

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



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

LE GIMNOSPERME

**dal greco gymnos che
significa nudo: seme nudo**

LE SPERMATOFITE

Le spermatofite sono piante vascolari dotate di ovulo, struttura nuova in termini evolutivi, dal quale si sviluppa il seme. Rappresentano il gruppo più cospicuo di piante vascolari attualmente viventi

Tutte le piante a seme presentano un ciclo aplodiplonte digenetico eteromorfo, in cui lo sporofito diploide domina nel tempo e nello spazio sul gametofito aploide

Le spermatofite

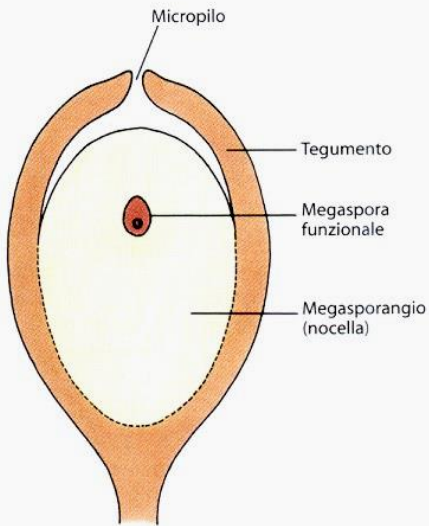


Figura 20.2 Sezione longitudinale di un ovulo costituito da un megasporangio (nocella) avvolto da un tegumento con un'apertura, il micropilo, all'estremità apicale. Una singola megaspóra funzionale all'interno del megasporangio darà origine a un megagametofito, che è racchiuso all'interno del megasporangio. In seguito alla fecondazione, l'ovulo matura in seme che diventa l'unità di diffusione.

Eterosporia

megasporangi avvolti da tegumenti

ovulo e seme

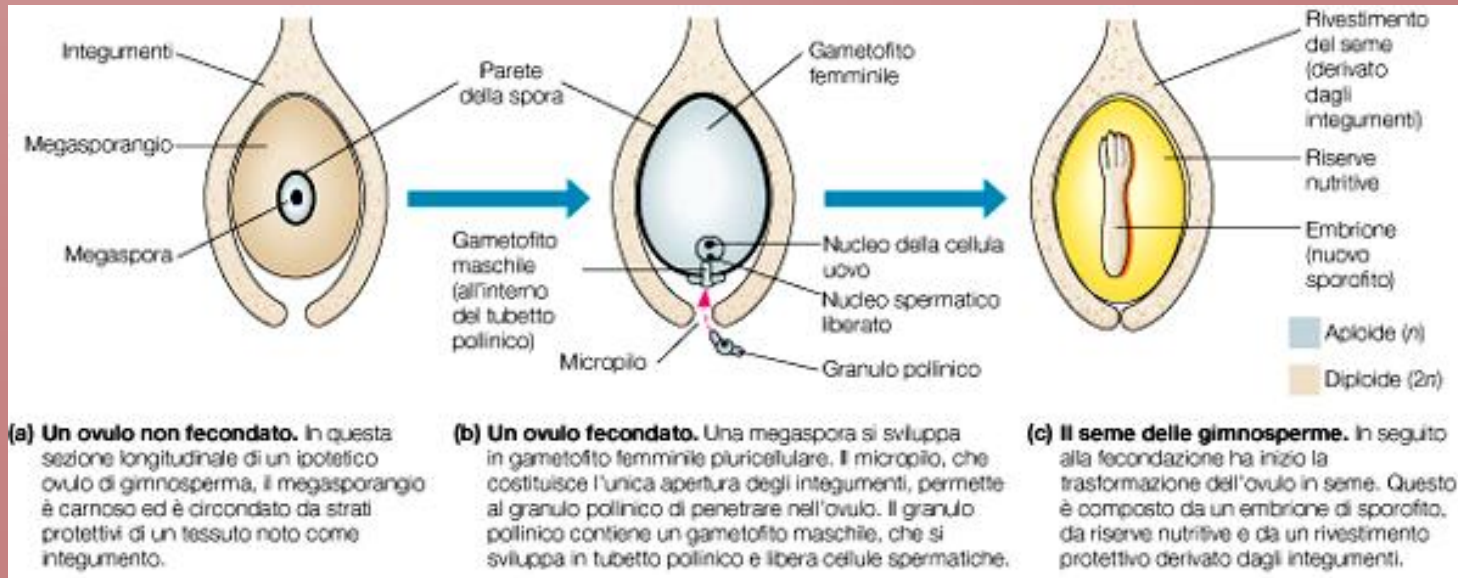
microsporangio con sacca pollinica

legno (Xilema secondario) prodotto da

meristema secondario (Cambio)

ciclo aplodiplonte digenetico eteromorfo con sporofito dominante nel tempo e nello spazio

Raven P.H., Ray F.E., Eichhorn S.E., 2002 – Biologia delle piante. (6° ed.) ZANICHELLI



Contrariamente a quanto accade nelle piante vascolari senza seme, già note come pteridofite, nelle spermatofite la macrospora non viene mai liberata all'esterno, ma germina rimanendo all'interno dell'ovulo e dà origine ad un piccolo macrogametofito (gametofito femminile) che si sviluppa completamente entro la parete della macrospora (macrogametofito endosporico), racchiusa a sua volta dal macrosporangio. Il gamete femminile (cellula uovo o oosfera) risulta pertanto fortemente protetto dai tessuti del gametofito femminile, dalla parete della macrospora, dalla nucella e dai tegumenti dell'ovulo. Il microsporangio delle spermatofite, denominato sacca pollinica, è formato da un tessuto di protezione bistratificato costituito da cellule sterili, da un tessuto nutritivo (tapetum) e da un archesporio fertile costituito da cellule madri del polline. Tali cellule per meiosi originano le microspore che iniziano a germinare entro la sacca pollinica, costituendo un microgametofito ridotto endosporico: il granulo pollinico

Ovuli e semi del Paleozoico

Archaeosperma arnoldii Pettitt et Beck (360 MA, Devoniano) a) ricostruzione del ramo fertile. b) ricostruzione dell'ovulo. c) ovulo fossile

