

Dipartimento di Biologia Ambientale
P.le A.Moro, 5 00185 ROMA



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Le piante a fiore

Angiosperme

**Oltre 300.000 specie oggi viventi,
corrispondenti**

**ad oltre l'80% di tutti i vegetali terrestri, le
angiosperme o piante a fiore rappresentano il
gruppo di piante più vasto e diversificato del
nostro pianeta. Tutte le altre tracheofite
(licofite, felci e gruppi affini, gimnosperme)
comprendono solo circa 15.000 specie**

Caratteri fondamentali delle antofite

- **Xilema** secondario (legno) **eteroxilo** con trachee
- Floema con **cellule compagne**
- **fiori**
- ovuli chiusi in carpelli che danno origine al **frutto**
- **doppia fecondazione** ed endosperma secondario triploide

struttura del fiore

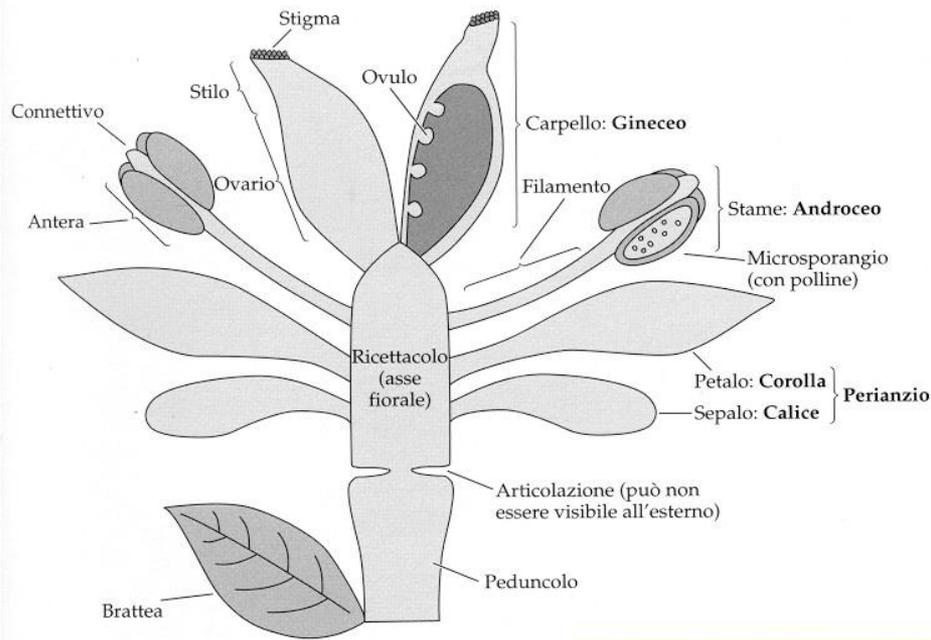


Figura 4.16 Schema generico delle parti del fiore. I termini collettivi sono in grassetto.

Judd W.S., Campbell C.S., Kellog E.A., Steven P.F., Donoghue M.J., 2002 – Botanica sistematica. PICCIN

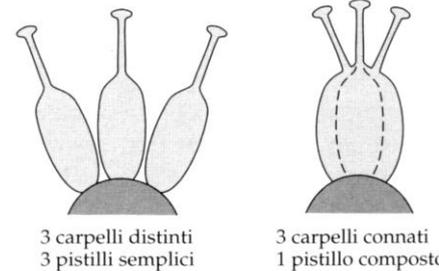
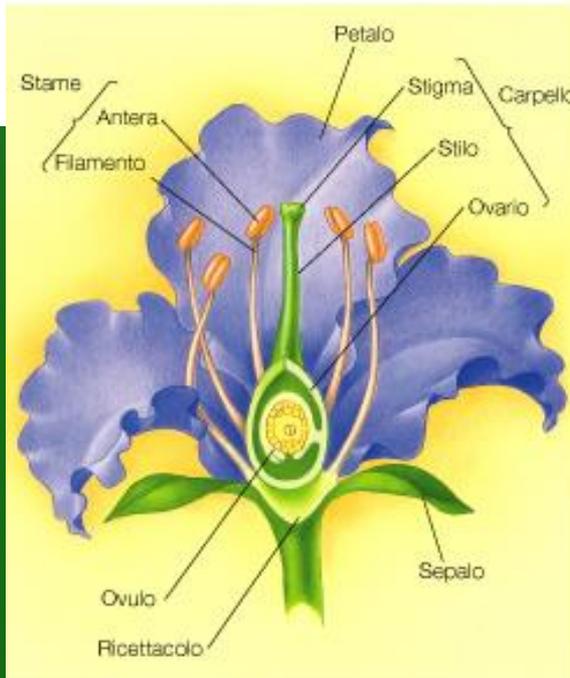
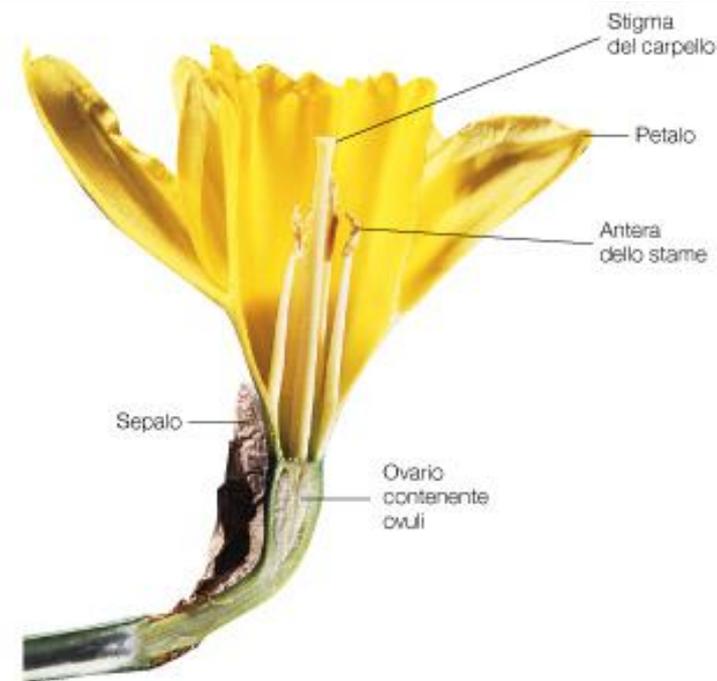


Figura 4.19 Differenza tra i termini *carpello* e *pistillo*.



(a)



(b)

Narcissus sp.

Campbell N.A., Reece J.B., 2002 – Biologia. ZANICHELLI

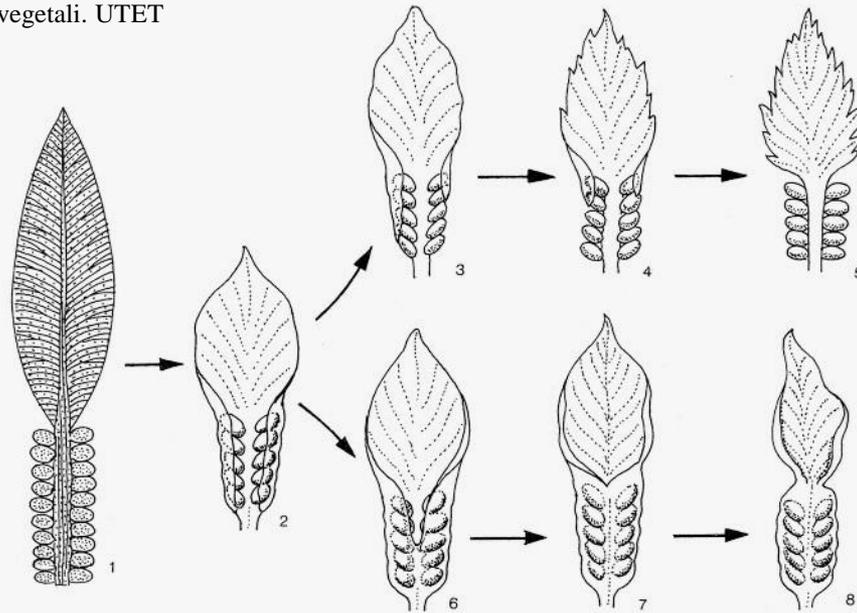
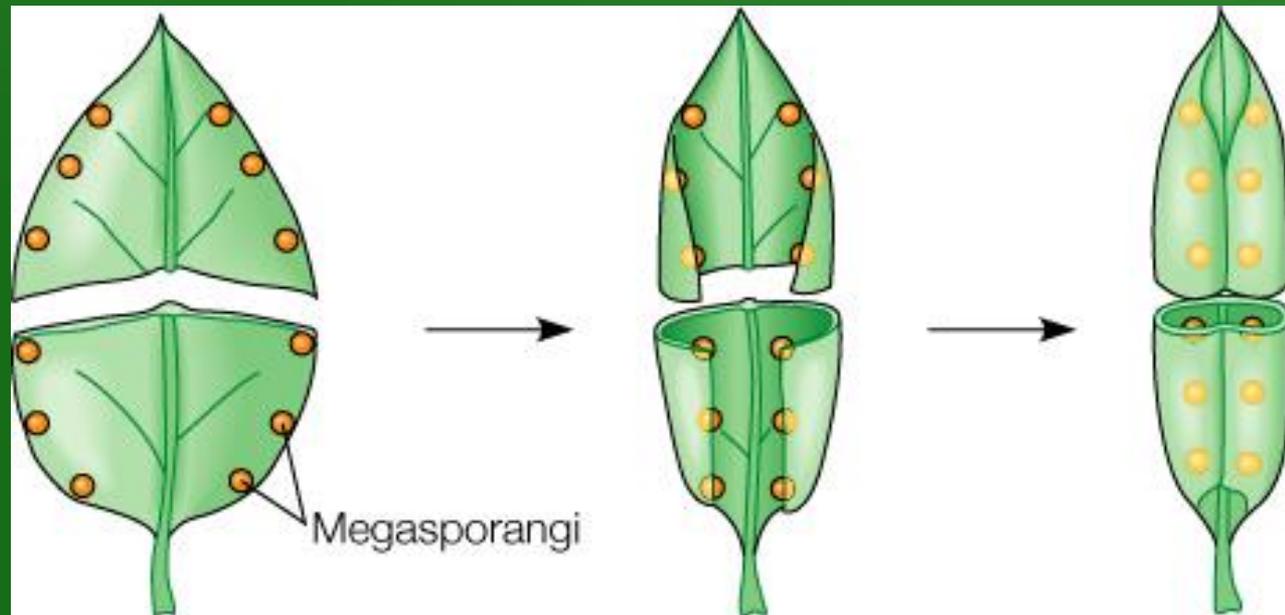
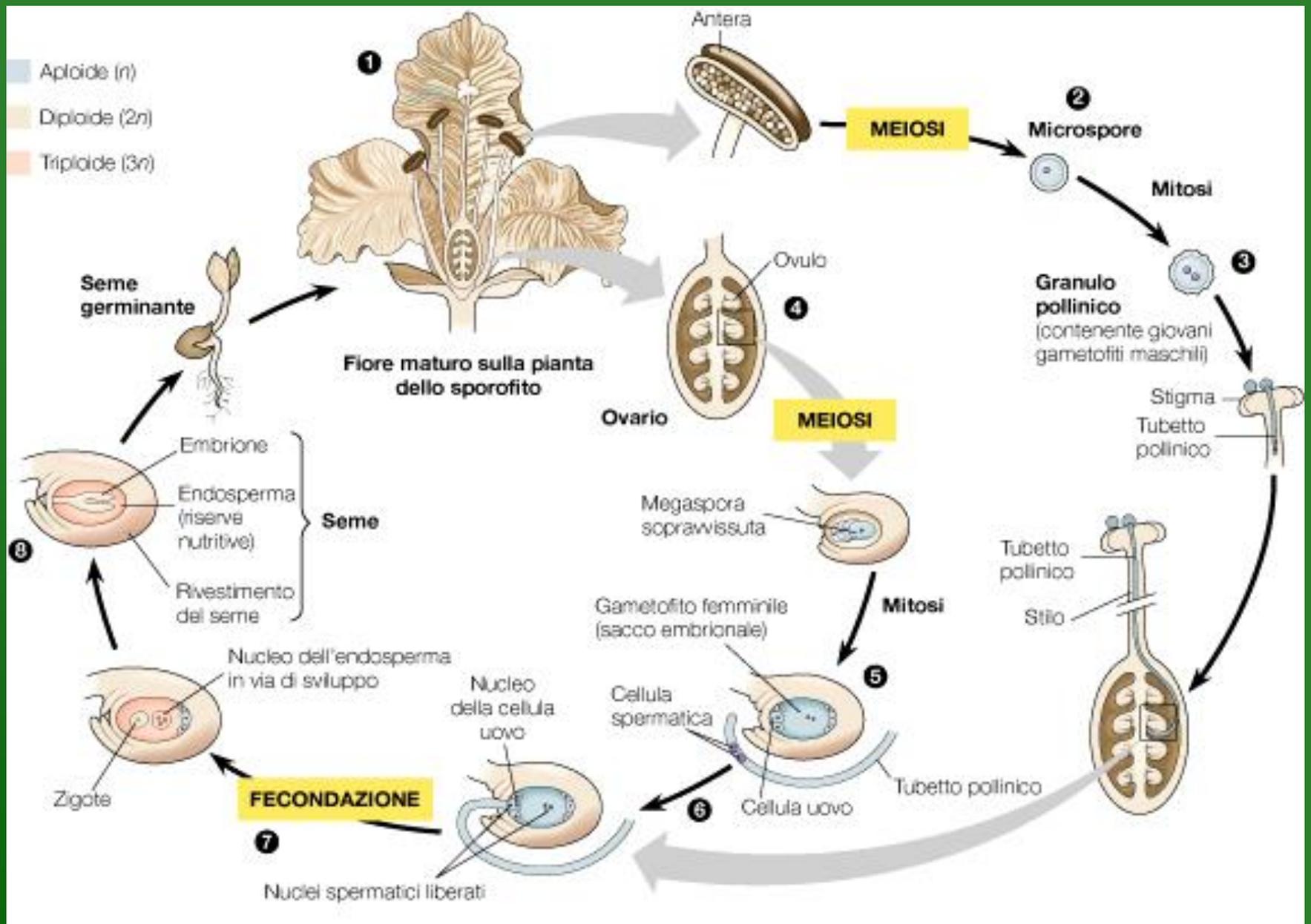


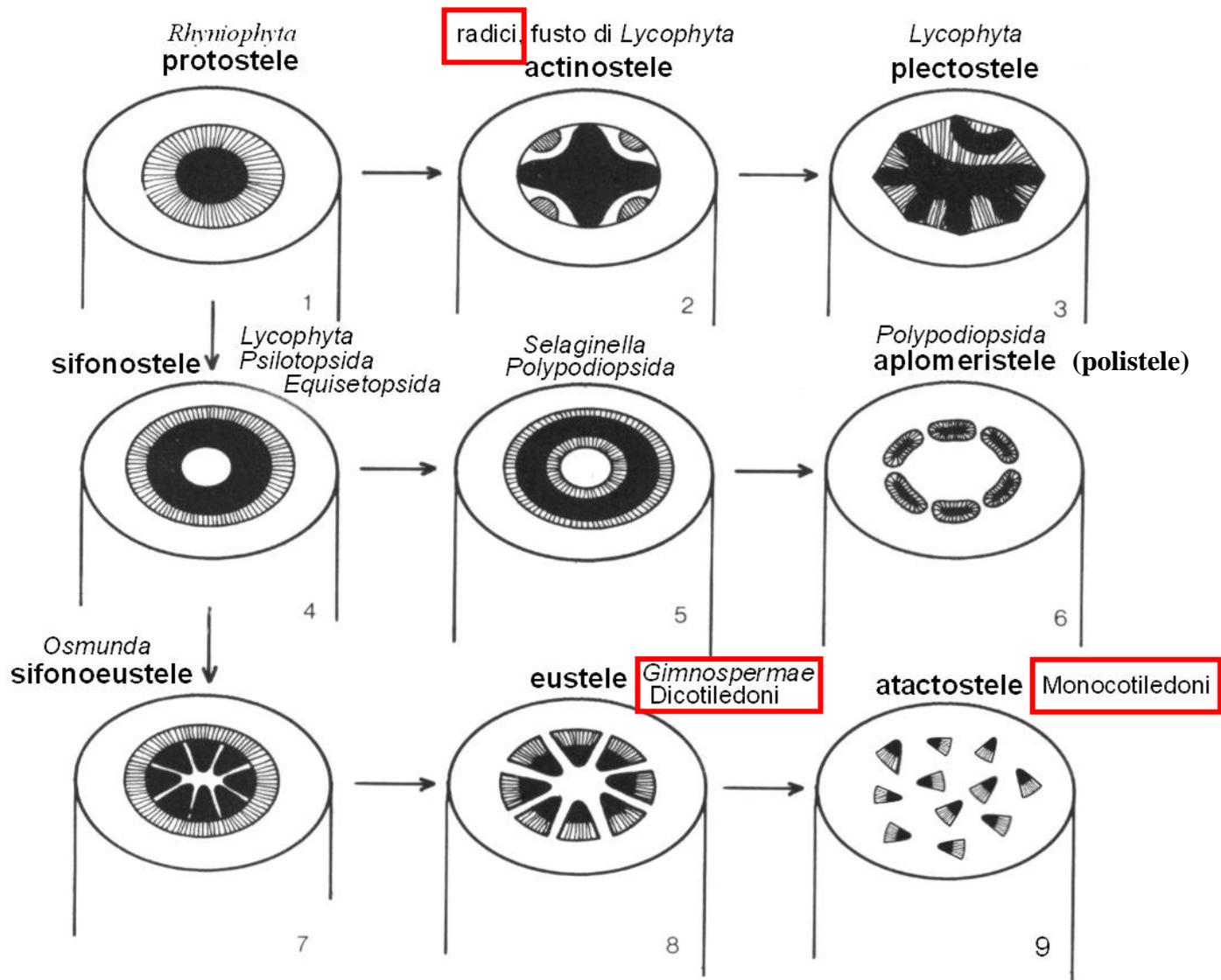
FIG. 43.6 • Ricostruzione, secondo Mamay, del macrosporofillo di una *Cycadales* del Permiano (1) e possibile sua evoluzione filogenetica verso il megasporofillo di una *Cycas* vivente (5) e verso il carpello di un'Angiosperma (8).

