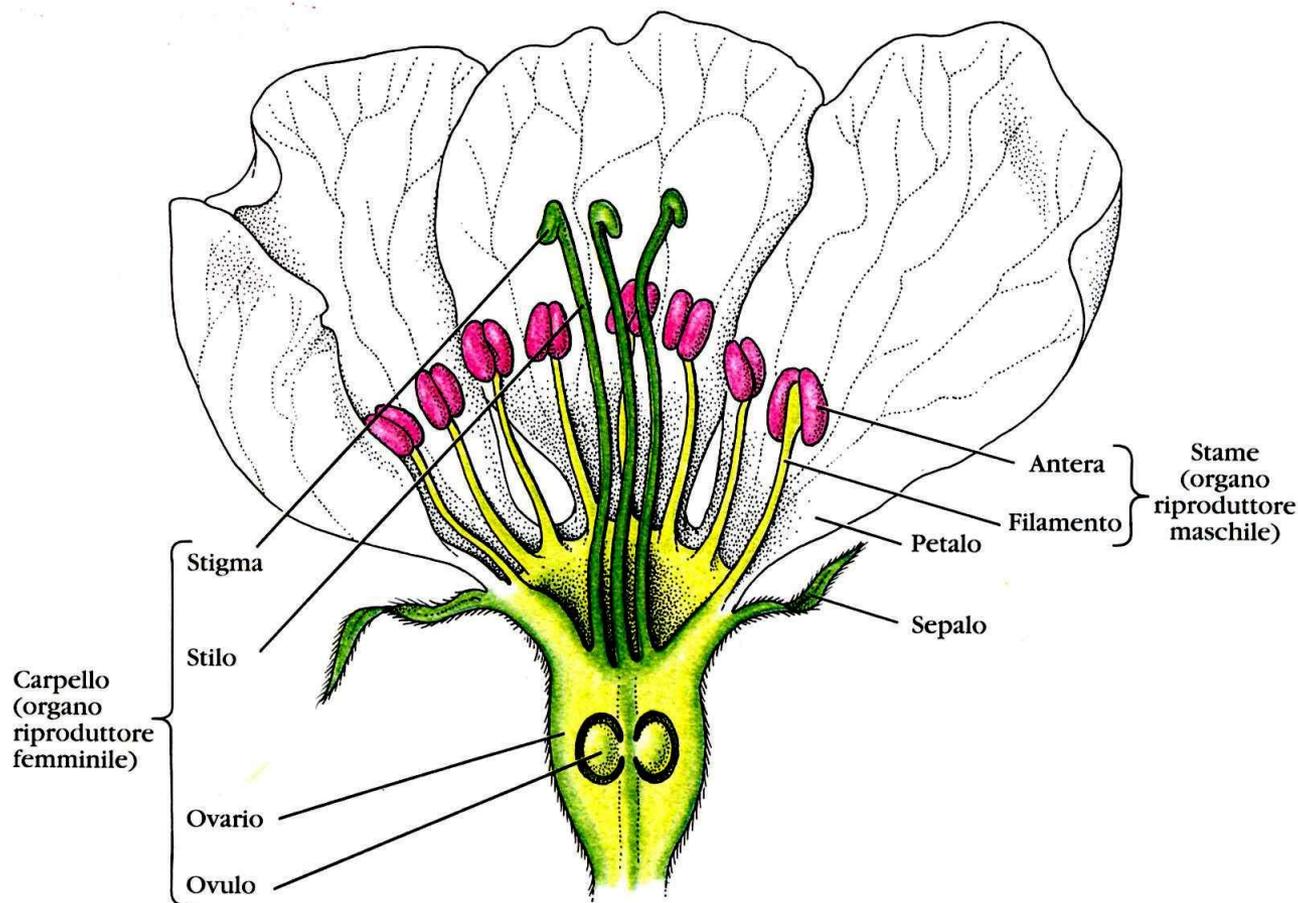
(d)