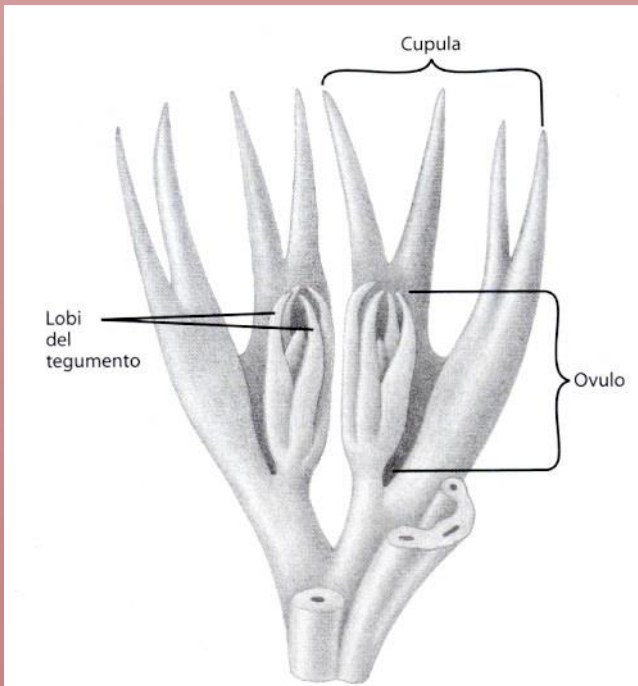
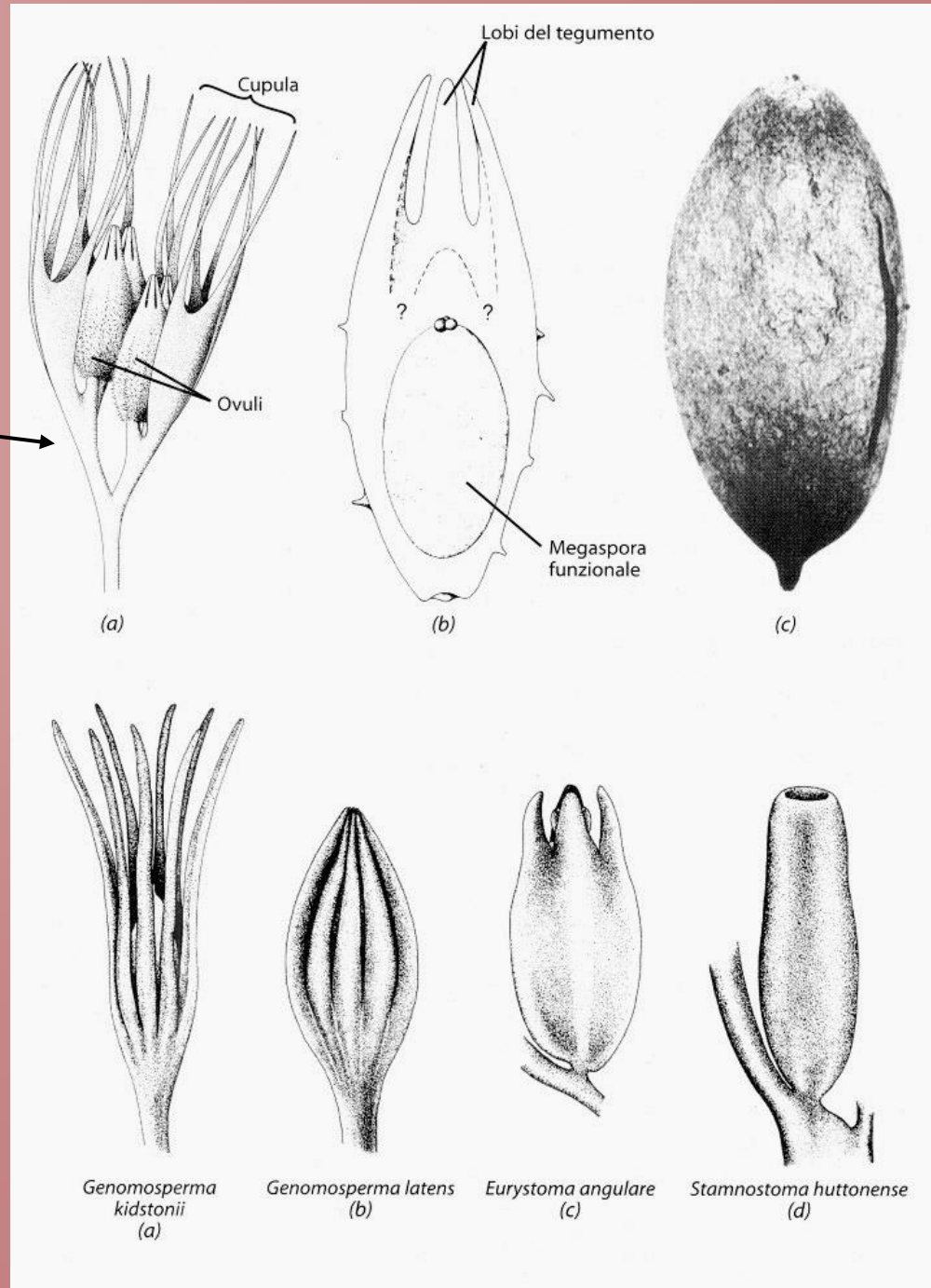


Figura 20.3 Ricostruzione di un ramo fertile di *Elkinsia polymorpha*, una pianta del Devoniano superiore, con gli ovuli. Ciascun ovulo era sovrastato dalla cupula, una struttura sterile ramificata dicotomicamente. Sono visibili i lobi del tegumento più o meno liberi.