possibili
trasformazioni
del
megasporofillo
di Cycadales nel
carpello di
un'angiosperma



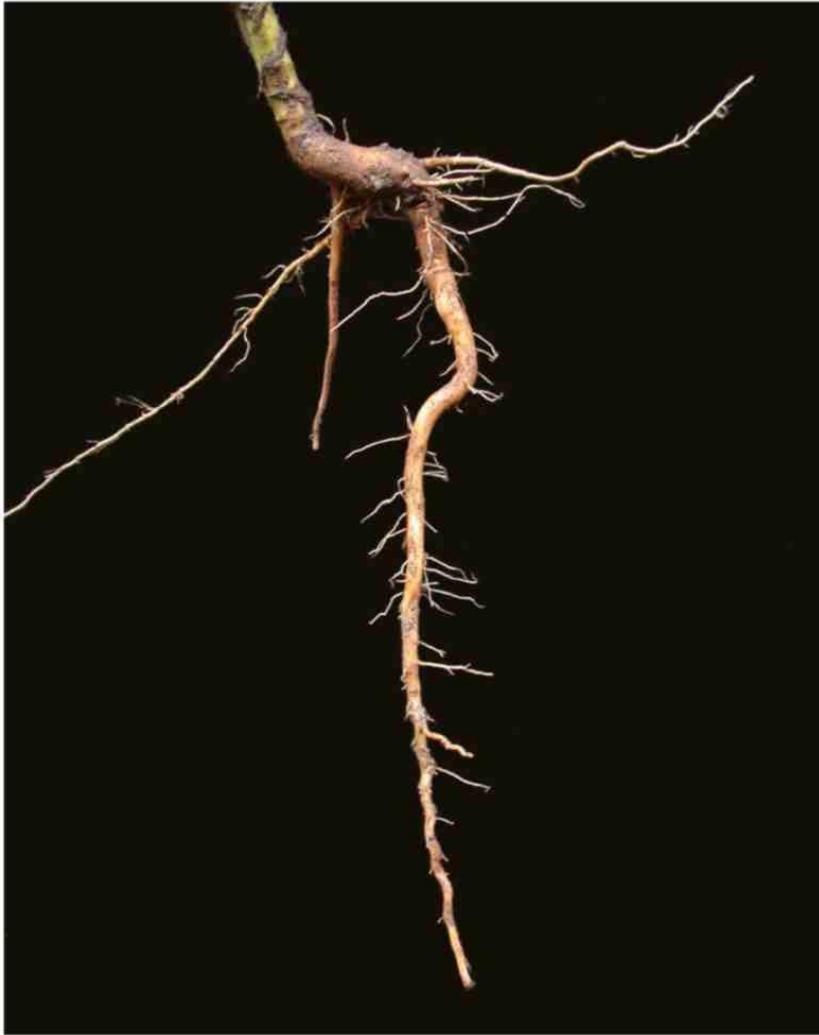
Era	Periodo	Milioni di anni	Principali eventi nella storia della vita sulla terra
Quaternario		0,01 - 1,8	Ere glaciali. Comparsa dell' uomo
Cenozoico	Neogene	1,8 - 5	Comparsa degli antropomorfi antenati dell'uomo
		5 - 24	Radiazione evolutiva delle angiosperme e dei mammiferi
	Paleogene	24 - 55	Predominio evidente delle angiosperme . Origine della maggior parte dei mammiferi attuali.
		55 - 66	Principali radiazioni evolutive di mammiferi, uccelli e insetti impollinatori
Mesozoico	Cretaceo	66 - 140	Diffusione delle angiosperme. Estinzione di molti gruppi di organismi (tra cui i dinosauri)
	Giurassico	140 - 210	Le gimnosperme sono ancora le piante dominanti; probabile comparsa delle piante a fiore (angiosperme). Abbondanti i dinosauri
	Triassico	210 - 250	Le piante a seme nudo (gimnosperme) dominano i paesaggi
Paleozoico	Permiano	250 - 290	Origine della maggior parte degli attuali ordini di insetti. Estinzione di molti organismi terrestri e marini
	Carbonifero	290 - 360	Le piante vascolari senza seme (pteridofite) costruiscono estese foreste. Origine delle prime piante a seme . Dominano gli anfibi e si originano i rettili
	Devoniano	360 - 410	Affermazione delle piante vascolari più semplici. Comparsa dei primi insetti
	Siluriano	410 - 440	Diversificazione delle prime piante vascolari senza seme
	Ordoviciano	440 - 510	Abbondanti le alghe marine. Le terre emerse vengono colonizzate dalle piante (briofite) , dai funghi simbiontici e dagli artropodi
	Cambriano	510 - 540	Radiazione evolutiva della maggior parte dei <i>phyla</i> moderni di animali
540 - 590		Presenza di diverse alghe ed invertebrati	
Pre-Paleozoico		1400	Origine degli eucarioti pluricellulari
		2200	Fossili eucarioti più antichi
		2500	L'ossigeno prodotto dai cianobatteri inizia ad accumularsi nell'atmosfera
		3500	Primi fossili noti di procarioti
		3800	Prime tracce di vita sulla terra
		4500	Probabile origine della terra





Teoria della stele secondo Zimmerman

Modificato da Gerola F.M., 1998 Biologia e diversità dei vegetali. UTET



apparato radicale a fittone
eudicotiledone



apparato radicale fascicolato
radici avventizie (Poaceae)

Il fusto

Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN

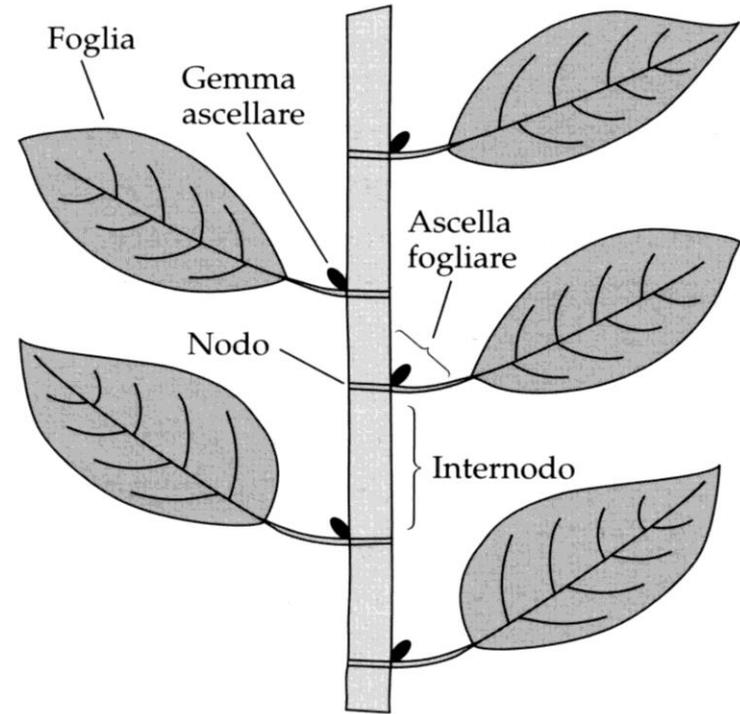
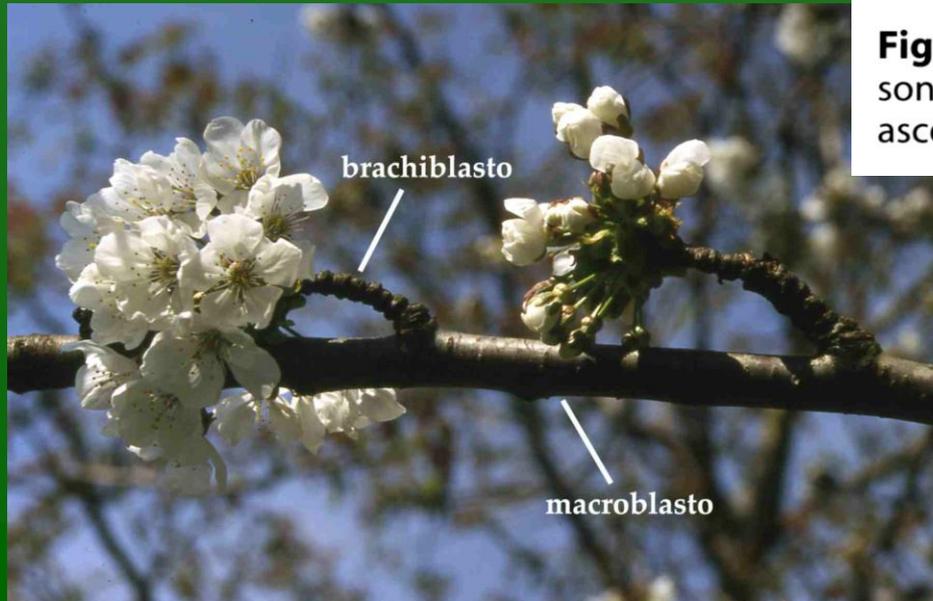
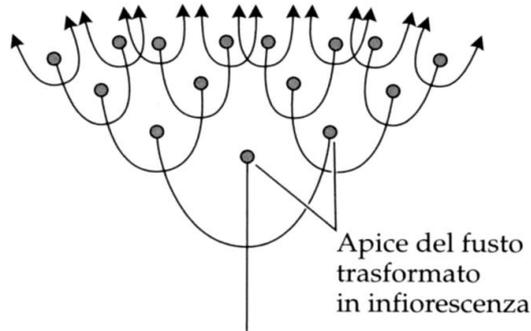
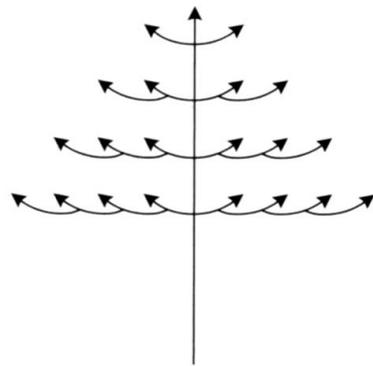
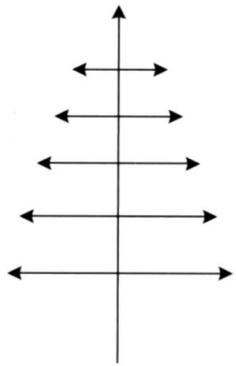


Figura 4.2 Schema del fusto di una angiosperma, in cui sono visibili nodi, internodi, foglie, ascelle fogliari e gemme ascellari.

Judd W.S. *et al.*, 2002 – Botanica sistematica. PICCIN



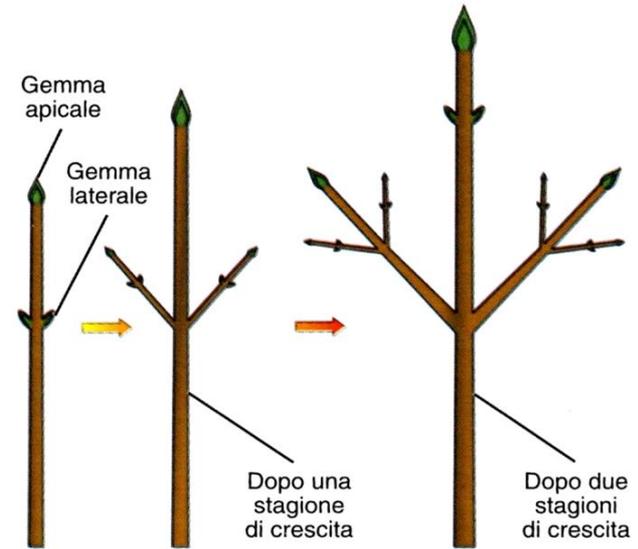


Apice del fusto trasformato in infiorescenza

Duabanga (Lytraceae)
Araucaria (Araucariaceae)
 Asse principale ortotropo e monopodiale; rami laterali plagiotropi e monopodiali

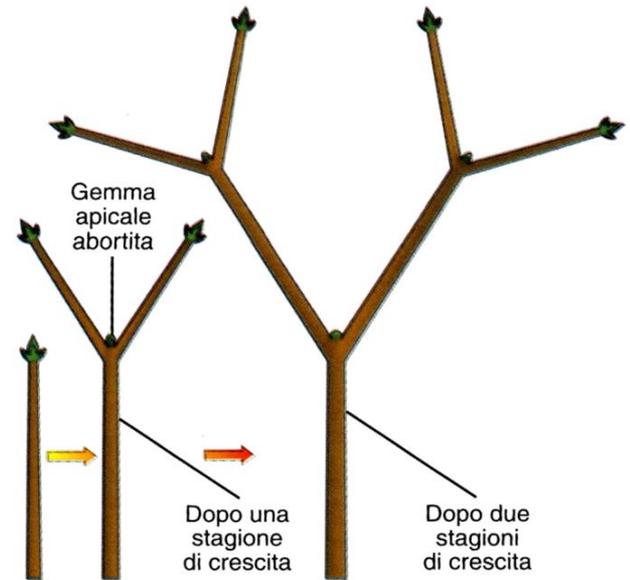
Terminalia e *Bucida* (Combretaceae)
 Asse principale ortotropo e monopodiale; sistema di ramificazioni laterali plagiotropo e simpodiale

Rhus (Anacardiaceae)
Pieris (Ericaceae)
 Tutti i fusti sono simili, ortotropi e simpodiali



Dopo una stagione di crescita

Dopo due stagioni di crescita



Dopo una stagione di crescita

Dopo due stagioni di crescita

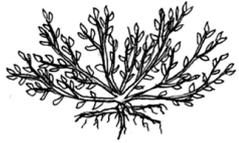
Figura 9.2
 Rappresentazione schematica della ramificazione monopodiale (in alto) e simpodiale (in basso) (disegno di A. Valletta).

Figura 4.1 Rappresentazione schematica di tre tipi di ramificazione del fusto; in tutti i casi la ramificazione è regolare.