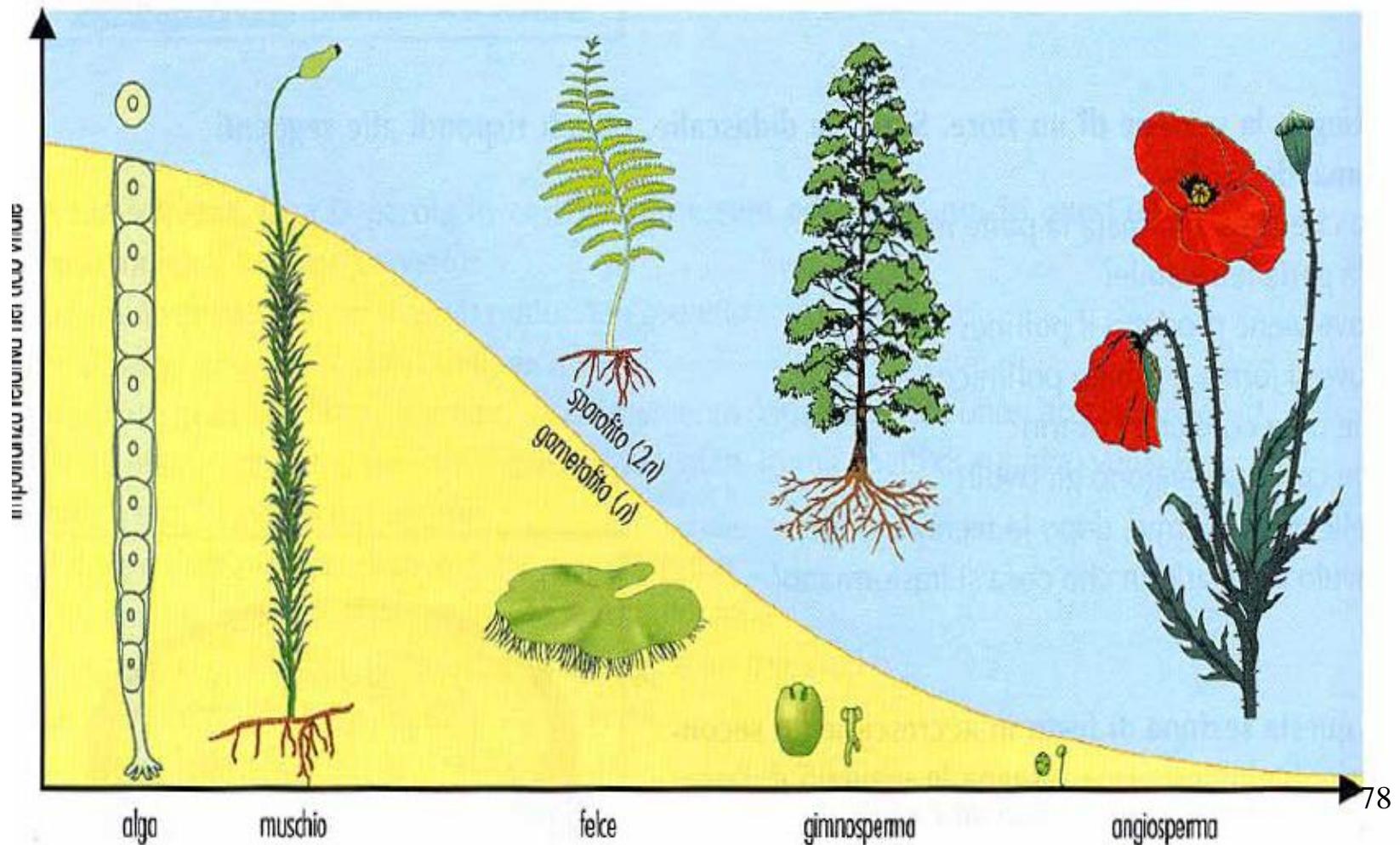
(e)

LE ANGIOSPERME (= PIANTE A FIORE) SONO LE PIÙ EVOLUTE TRA LE PIANTE TERRESTRI

IL FIORE
RAPPRESENTA
L'ORGANO
RIPRODUTTIVO
DELLA PIANTA



Nell'evoluzione delle piante,
la **fase gametofitica** tende drasticamente a ridursi
a favore della **fase sporofitica**



Riassumendo.....

Nel ciclo **diplonte** (es. diatomee e sargassi, animali) la meiosi è gametica, cioè terminale, quindi la generazione prevalente è la sporofitica ($2n$)

Nel ciclo **aplonte** (es. alcune alghe e funghi) la meiosi è zigotica o iniziale, quindi la generazione evidente è quella gametofitica (n)

Nel ciclo **aplodiplonte** (aplodiplobionte) (molte alghe, briofite, pteridofite, gimnosperme e angiosperme) la meiosi è intermedia, quindi le due generazioni, gametofitica e sporofitica (n e $2n$), sono **piú o meno** evidenti.