ovulo

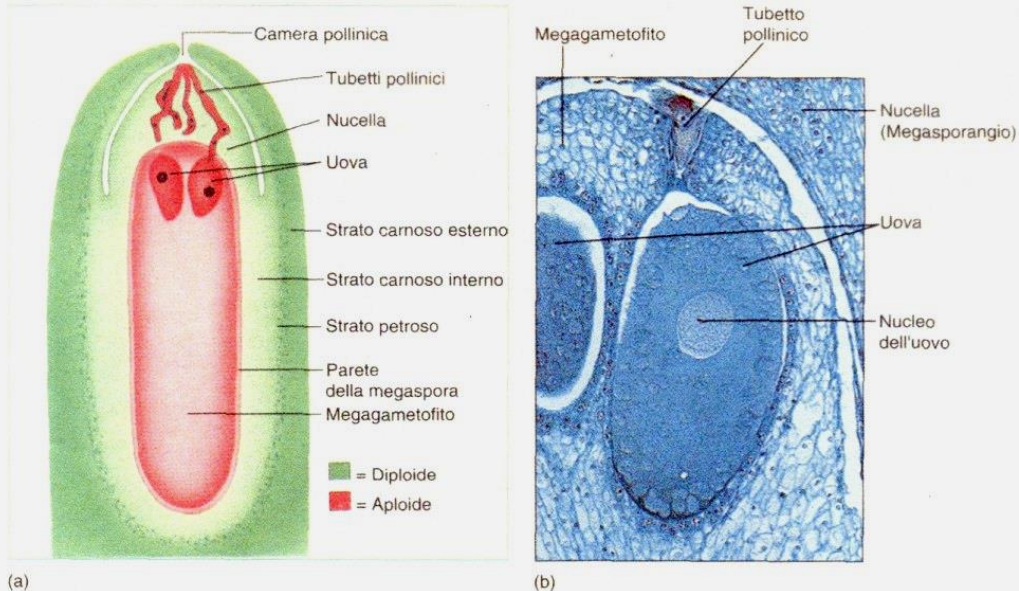


Figura 24.24
 Gli ovuli di pino e di altre conifere sono più grossi di quelli delle piante a fiore. Il megagametofito cellulare non è grande come quello di un muschio o di un'epatica, ma ha un aspetto simile a quello delle angiosperme (vedi fig. 9.16). Sopra i due gameti femminili c'è il megasporangio (nucella) compatto e indeiscente. Gli spermatozoi non possono nuotare nell'archegonio verso i gameti femminili, devono essere trasportati da un tubetto pollinico che si apre la via attraverso il megasporangio. La camera pollinica si trova tra il megasporangio e i tegumenti ($\times 20$) (Fotografia di James W. Richardson/CBR Images).

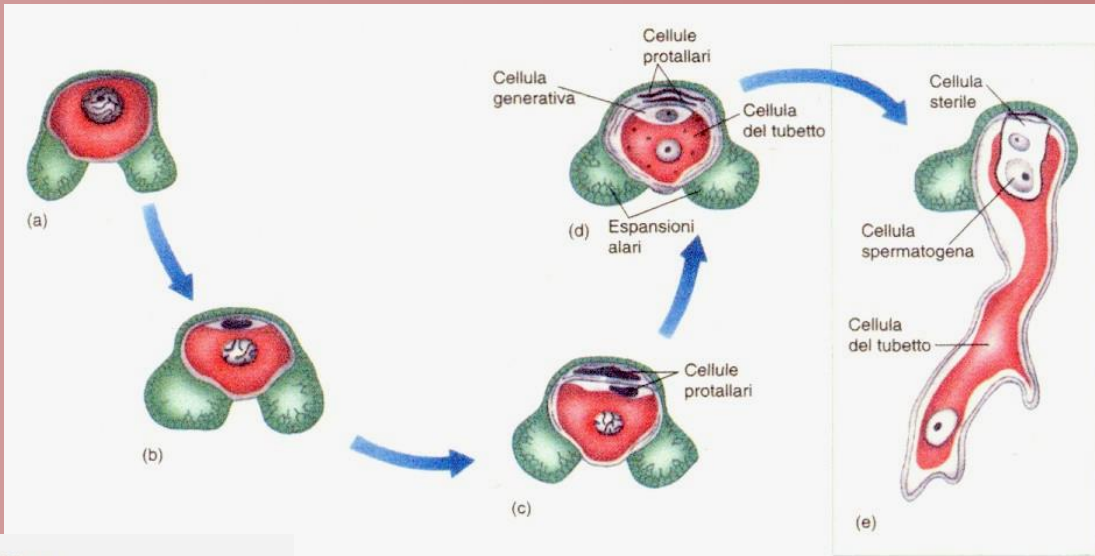


Figura 24.18
 La microspora (polline) di pino è una cellula con due grandi sacche aerifere che incrementano la sua capacità di galleggiare nell'aria. La microspora si sviluppa in un piccolo gametofito con un processo simile a quello del polline delle piante a fiore, con l'eccezione che in più vengono formate poche cellule protallari. Dapprima, due divisioni mitotiche danno origine ad una cellula generativa e ad un'altra chiamata cellula del tubetto. Come nelle angiosperme la cellula vegetativa diventa il tubetto pollinico e la cellula generativa va incontro ad un'altra divisione che produce due cellule spermatiche non mobili.

I granuli pollinici vengono trasportati dal vento in prossimità dell'ovulo, al cui interno è stata prodotta la cellula uovo. Qui il granulo germina, formando un'escrescenza allungata, chiamata tubetto pollinico

All'interno dell'ovulo si formano per meiosi quattro macrospore, di cui in genere una sola rimane vitale; essa origina un macrogametofito dapprima nucleare, in seguito cellularizzato, costituito da migliaia di cellule; questo, tranne che nelle gnetofite, assume funzione di riserva per il futuro embrione e viene denominato endosperma primario. In prossimità del micropilo si differenziano archeconi molto ridotti, contenenti una cellula uovo che sarà fecondata dalla cellula spermatica.

Nelle gimnosperme la riproduzione vegetativa è un fenomeno raro.

Taxus che può emettere getti dall'apparato radicale periferico

Un esempio di propagazione vegetativa è *Pinus canariensis* (pino delle Canarie) che emette nuovi getti dal colletto a seguito della recisione del fusto o alla combustione, dimostrando una notevole capacità di adattamento e resistenza di fronte agli incendi boschivi