Judd W.S. *et al.*, 2002 – Botanica sistematica. PICCIN

Tipi di ramificazione

portamento dei fusti erbacei



ascendente



ginocchiato



strisciante



reptante



stolonifero



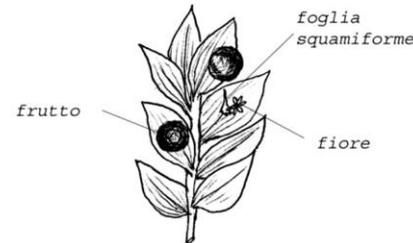
volubile



rampicante

fusti modificati

Cladodi



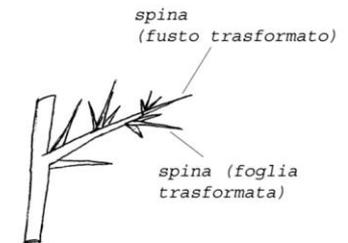
cladodi succulenti

spine (foglie trasformate)

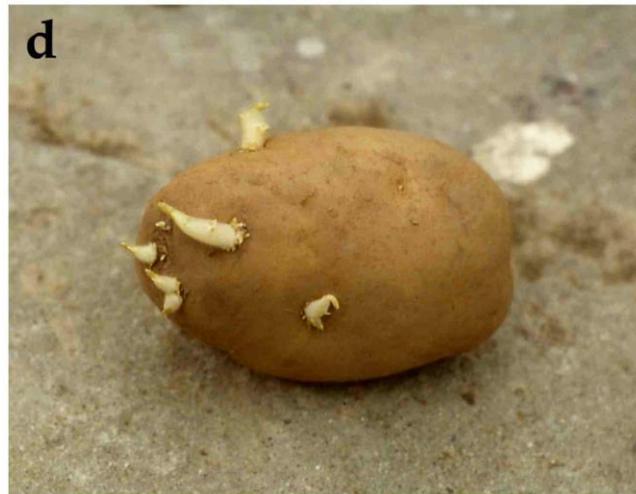
Spine



spina (fusto trasformato)



spina (foglia trasformata)



- a** – rizoma
sotterraneo
Urtica dioica
- b** – rizoma *Iris
pallida*
- c** – bulbo *Allium
cepa*
- d** – tubero
*Solanum
tuberosum*

Fusti sotterranei

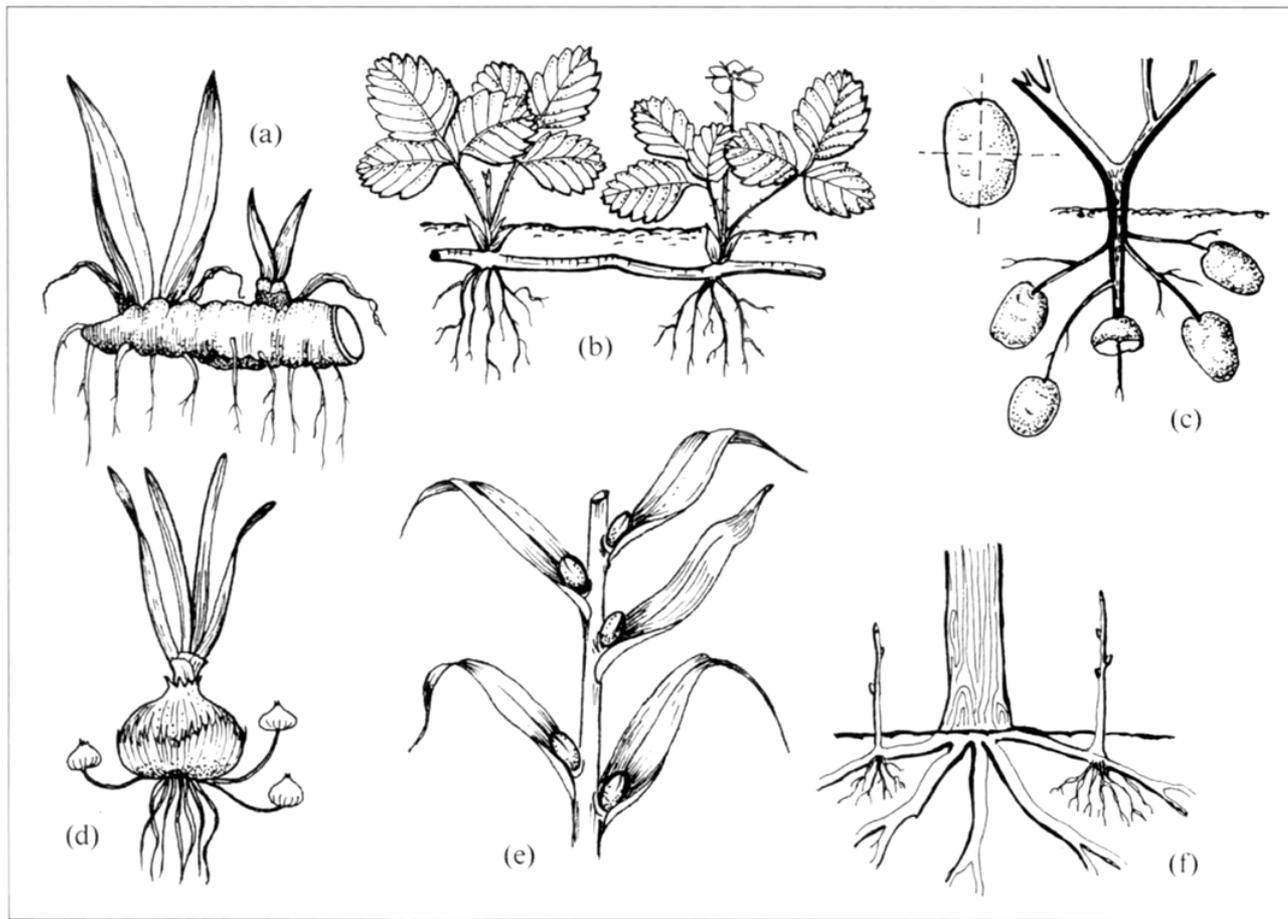


Fig. 10.1

Organi specializzati per la riproduzione asexuale nelle angiosperme. **a** Rizoma. **b** Stolone. **c** Tubero. **d** Bulbo. **e** Bulbillo epigeo. **f** Pollone.

Riproduzione vegetativa

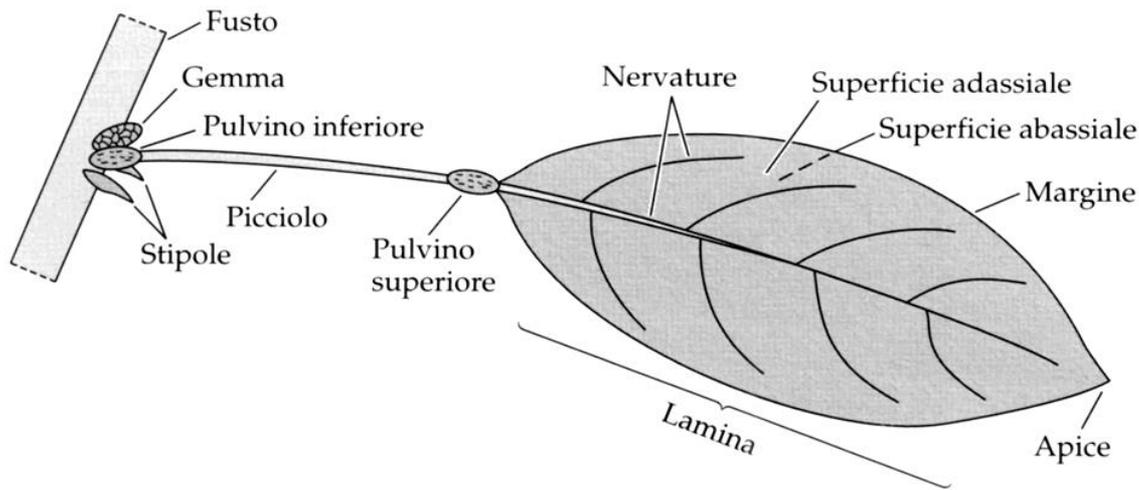
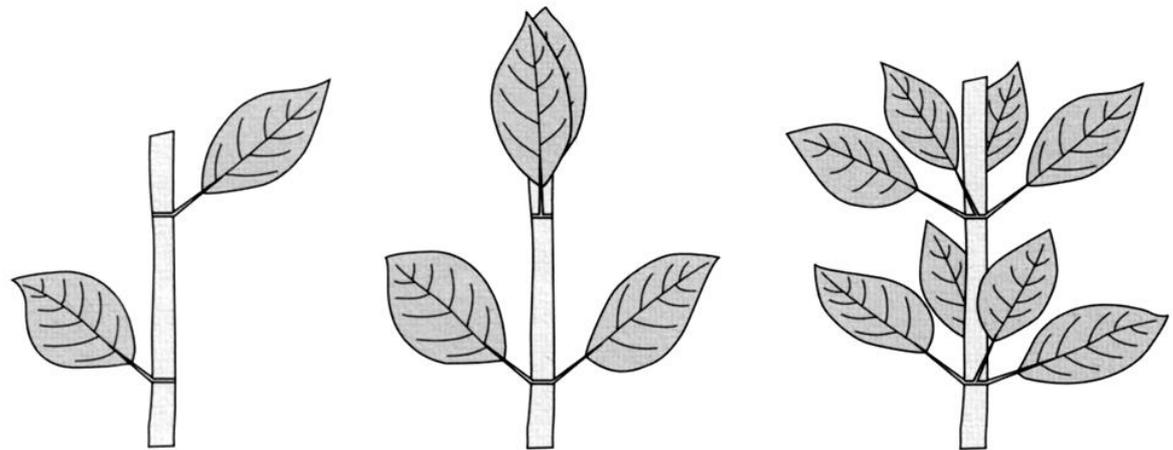


Figura 4.3 Le diverse parti di una tipica foglia di angiosperma.

Judd W.S. *et al.*, 2002 – Botanica sistemtica. PICCIN

La foglia



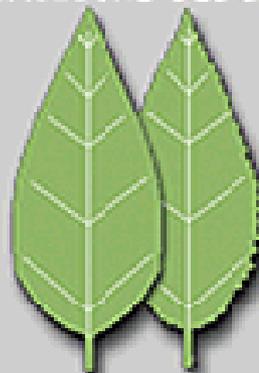
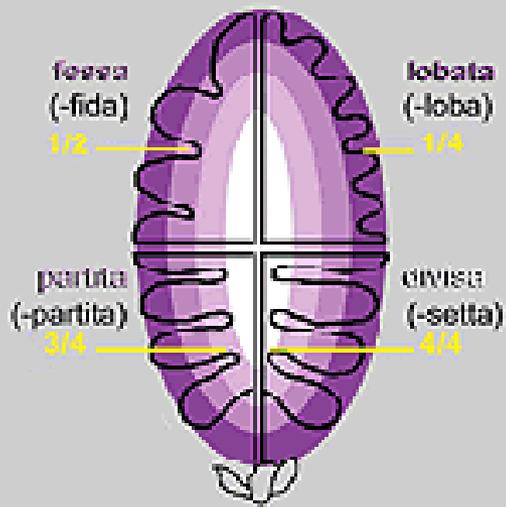
Alterne
(1 foglia/nodo)

Opposte
(2 foglie/nodo,
inserite sui lati
opposti del fusto)

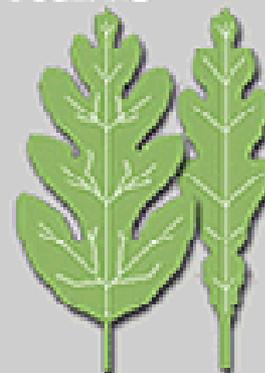
Verticillate
(3 o più
foglie/nodo)

Figura 4.4 I tre principali tipi di disposizione delle foglie (fillotassi).

INCISURE DEL LEMBO FOGLIARE



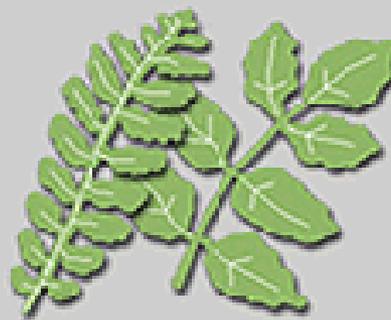
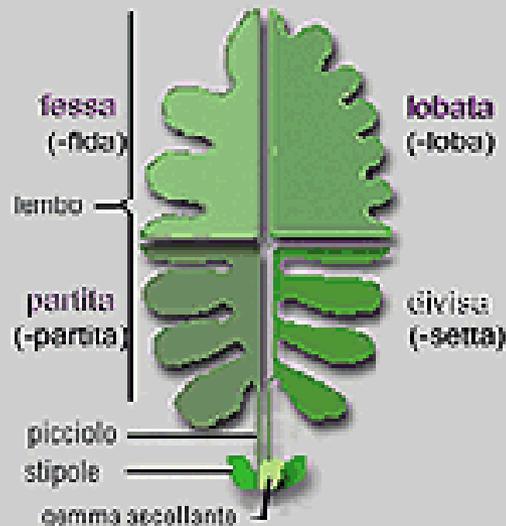
intera



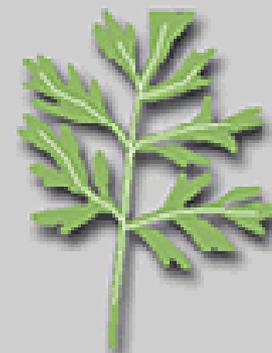
pennatofida



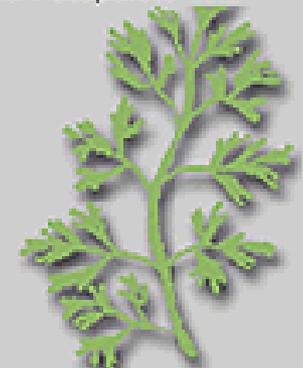
pennatopartita



pennatosetta



bipennatosetta



bipennatosetta



palmatoida



palmatoloba



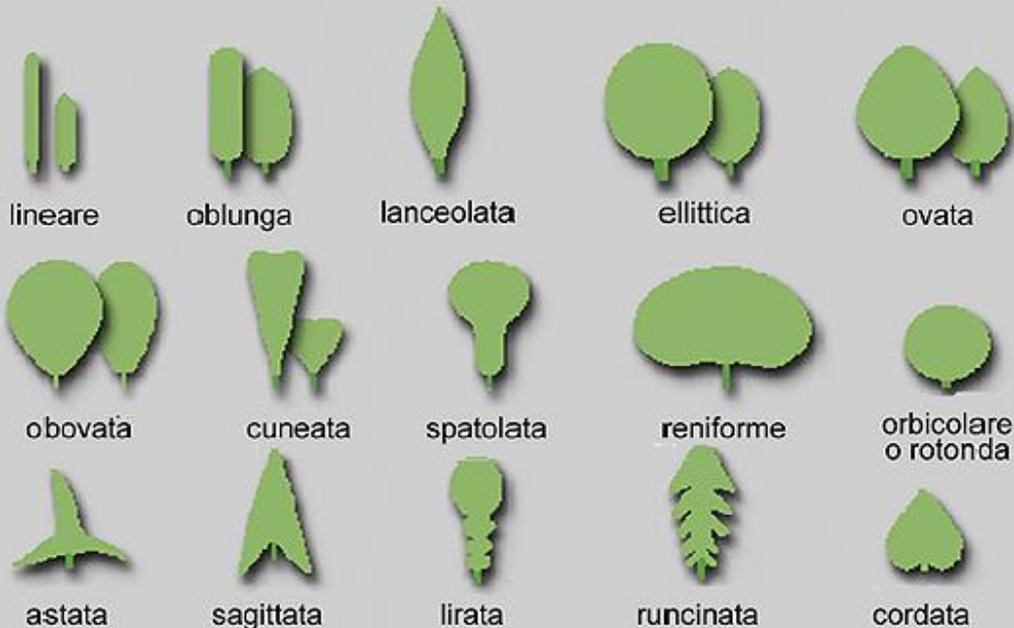
palmatopartita



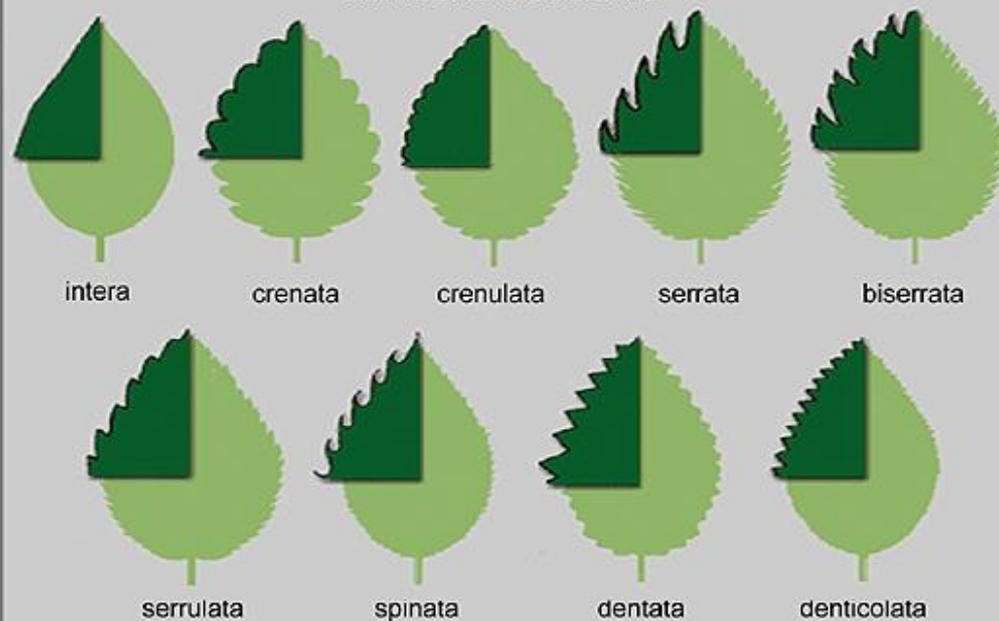
palmatosetta

Tipi di partizione della foglia

FORME DELLA FOGLIA INTERA BASATE SUL PROFILO



MARGINI FOGLIARI



FOGLIE COMPOSTE



bifogliata



trifogliata



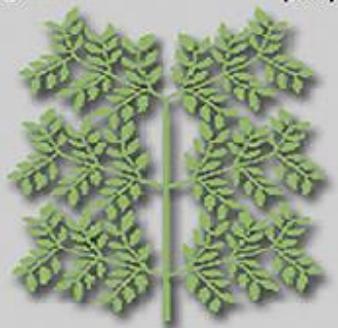
parpennata



Imparpennata



bipennata



tripennata



palmata

Marchi P., Pepe D'Amato E., Bianchi G., 2002-2006 - Famiglie di Pianta Vascolari italiane: 1-105. Univ. "La Sapienza". Roma (3 vol.)