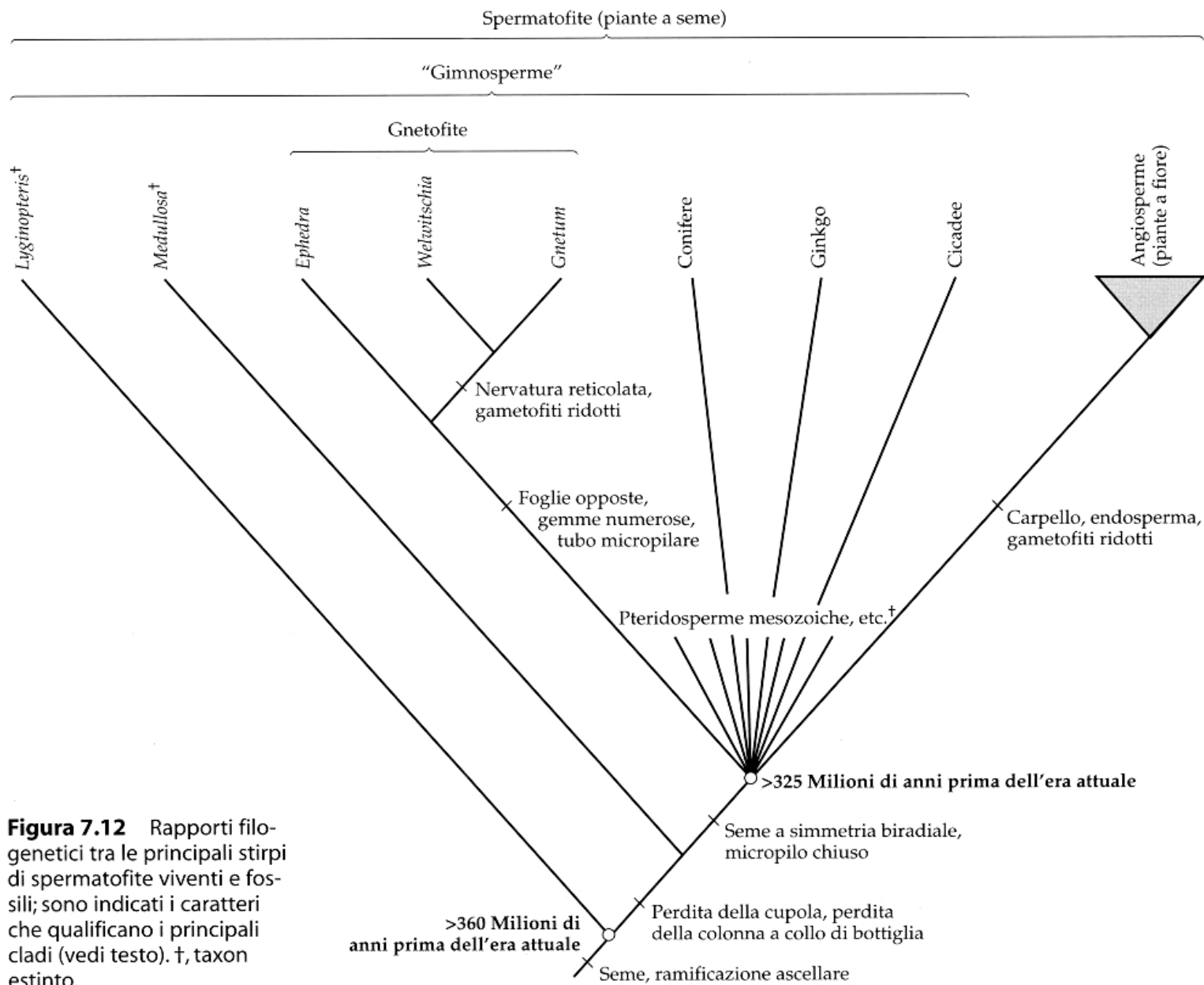


Figura 7.12 Rapporti filogenetici tra le principali stirpi di spermatofite viventi e fossili; sono indicati i caratteri che qualificano i principali cladi (vedi testo). †, taxon estinto.

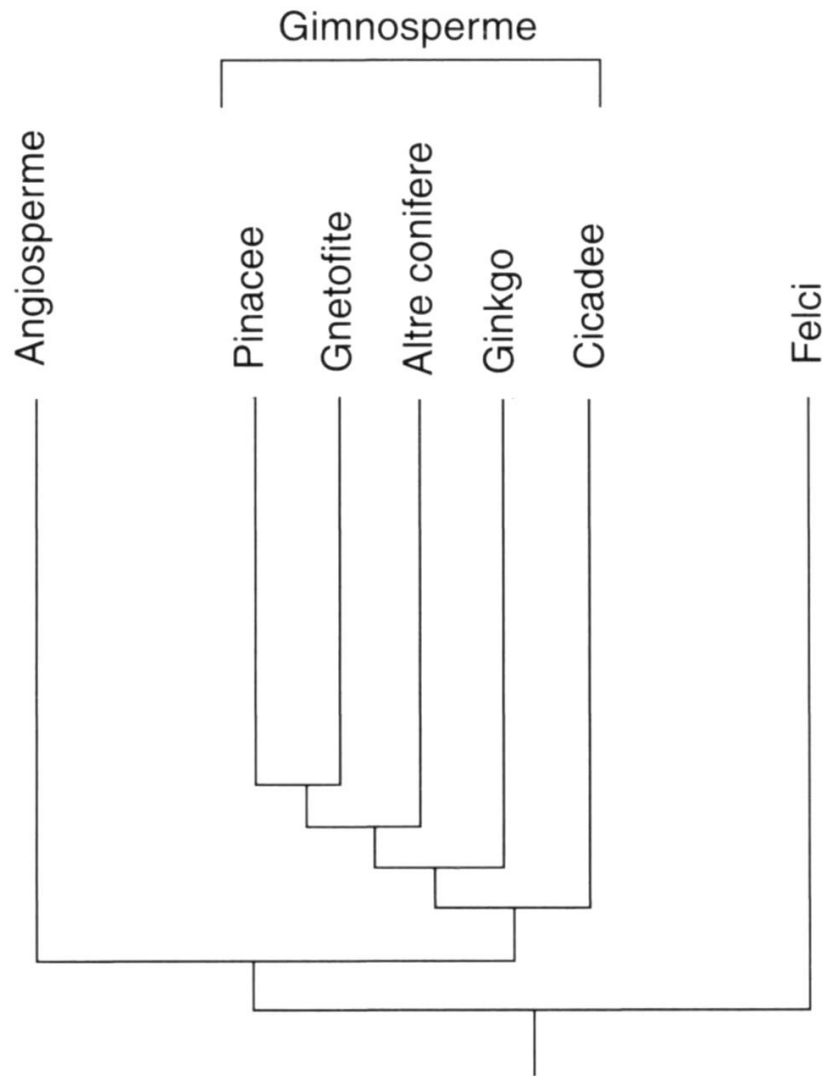


Figura 21.1

Cladogramma dei principali gruppi di gimnosperme.

Ipotesi più recente dei rapporti filogenetici dei gruppi di tracheofite

Le gimnosperme sono un gruppo monofiletico

Caratteri fondamentali delle gimnosperme

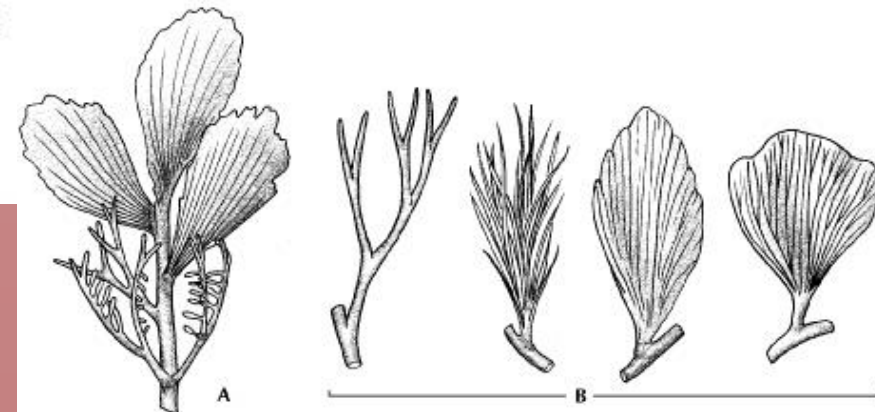
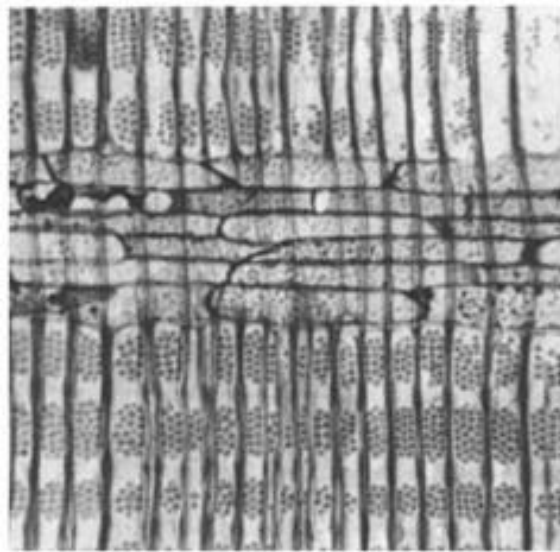
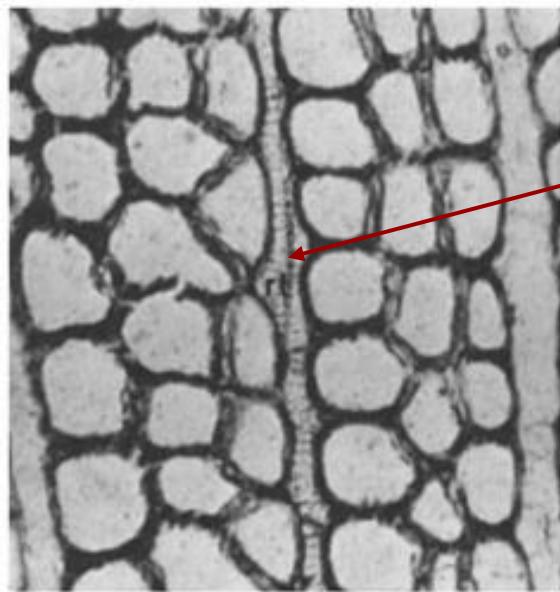
- **Xilema** secondario (legno) **omoxilo** con fibrotracheidi
- Floema senza cellule compagne
- **ovuli nudi** portati da megasporofilli
- megagametofito con **archegoni**; camera pollinica
- Spermatozoi flagellati (Cycadales e Gynkgoales)
- **endosperma primario** costituito dal megagametofito
- habitus legnoso perenne

progimnosperme

Archaeopteris sp.

(360-410 MA,
Devoniano)

pianta con struttura da
gimnosperma con
accrescimento
secondario e legno
omoxilo. Riproduzione
mediante spore



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

A) foglie di *Archaeopteris* sp.

B) evoluzione della foglia a partire da telomi

Gimnosperme estinte

Medullosa noei Steidtmann

felce a seme o
Pteridosperma del
Carbonifero (300 MA)

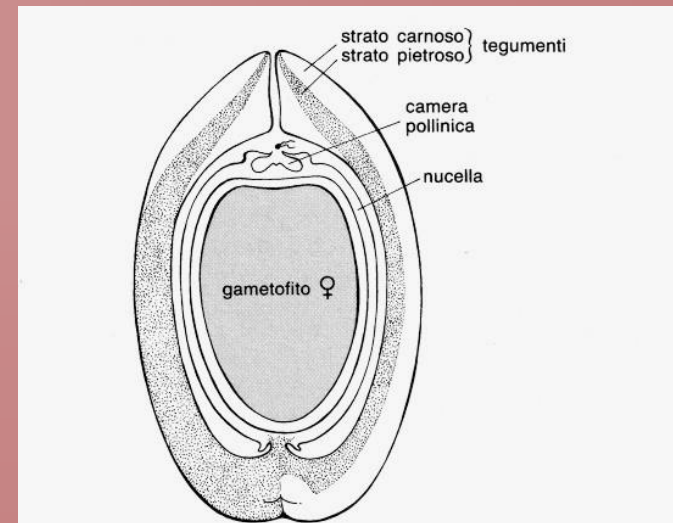


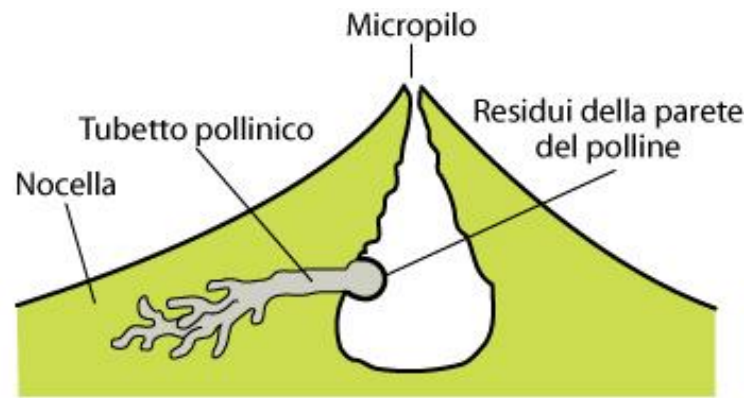
FIG. 37.10 • Ricostruzione della struttura di un ovulo di una Pteridosperma fossile (*Pachytesta*), in cui la nucella non è ancora cresciuta con i tegumenti che l'avvolgono. (Da Taylor).