BASE FOGLIARE



attenuata



cuneata



cordata



troncata



sagittata



astata



auriculata



obliqua



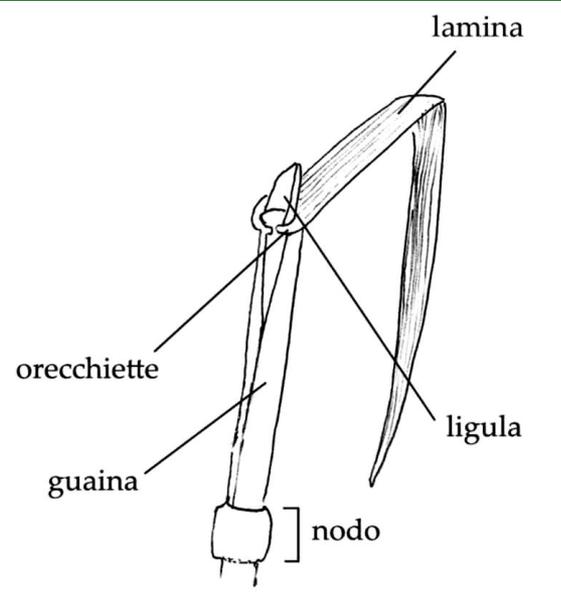
peltata



perfoliata



connata



foglia di graminacea

Infiorescenze

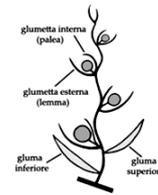
Infiorescenze indefinite o racemose



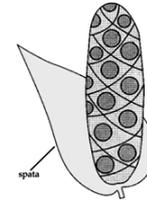
racemo



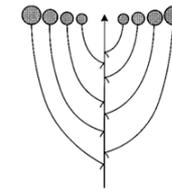
spiga



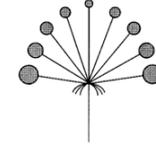
spighetta



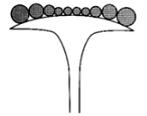
spadice



corimbo

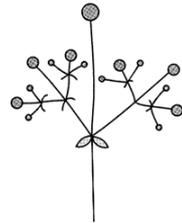


ombrella

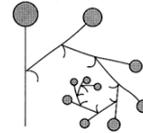


capolino (= calatide)

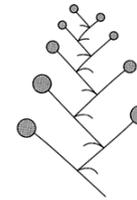
Infiorescenze definite o cimose



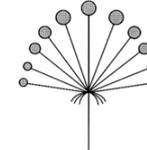
cima bipara



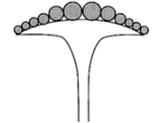
cima scorpioide



cima elicoide

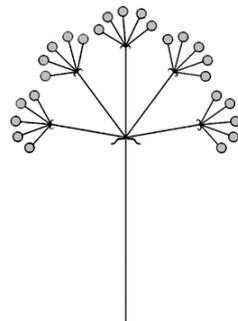


ombrella cimosa

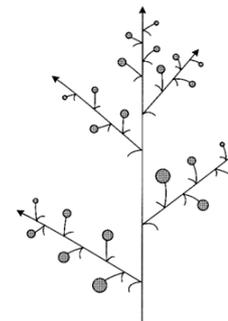


capolino cimoso

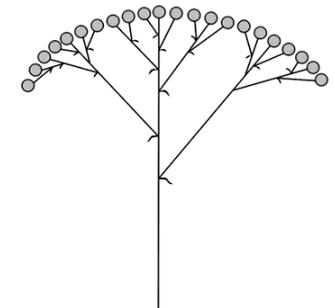
Infiorescenze composte



ombrella composta



pannocchia (racemo composto)

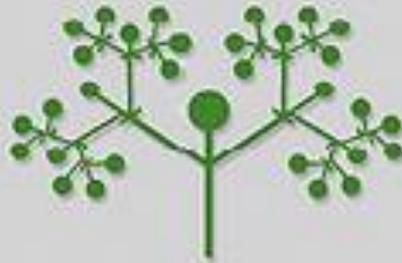


corimbo composto

INFIORESCENZE CIMOSE



dicasio



dicasio ramificato



cima elicoidale



cima scorpioide

INFIORESCENZE RACEMOSE



spiga



racemo



pannocchia



ombrella



ombrella composta



corimbo



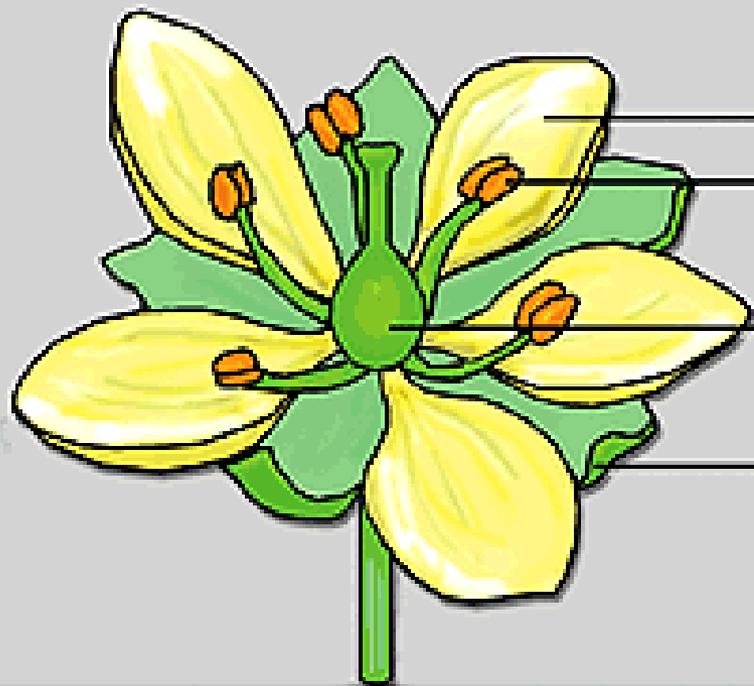
capolino



ament



spadice



FIORE

PETALO

STAME

PISTILLO

SEPALO

RICETTACOLO

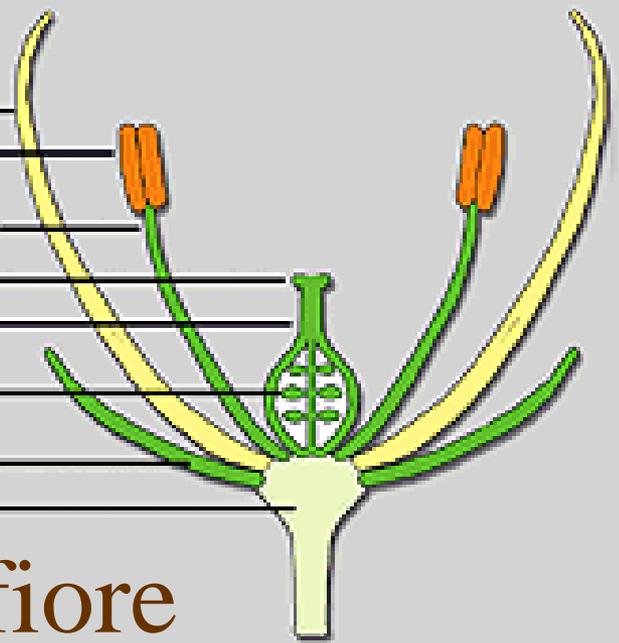
antera

filamento

stigma

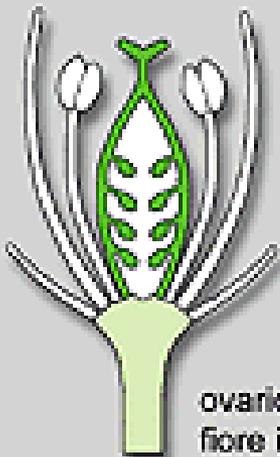
stilo

ovario

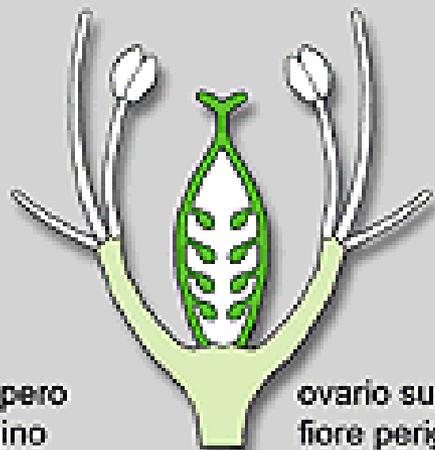


Il fiore

POSIZIONE DELL'OVARIO



ovario supero
fiore ipogino



ovario supero
fiore perigino

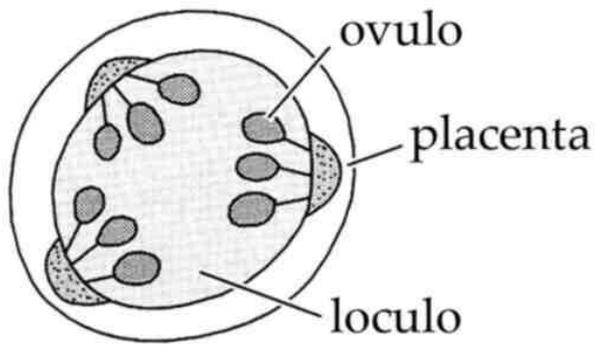


ovario semiinfero
fiore perigino

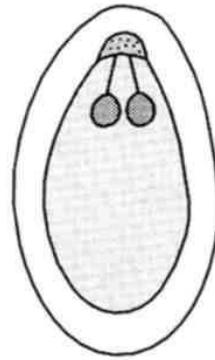


ovario infero
fiore perigino

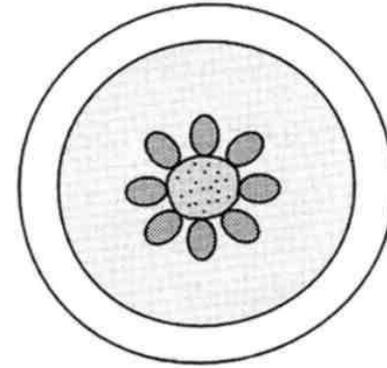
da Engler, Syllabus



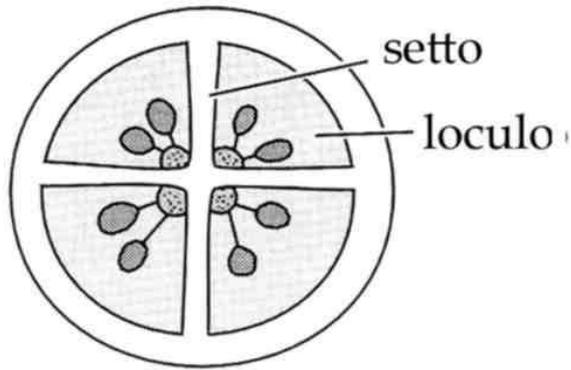
parietale



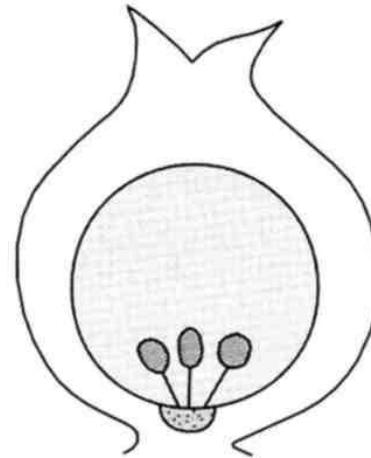
marginale



libera centrale



assile



basale

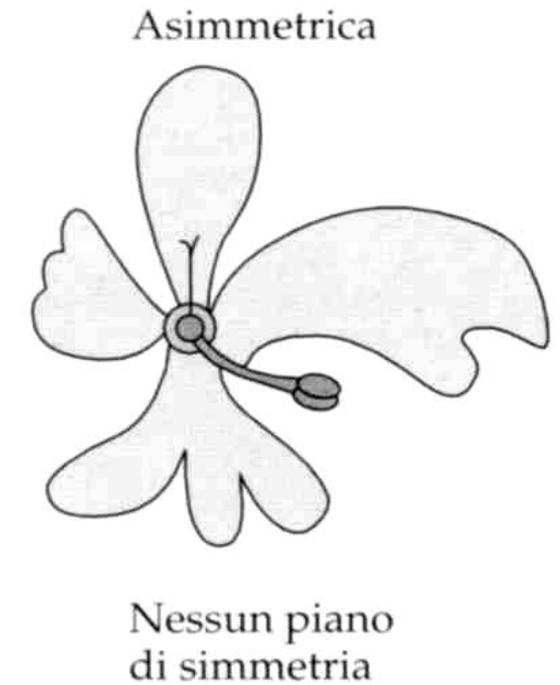
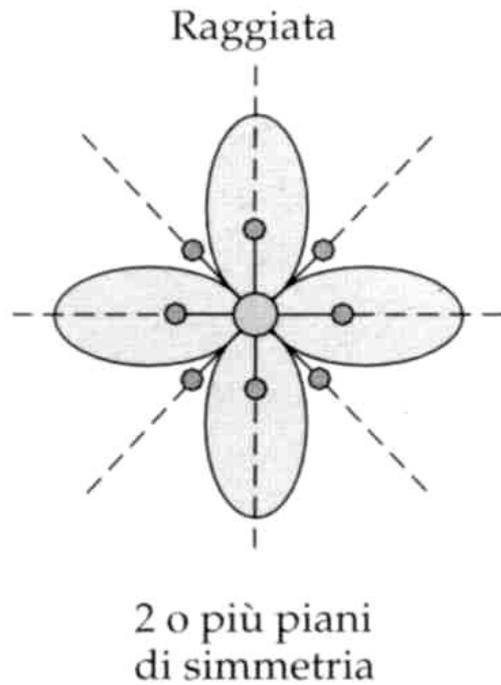


Figura 4.18 Schemi di simmetria florale.

Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A., Steven P.F., Donoghue M.J., 2002 – Botanica sistemica. PICCIN

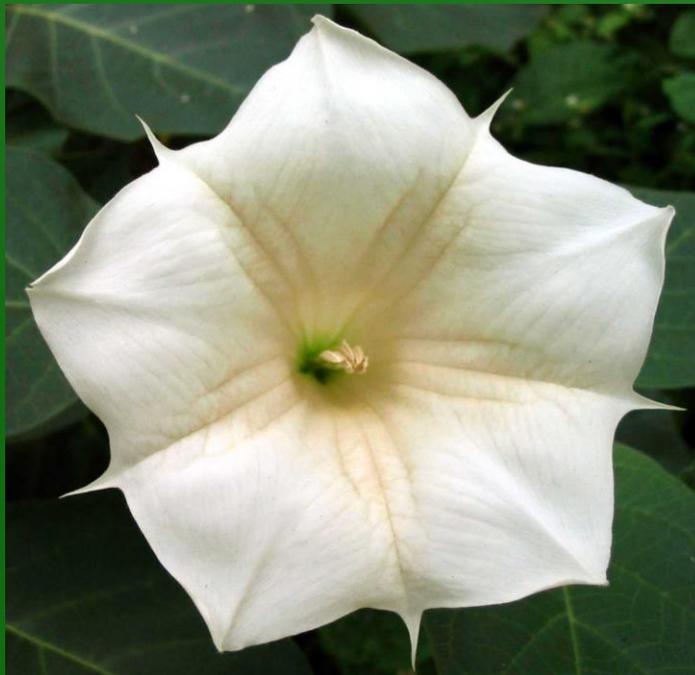
Simmetria florale



Rosaceae



Brassicaceae (Cruciferae)