IMPOLLINAZIONE NELLE GIMNOSPERME

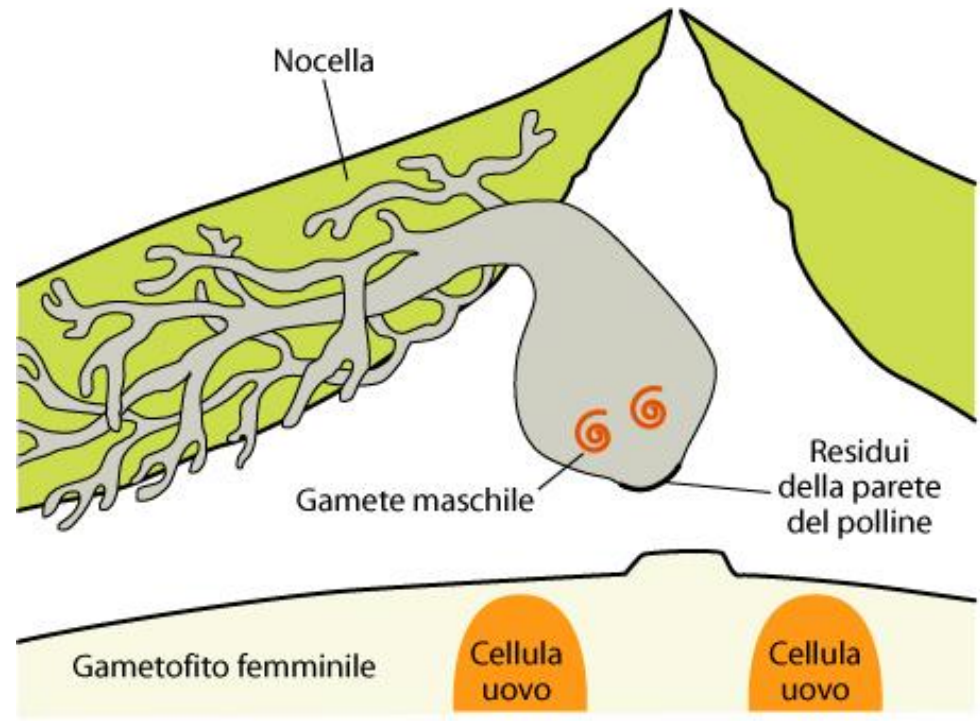
A differenza delle crittogame vascolari, nelle gimnosperme (conifere e gnetofite) l'acqua non è più necessaria come mezzo di trasporto dei gameti maschili a quelli femminili, infatti il granulo pollinico è trasferito interamente (di solito ad opera del vento) nelle vicinanze del gametofito femminile, che è racchiuso nell'ovulo. Dopo l'impollinazione il gametofito maschile produce un'emergenza tubulare, il tubetto pollinico.

Nelle cicadee e ginkgo, la fecondazione è di transizione tra ciò che avviene nelle felci ed altre crittogame, che richiedono gameti maschili che nuotano, quindi flagellati, e la condizione trovata nelle altre spermatofite che non hanno gameti mobili. Nelle cicadee e ginkgo i gametofiti maschili producono un tubetto pollinico che non penetra nell'archegonio ma funziona come una struttura austoriale che può crescere diversi mesi nella nucella svolgendo un ruolo di assorbimento di nutrienti.

Alla fine il tubetto pollinico scoppia in vicinanza dell'archegonio, rilasciando i gameti maschili pluriflagellati, che nuotano verso l'archegonio ed uno di essi feconda la cellula uovo.



(a)



(b)

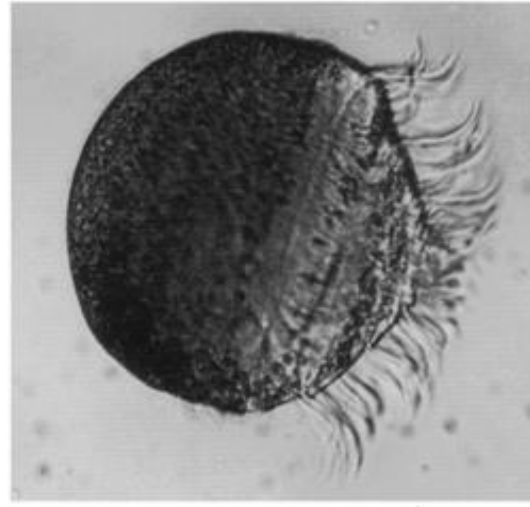
Cycadales

Le cicadee sono le spermatofite viventi più antiche che hanno conservato caratteri primitivi come gli spermatozoidi flagellati mobili. Si sono differenziate nel Carbonifero o all'inizio del Permiano (circa 280 milioni di anni fa), raggiungendo la massima diffusione e diversificazione nel Mesozoico (circa 190-130 milioni di anni fa) Attualmente sono ridotte a un ordine (Cycadales), 2 famiglie (Cycadaceae e Zamiaceae)

Cycadales

- Sono piante a crescita lenta.
- Le radici hanno un aspetto particolare (radici coralloidi)
- dovuto alla presenza di cianobatteri simbioti, fissatori d'azoto





(a)

100 μm

Cycas spp.

Gyngko biloba

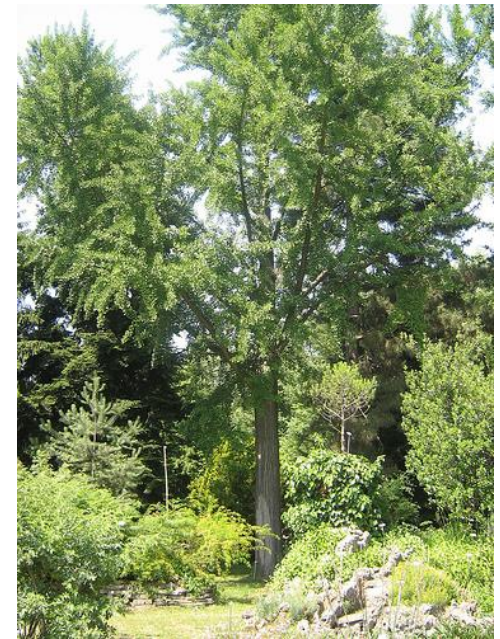
Impollinazione e
spermatozoidi flagellati

Carattere relitto



(b)

100 μm



Cycas revoluta Bedd.

microsporofilli



strobilo femminile



Macrosporofillo con ovuli



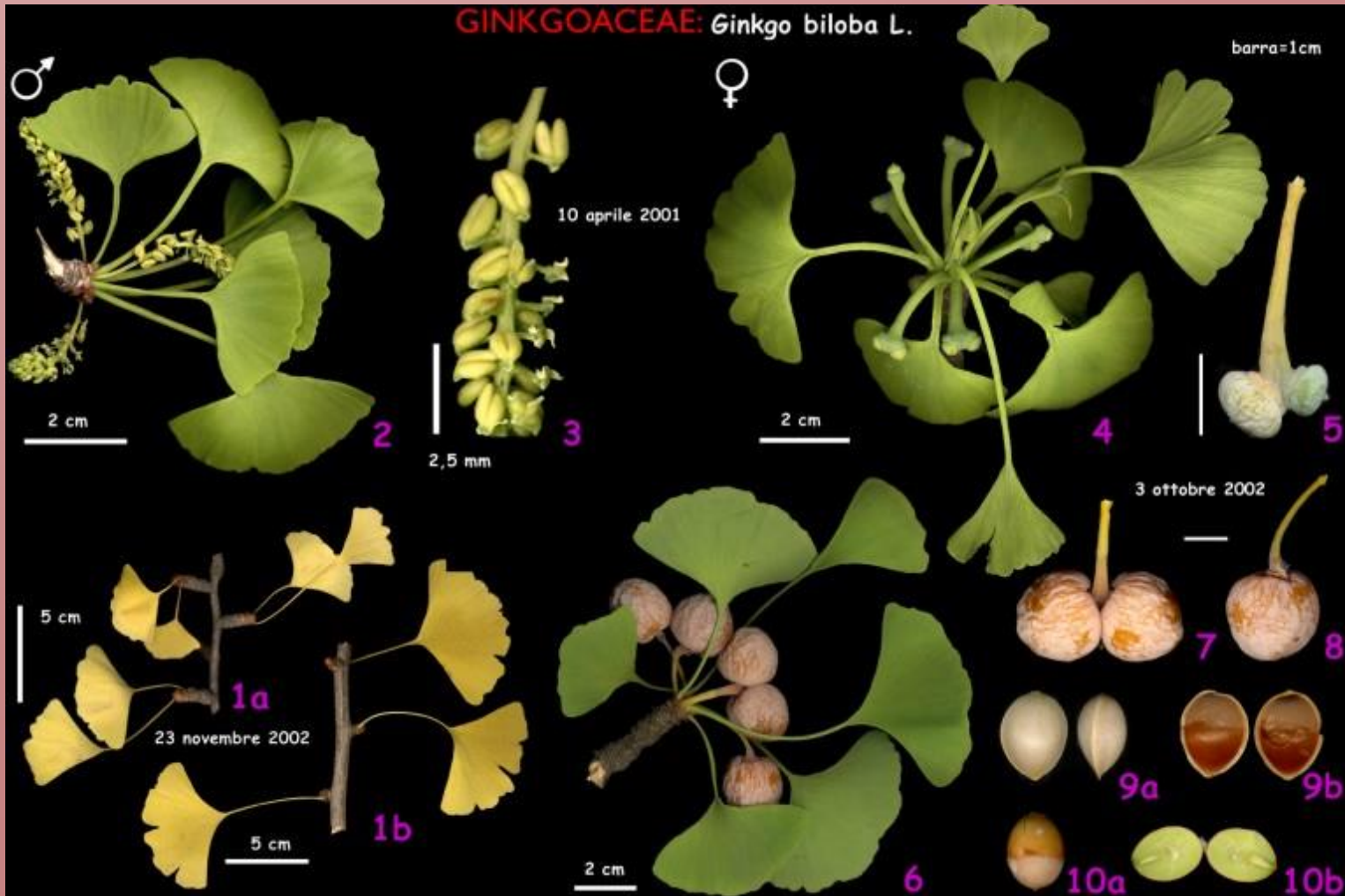
strobilo maschile



Individuo femminile

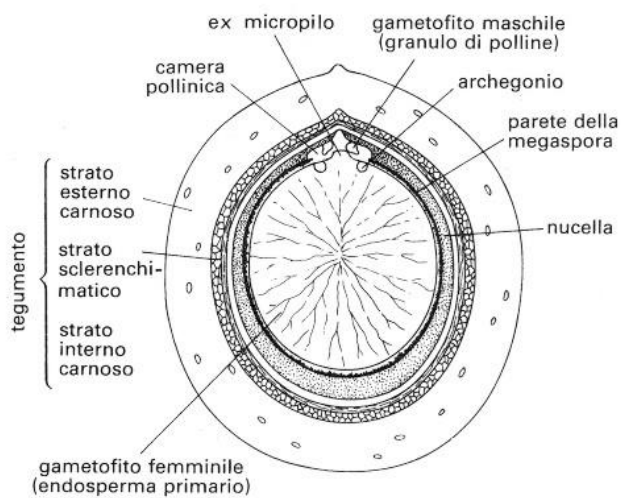
Ginkgoales

Ginkgo biloba è l'unica entità ancora vivente di un gruppo che è molto conosciuto come fossile fin dal Permiano; reperti fossili di piante molto simili a questa specie risalgono a circa 200 milioni di anni fa. È sopravvissuta perché coltivata in Cina e Giappone nei giardini dei monasteri



Ginkgo biloba L.