Solanaceae

fiori a simmetria
raggiata,
attinomorfi



fiori a simmetria
bilaterale,
zigomorfi



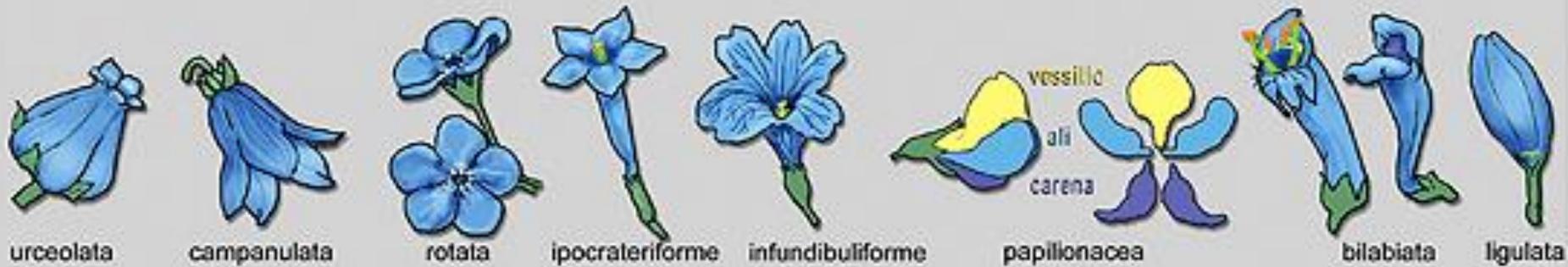
Orchidaceae



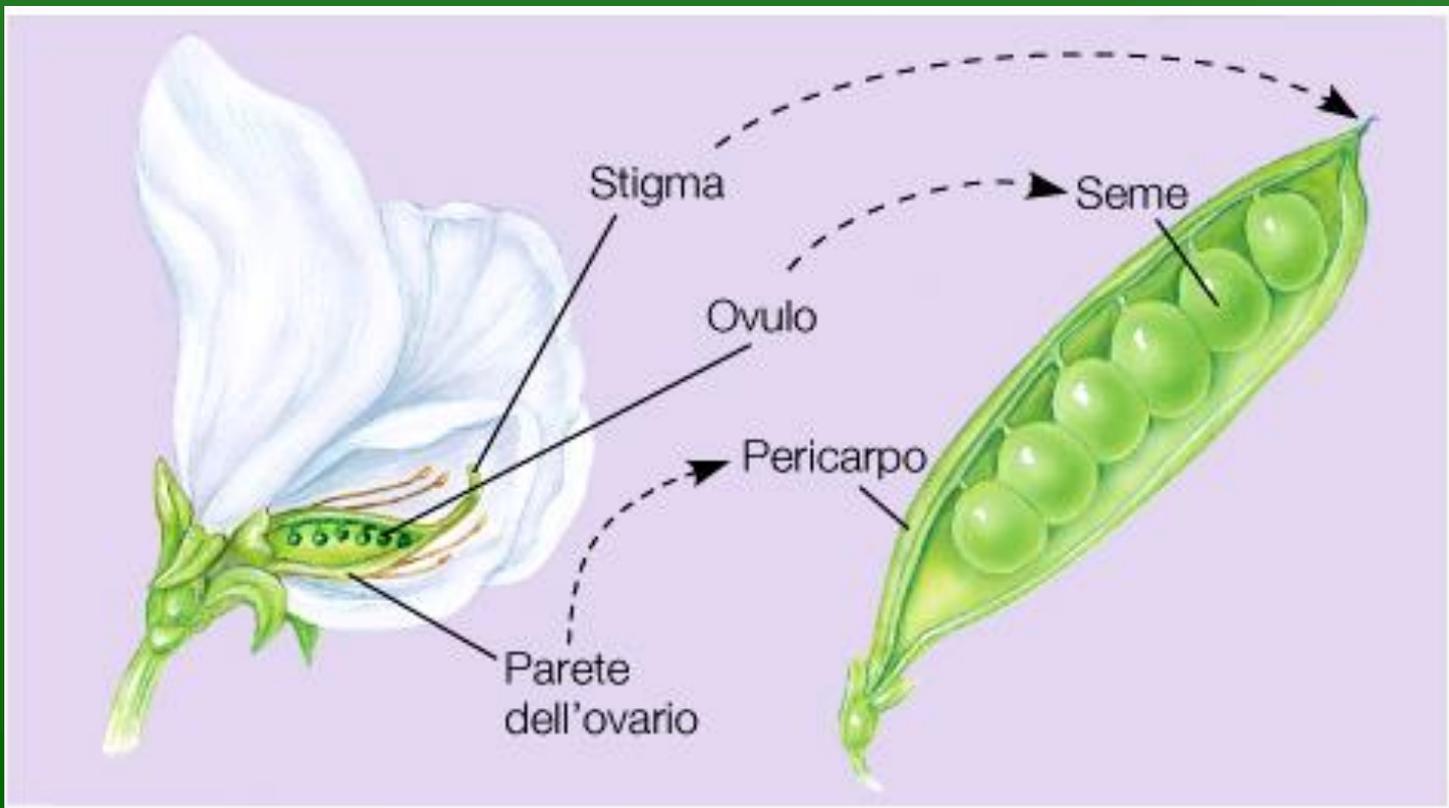
Lamiaceae (Labiatae)

Fabaceae (Leguminosae)

TIPI DI COROLLA



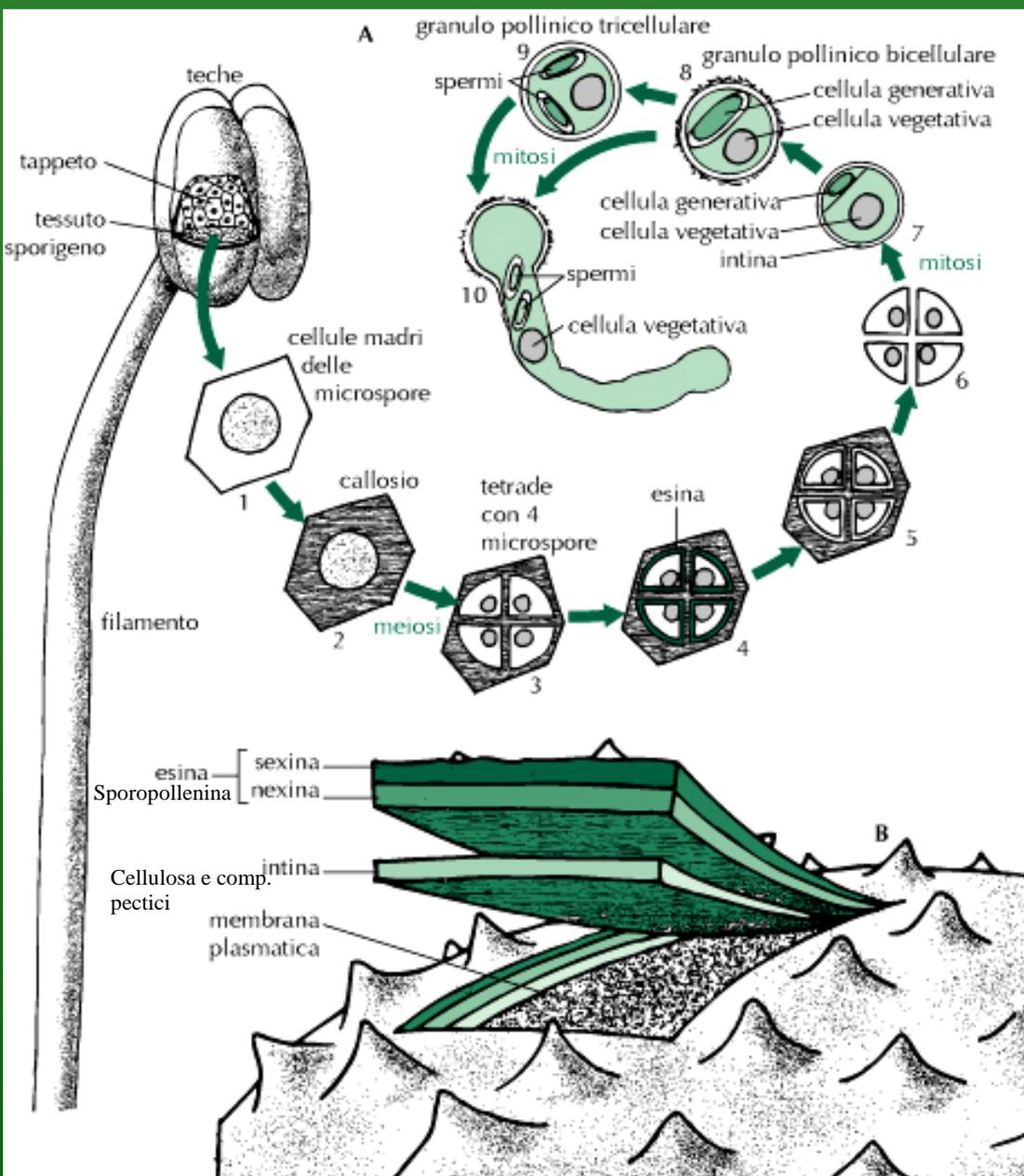
Marchi P., Pepe D'Amato E., Bianchi G., 2002-2006 - Famiglie di Piante Vascolari italiane: 1-105. Univ. "La Sapienza". Roma (3 vol.)



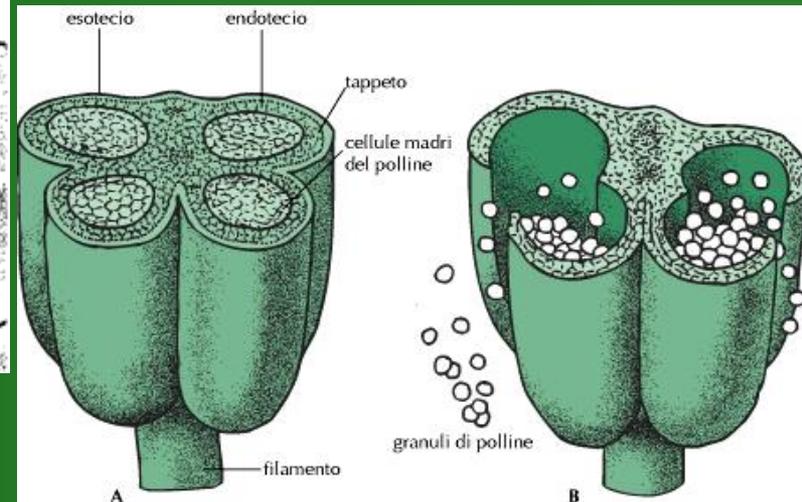
Fabaceae
(Leguminosae)

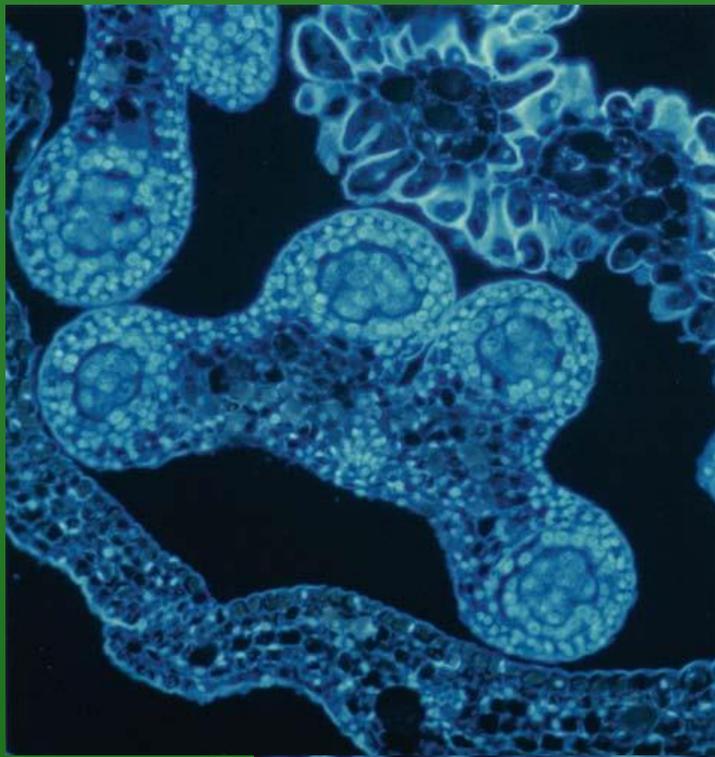
Campbell N.A., Reece J.B.,
2002 – Biologia.
ZANICHELLI

antera e sviluppo del granulo pollinico



Pupillo P. *et al.* (a cura di), 2003 – Biologia vegetale. ZANICHELLI

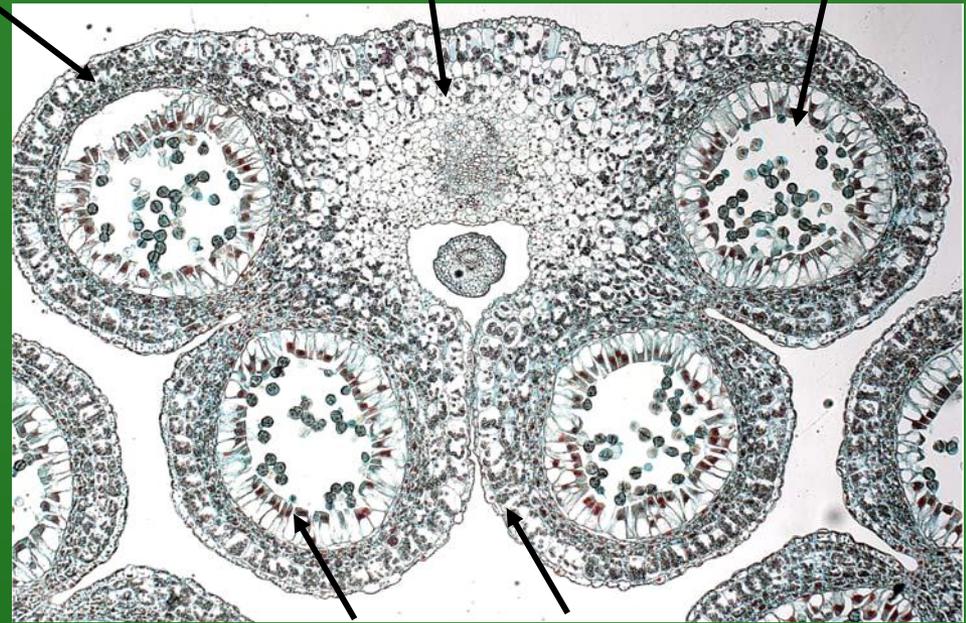




Endotecio

Connettivo

Sacca pollina



Tappeto

Epidermide o esotecio



Tetrade di microspore

L'antera

microfotografie a
fluorescenza

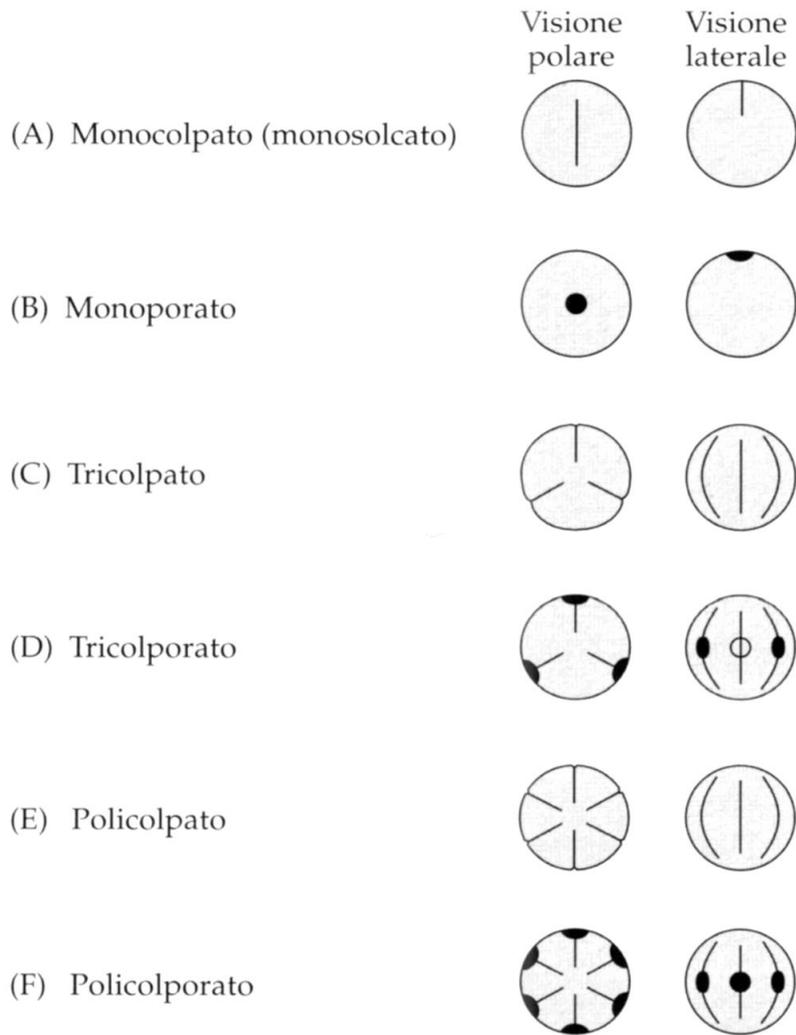


Figura 4.46 Alcuni tipi di aperture polliniche. (Secondo Gifford e Foster 1988 e Faegri e Iversen 1950).

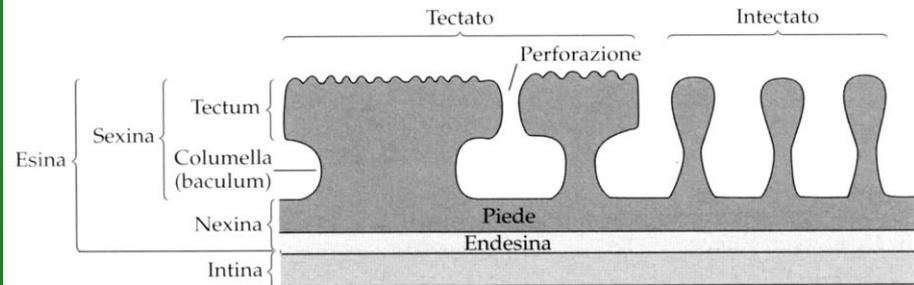
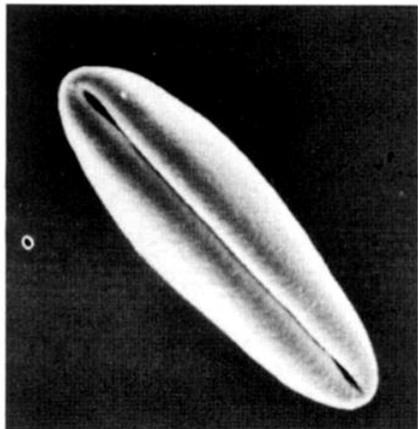


Figura 4.48 Sezione trasversale della parete del polline di una tipica angiosperma (esina, endesina e intina). (Secondo Gifford e Foster 1988).

Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A., Stevens P.F., Donoghue M.J., 2002 – Botanica sistematica. PICCIN

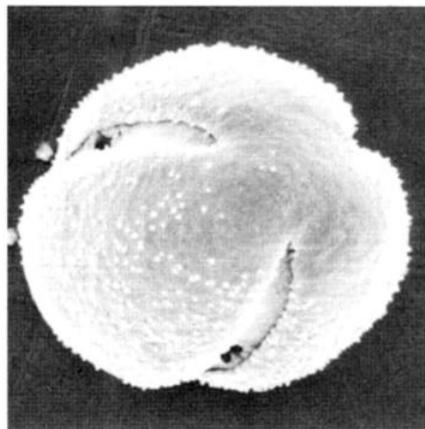
Struttura del granulo pollinico

(A)



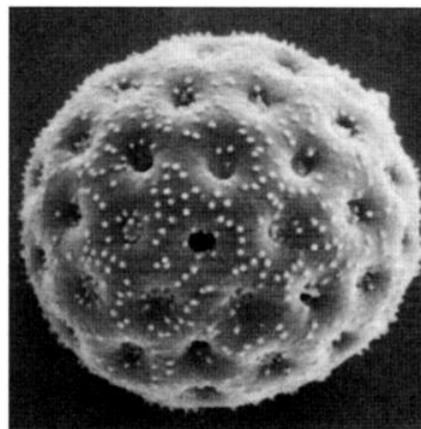
Magnolia grandiflora (Magnoliaceae)
Monosolcato (× 500)

(B)



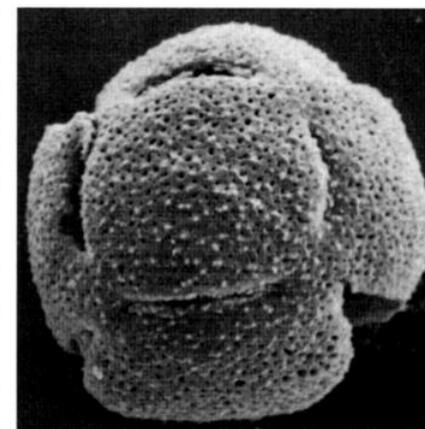
Scaevola glabra (Goodeniaceae)
Tricolporato (× 1050)

(E)



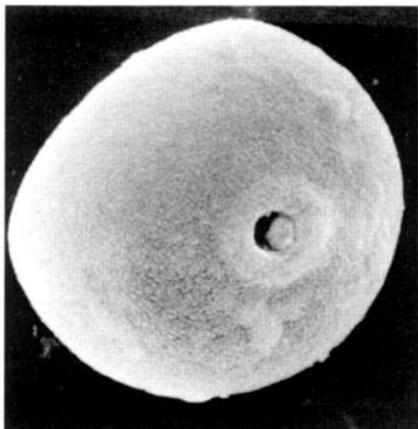
Chenopodium oahuense (Amaranthaceae)
Poliporato (× 2800)

(F)



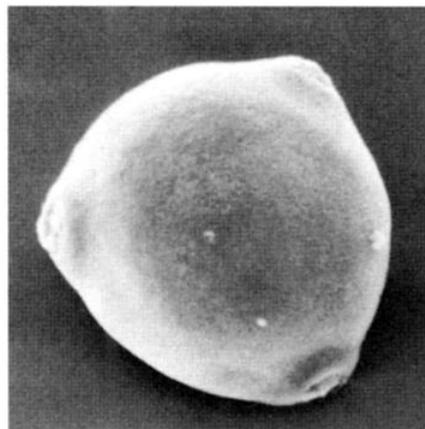
Pereskia grandifolia (Cactaceae)
12 aperture a fessura (× 1200)

(C)



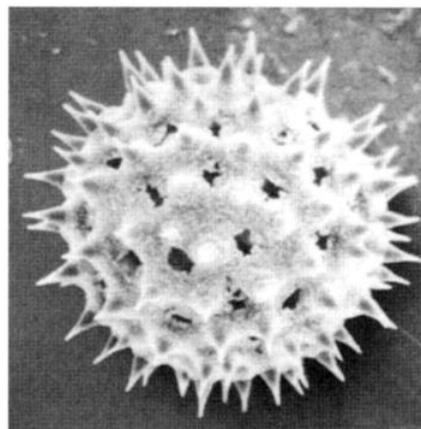
Oryza sativa (Poaceae)
Monoporato (× 1400)

(D)



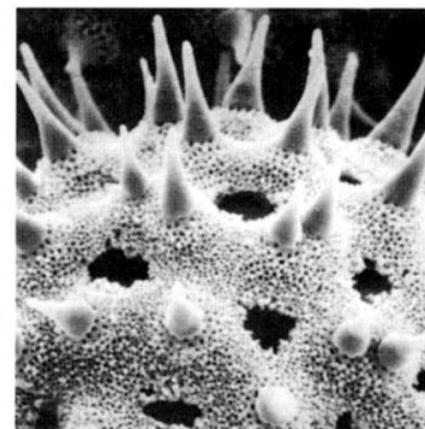
Cucumis sativus (Cucurbitaceae)
Triporato (× 700)

(G)



Ipomaea wolcottiana (Convolvulaceae)
Poliporato (× 550)

(H)

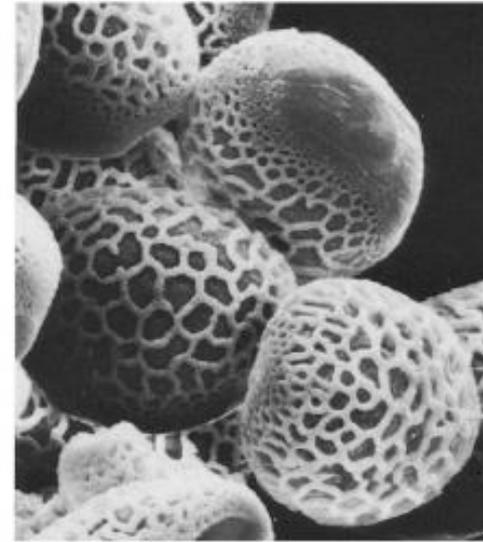


I. wolcottiana superficie: spine, pori germinativi, perforazioni nel tectum (× 1500)

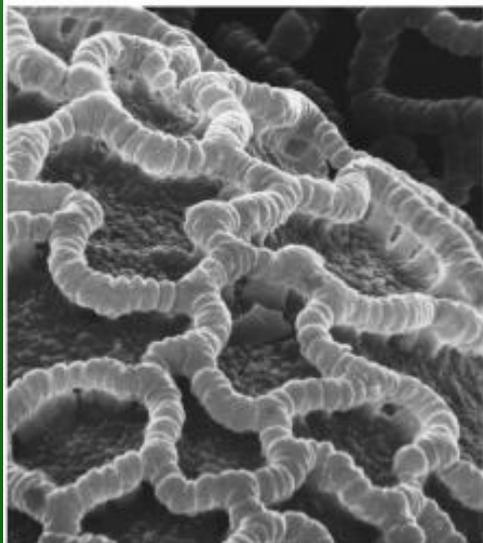
Figura 4.47 Fotografie al microscopio elettronico a scansione di granuli pollinici di tipiche angiosperme, mostrandoti i tipi di apertura e le caratteristiche della superficie. (Da Gifford e Foster 1988, fotografie originali di J. Ward e D. Sunnell).



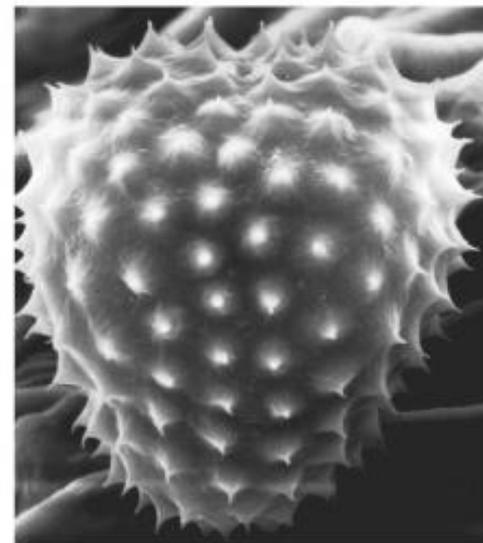
A



B

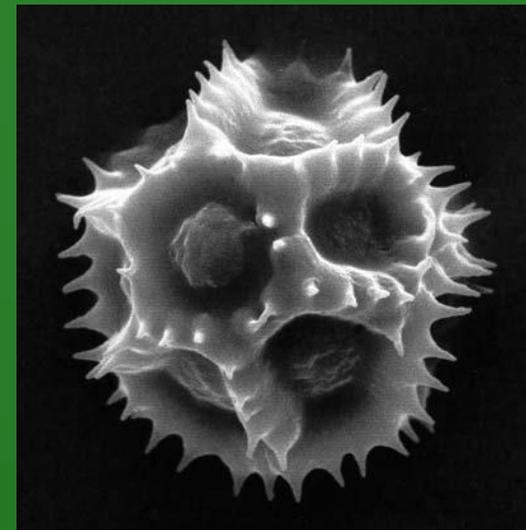


C

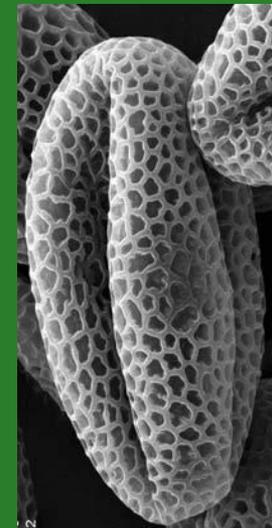


D

A) Ippocastano (*Aesculus hippocastanum*); B), C) *Linum longiflorum*; D) *Ambrosia psilostachya*

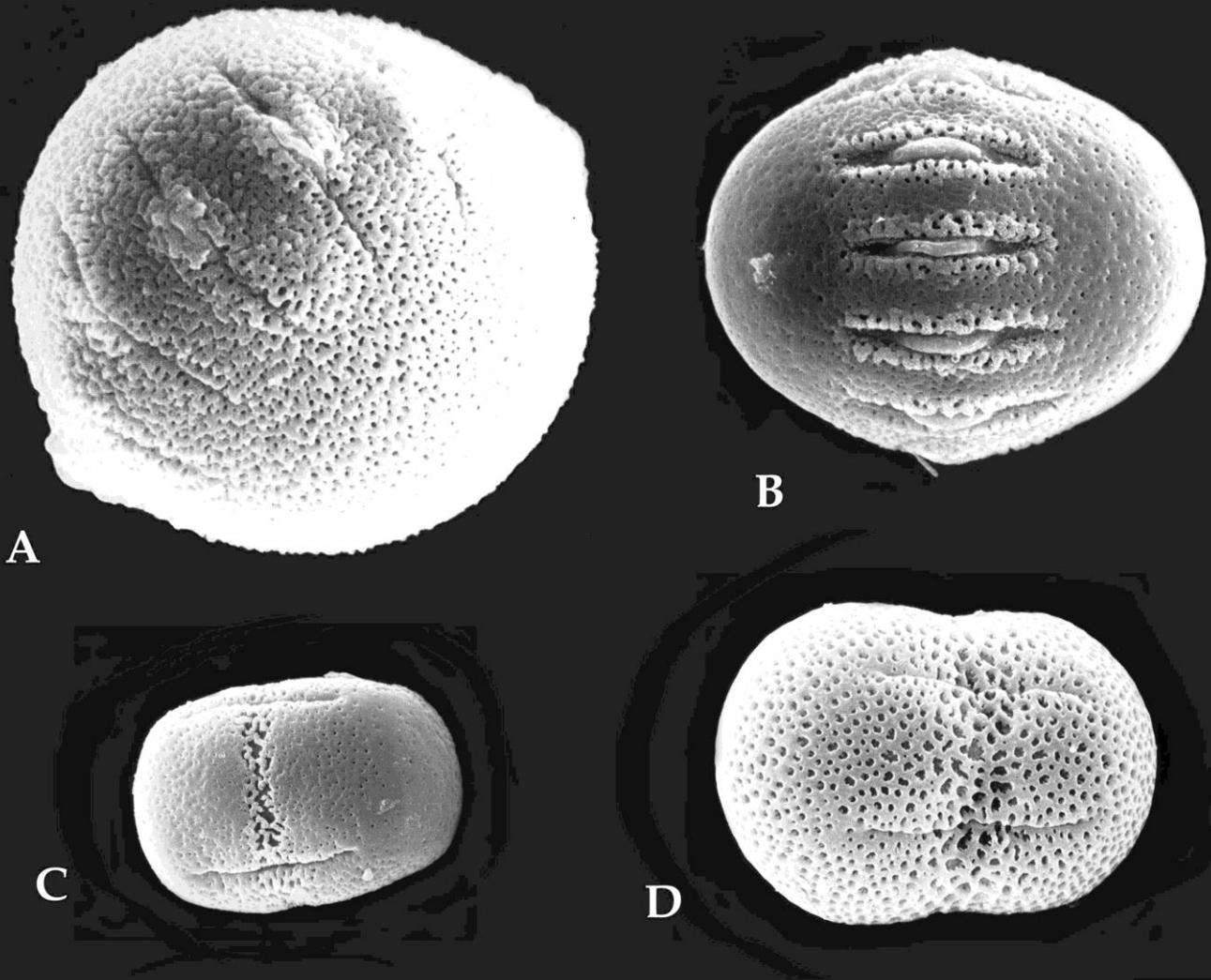


Polline di Asteraceae

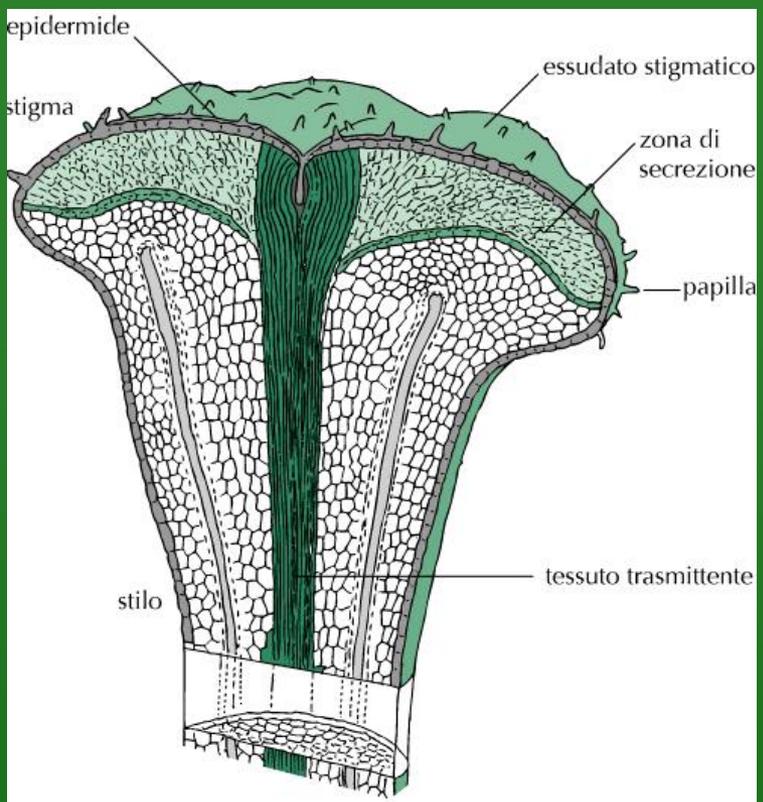


Polline di *Arabidopsis*

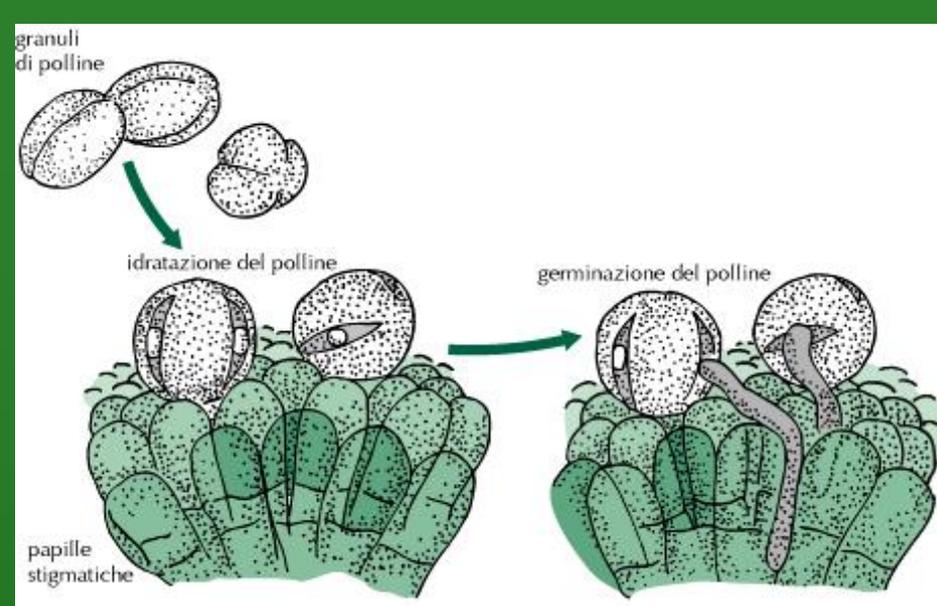
Immagini al SEM
di granuli pollinici
di quattro specie
di *Nonea*
(Boragaceae)



- a – *N. heterostemon*
- b – *N. calycina*
- c – *N. macrosperma*
- d – *N. minutiflura*

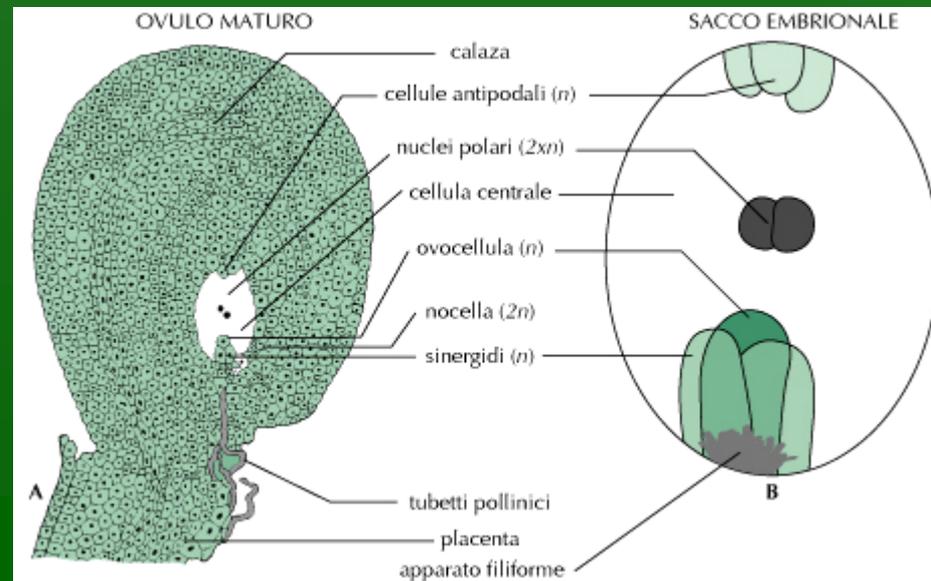


Stilo e stimma



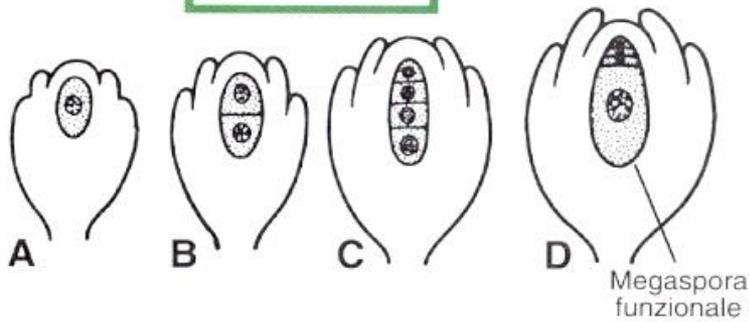
impollinazione

Pupillo P. *et al.* (a cura di), 2003 –
Biologia vegetale.
ZANICHELLI

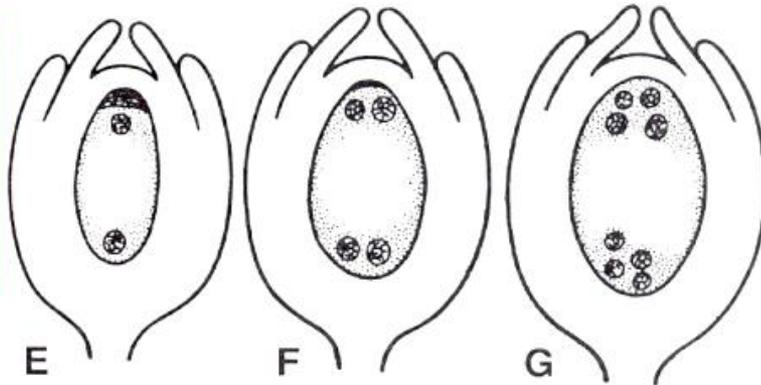


ovulo maturo

Meiosi

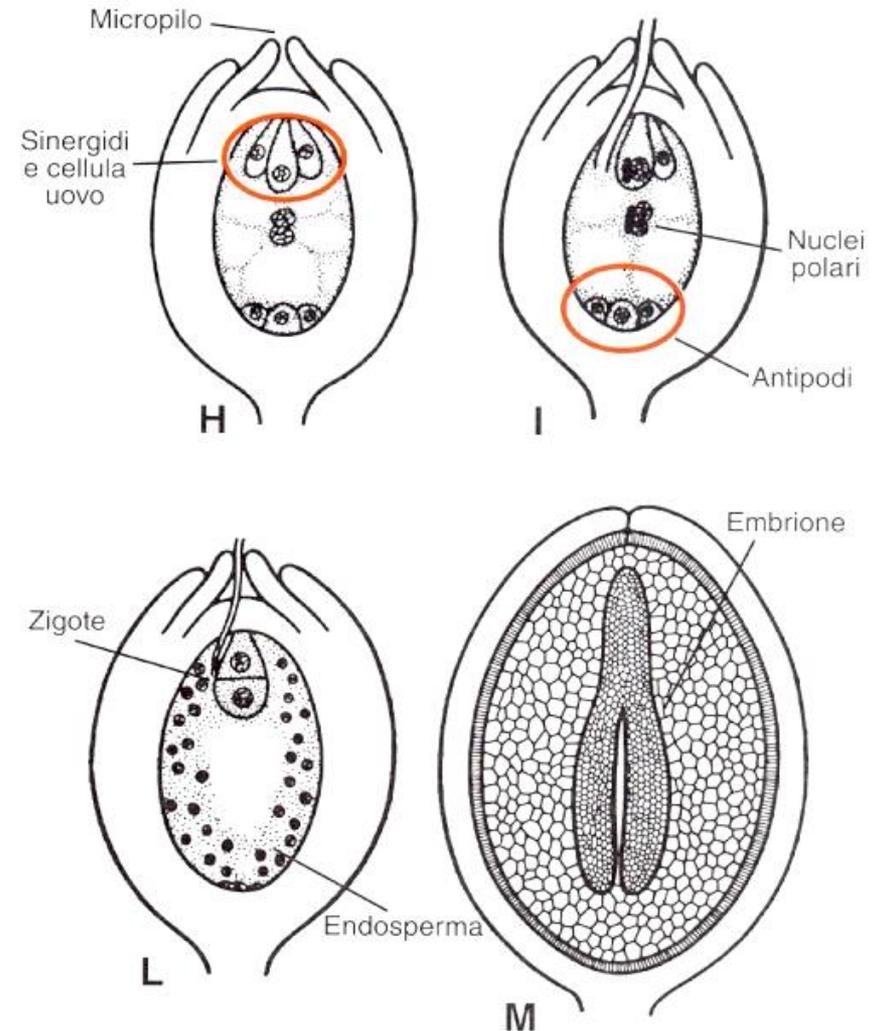


Mitosi



Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN

Sviluppo del gametofito femminile e del seme nelle angiosperme



Fiori e animali impollinatori

Campbell N.A., Reece J.B., 2002 – Biologia. ZANICHELLI



(a) Un fiore di ginestra e un'ape.

Quest'ape sta raccogliendo il polline e il nettare (una soluzione zuccherina secreta da particolari ghiandole del fiore) da un fiore di ginestra scozzese. Il fiore è provvisto di un dispositivo a scatto che provoca l'inarcamento degli stami per cospargere di polline il dorso dell'ape quando questa si posa sul fiore. Una parte di questo polline cadrà sullo stigma di un altro fiore visitato dall'ape.



(b) I tubi floreali e i colibri. Questo colibri rossastro possiede un lungo becco sottile e raccoglie con la lingua il nettare secreto in profondità nei tubi floreali. Prima che il colibri lasci il fiore, le antere liberano il polline sul suo becco e sulle piume della testa. Molti fiori che vengono impollinati dagli uccelli possiedono un colore rosso o rosa, colori ai quali gli occhi degli uccelli sono particolarmente sensibili.



(c) La fragranza dei fiori e gli animali impollinatori notturni. Alcune angiosperme, come questo bacbab, dipendono principalmente da impollinatori notturni, come ad esempio i pipistrelli. I comuni adattamenti di queste piante comprendono lo sviluppo di grandi fiori di colore chiaro ed estremamente profumati, in modo da essere facilmente individuabili dagli impollinatori notturni.

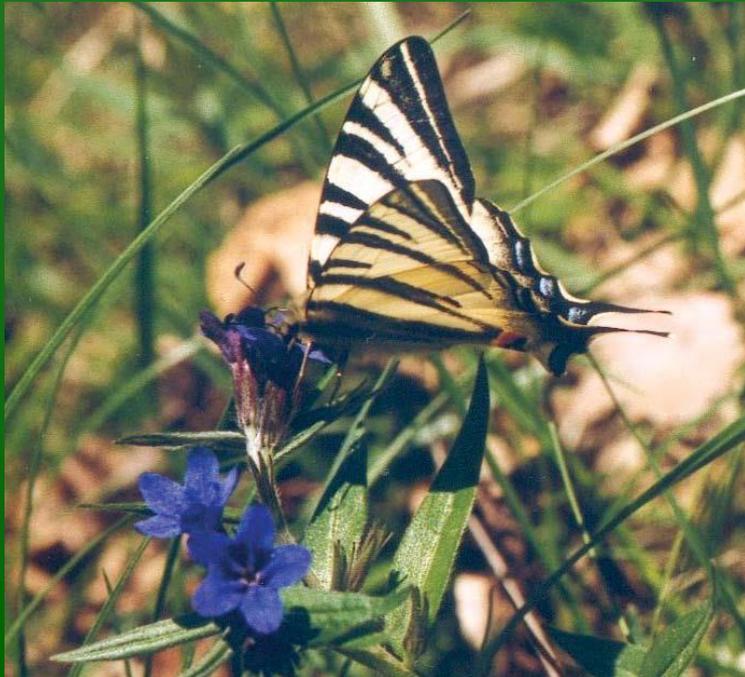


Impollinazione entomofila (coleottero)



Impollinazione entomofila (imenottero)

Impollinazione entomofila (lepidottero)



Impollinazione anemofila



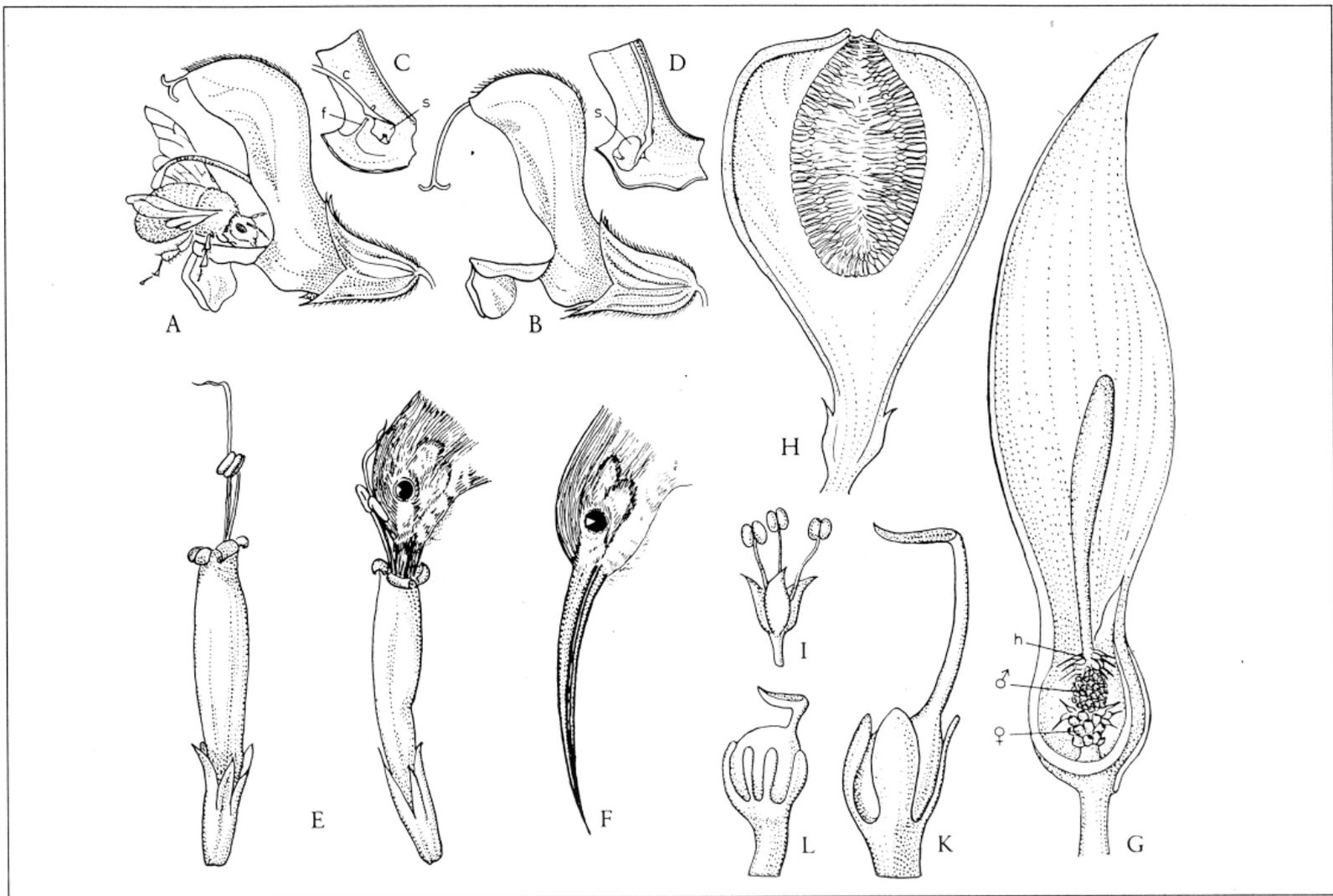


Fig. 3.2.207: Zoofilia in diverse Angiosperme. **A-D** bombo come visitatore di un fiore di *Salvia pratensis* (blu-violetto) (un poco ingr.). **E-F** un colibri (*Arachnothera longirostris*) come impollinatore di *Sanchezia nobilis* (*Acanthaceae*, fiori gialli, brattee porporine) (ca. $\frac{3}{4} \times$). **G** sez. long. dell'infiorescenza (fiore-trappola) di *Arum maculatum* con spatia verde chiaro con fiori incospicui σ° , ρ° e fiori sterili filamentosi (h), nello stadio di antesi femminile ($\frac{2}{3} \times$). **H** infiorescenza di *Ficus carica* in sez. long. (ingr.) con fiori fertili σ° (**I**) e ρ° longistili (**K**) e fiori ρ° galligeni brevistili (**L**) (ingr.). Altre spiegazioni a pagg. 747, 748, 749. (A-D da Noll; E-F da Porsch; G da Firbas; H da Karsten; I da Kerner; K-L da Solms-Laubach).

TABELLA 4.1 Meccanismi di impollinazione del fiore.

Impollinatore	Caratteristiche del fiore				
	Colore	Profumo	Periodo di fioritura	Corolla	Ricompensa
Ape	Blu, giallo, viola	Fresco, intenso	Giorno	Piattaforma di atterraggio bilaterale	Nettare e/o polline
Farfalla	Brillante; spesso rosso	Fresco, debole	Giorno	Piattaforma di atterraggio, talvolta speroni nettariiferi	Solo nettare
Farfalla notturna	Bianco o pallido	Dolce, intenso	Notte o crepuscolo	Laciniata, talvolta con speroni nettariiferi	Solo nettare
Mosca (ricompensa)	Luminoso	Debole	Giorno	Raggiata, poco profonda	Nettare e/o polline
Mosca (odore sgradevole)	Brunastro, violaceo	Sgradevole, intenso	Giorno o notte	Racchiusa o aperta	Nessuna
Coleottero	Spesso verde o bianco	Vario, intenso	Giorno o notte	Racchiusa o aperta	Nettare e/o polline
Uccello	Brillante; spesso rosso	Nessuno	Giorno	Tubulare o pendula; ovario spesso infero	Solo nettare
Pipistrello	Biancastro	Muschiato, intenso	Notte	Infiorescenza o fiore appariscente	Nettare e/o polline

Embrione e seme

A-C Eudicotiledoni

A) *Lycopersicum* (pomodoro) con riserve nell'endosperma

B) *Lactuca* (lattuga) endosperma ridotto e cotiledoni con riserve

C) *Phaseolus* (Fagiolo) riserve solo nei cotiledoni

D-E Monocotiledoni

D) *Allium* (cipolla) con riserve nell'endosperma

E) *Triticum* (grano) cariosside, seme concresciuto con il pericarpo

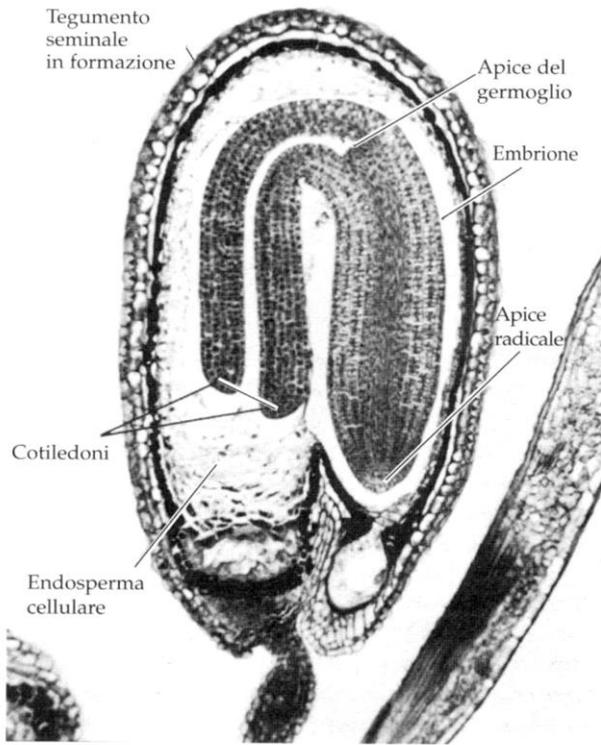
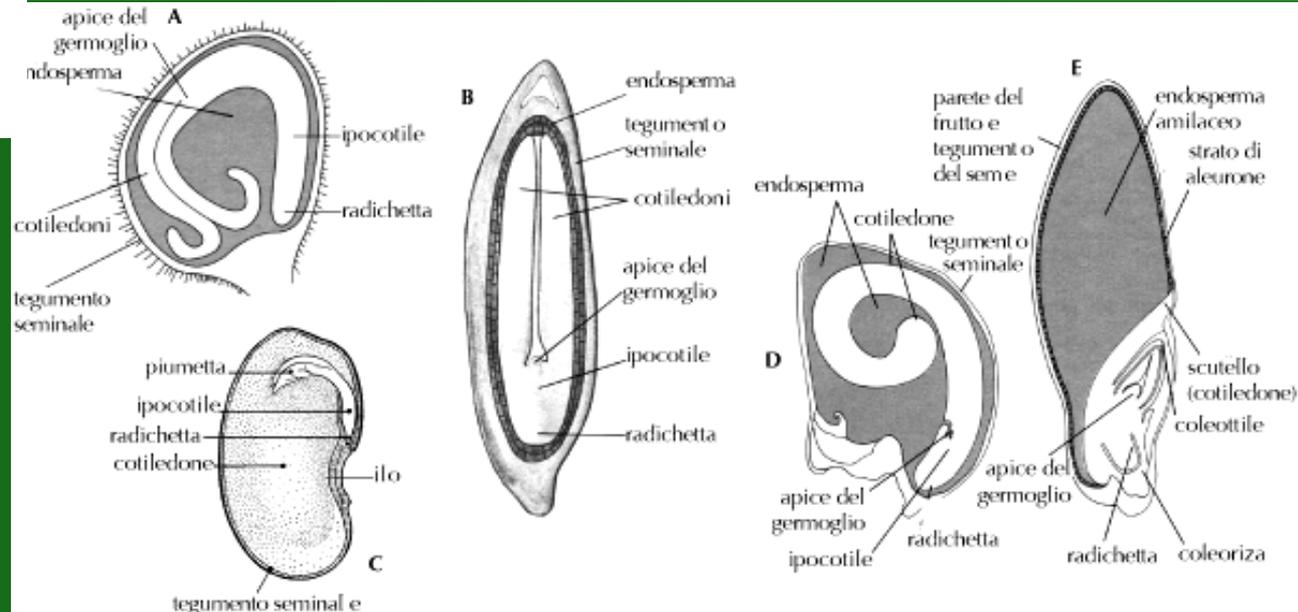


Figura 4.41 Sezione longitudinale del seme di *Capsella* (Brassicaceae), mostrandone embrione e endosperma. (Da Gifford e Foster 1988. Copyright W. H. Freeman; usata con il permesso dell'editore).

Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A., Steven P.F., Donoghue M.J., 2002 – Botanica sistematica. PICCIN



Pupillo P. *et al.* (a cura di), 2003 – Biologia vegetale. ZANICHELLI

Pasqua G., Abbate G., Forni C. (a cura di), 2008 – Botanica generale e Diversità Vegetale. PICCIN



Semi di angiosperme

FRUTTI

FRUTTI SECCHI

indeiscenti



cariosside



achenio



noce



samara

deiscenti



legume



follicolo



capsula setticida



siliqua



capsula



capsula poricida



siliquetta



capsula loculicida



pisside

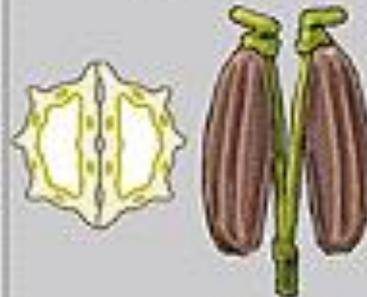
dirompenti



lomento

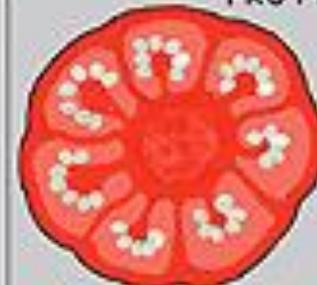


disamara

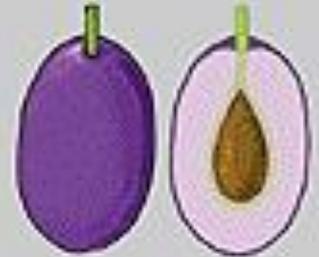


schizocarpo

FRUTTI CARNOSI



bacca



drupa

FRUTTI AGGREGATI INFRUTTESCENZE



rovo



gelso (sorosis)

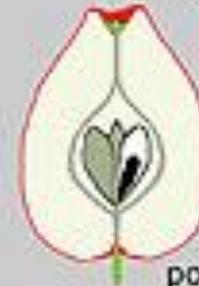


fragola

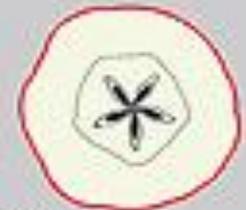


siconio

FALSO FRUTTO



pomo





Clematis achenio

Acer schizocarpo (disamara)



Magnolia follicolo

Quercus noce





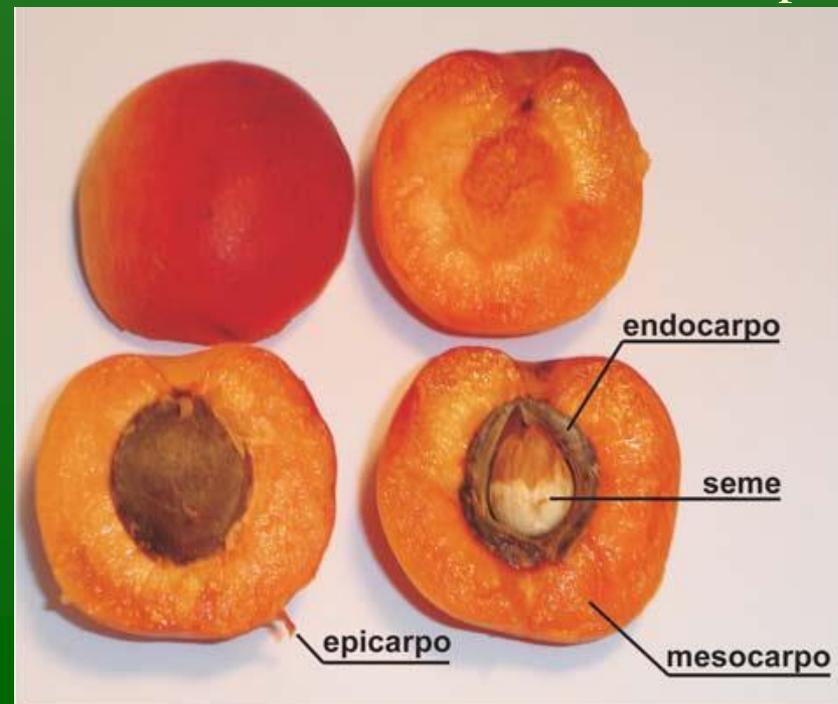
Phaseolus legume

Prunus drupa

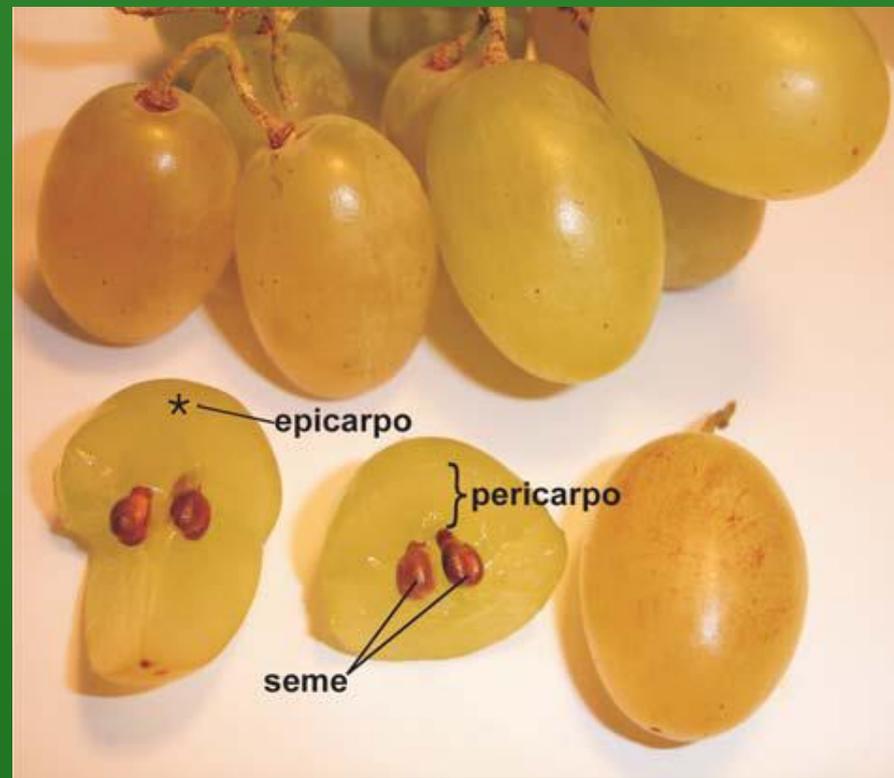


Datura capsula setticida

Papaver capsula poricida



Rubus frutto aggregato di drupeole



Vitis bacca

Adattamenti dei frutti per la dispersione dei semi



(a) Dispersione anemofila dei frutti di bocca di leone.

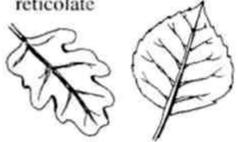
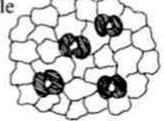
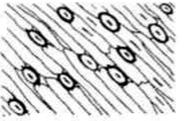
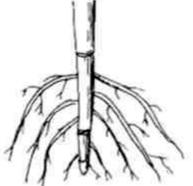


(b) Le lappole (frutti) vengono trasportati sulla pelliccia degli animali.



(c) Un topo che si nutre di una bacca contenente semi contribuisce alla dispersione dei semi, quando questi vengono espulsi insieme alle feci.

Principali differenze fra le Monocotiledoni e la classe tradizionale delle Dicotiledoni

	Dicotiledoni	Monocotiledoni
n. specie classificate	170.000	65.000
n. di cotiledoni	due 	uno 
n. dei pezzi fiorali (petali, sepalii, ecc.)	4 - 5 o loro multipli 	3 o suoi multipli 
nervature fogliari	reticolate 	parallele 
disposizione stomi	casuale 	paralleli 
apparato radicale	(allorizico) radici a fittone  radici fascicolate 	(omorizico) radici avventizie 
steli	sifonostele  eusteie  x = xilema f = floema m = midollo	atactostele 
portamento	arboreo e erbaceo 	erbaceo, raramente arboreo, falso arboreo 

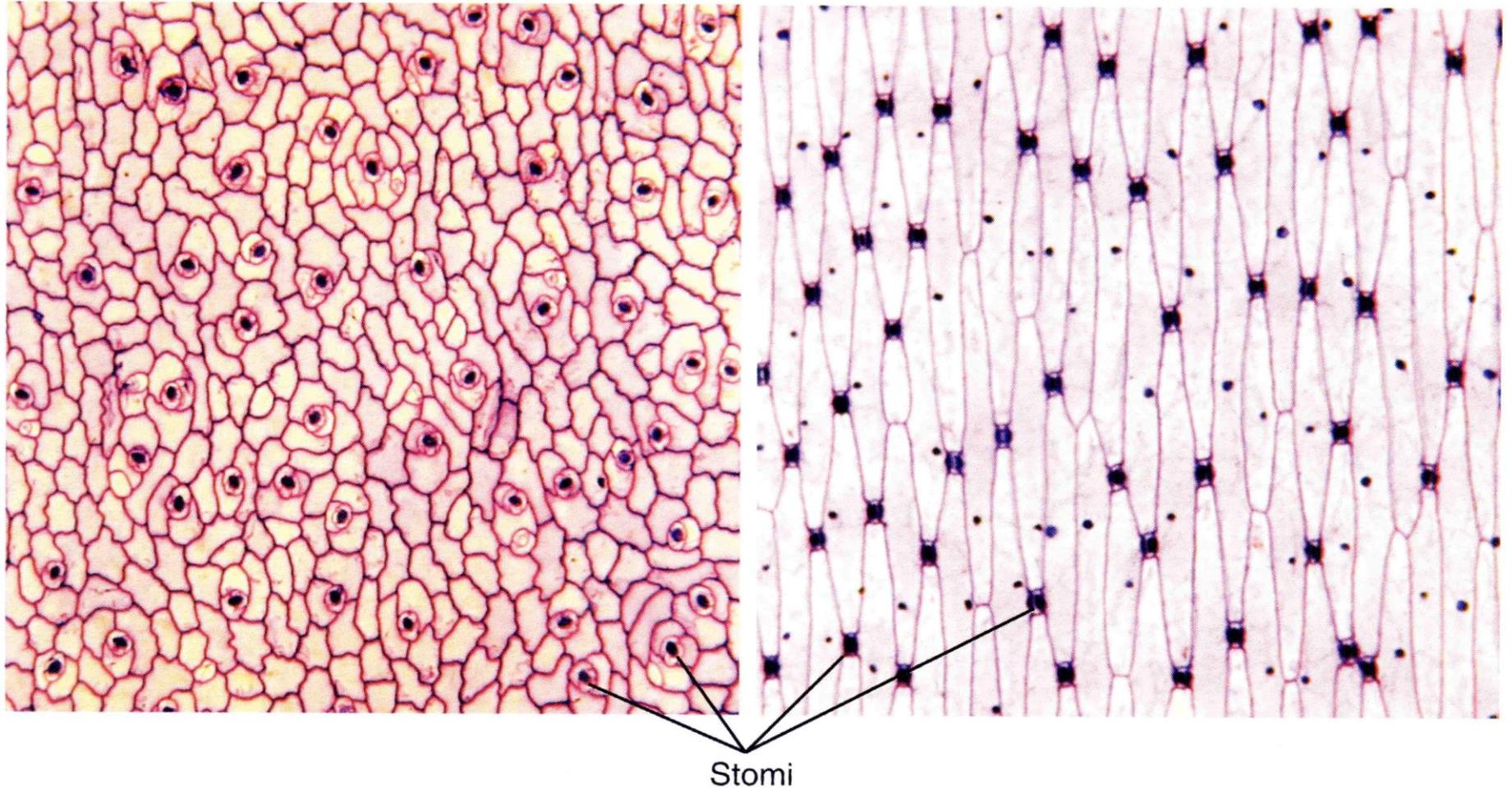


Figura 10.16

Epidermide della foglia di una dicotiledone (a sinistra) e di una monocotiledone (a destra) (osservazione di A. Valletta e G. Pasqua).