individuo in autunno



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

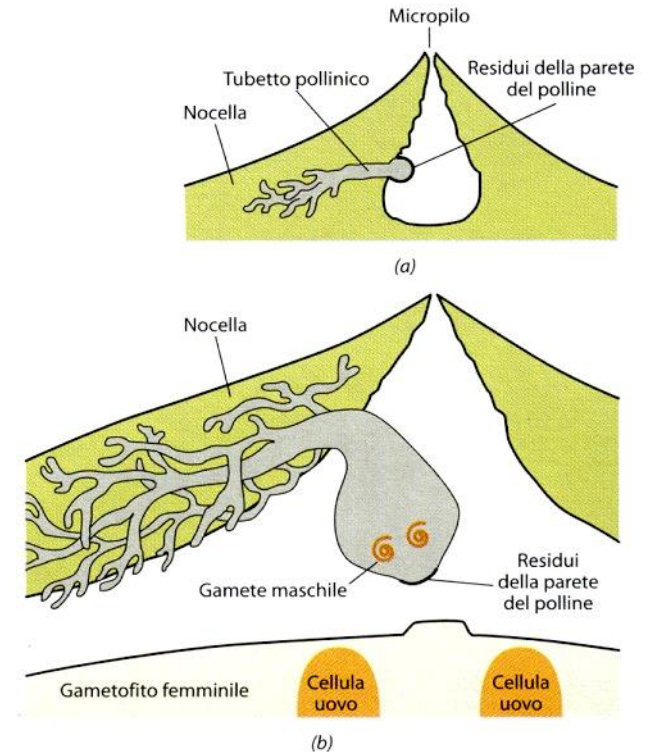


Figura 20.12 Sviluppo del gametofito maschile di *Ginkgo biloba*. (a) Il tubetto pollinico inizialmente si sviluppa all'estremità e successivamente si forma una struttura austoriale altamente ramificata. In *Ginkgo* la crescita del tubetto pollinico è intercellulare nella nocella. (b) Nello sviluppo avanzato, l'estremità basale del tubetto pollinico forma una struttura a sacco contenente i due gameti maschili pluriflagellati. Successivamente, l'estremità basale del tubetto pollinico si rompe rilasciando i due gameti i quali nuotano verso le cellule uovo contenute negli archegoni del gametofito femminile.

Raven P.H., Ray F.E., Eichhorn S.E., 2002 – Biologia delle piante. (6° ed.) ZANICHELLI

FIG. 42.17 • Sezione longitudinale di un ovulo maturo di *Ginkgo*. (Da Fresne-Duchartre).

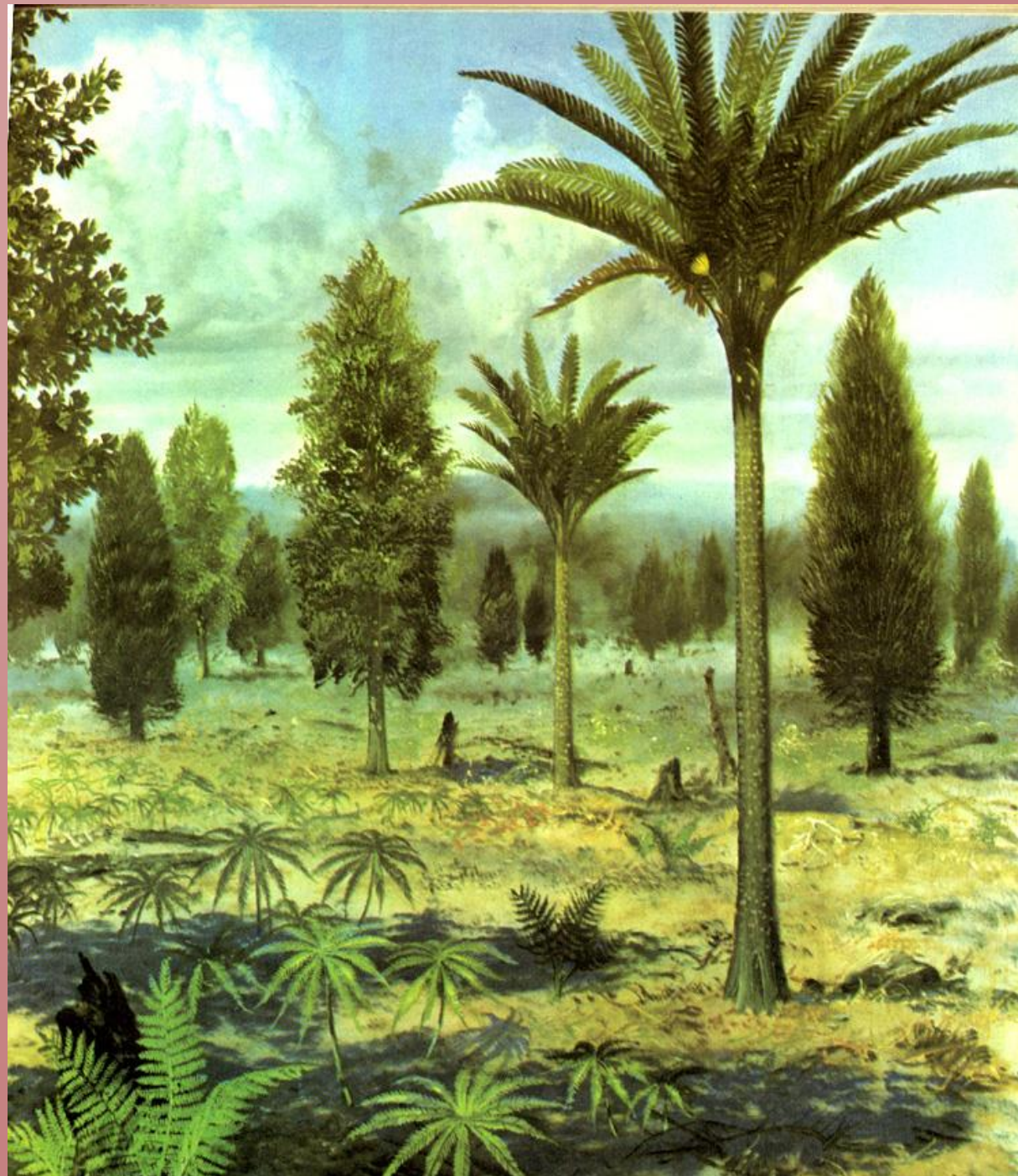
Il processo riproduttivo è simile a quello delle cicadee; grandi spermatozoi ciliati vengono rilasciati nella camera archegoniale dopo che il tubo del granulo pollinico si è accresciuto in modo ramificato all'interno della nucella. Il gametofito femminile, con funzione di endosperma primario, si forma prima dell'impollinazione. Tra l'impollinazione e la fecondazione passano alcuni mesi; i granuli pollinici arrivano al micropilo quando gli ovuli sono ancora sulla pianta. I semi sono muniti di un tegumento con uno strato esterno carnoso, maleodorante; per questo motivo come pianta ornamentale viene in genere preferito l'individuo maschile.

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
	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

Giurassico
140-210 Milioni di anni fa

flora dominata da
gimnosperme, in
primo piano
Williamsonia, una
cicadina.

In secondo piano
Ginkgo e conifere,
sottobosco di felci



Le conifere costituiscono il gruppo più abbondante di gimnosperme viventi, rappresentate nel mondo da 6 famiglie, 70 generi e circa 620 specie.

Nonostante l'esigua consistenza numerica se comparate con le angiosperme, le conifere s.l., nel loro insieme, rivestono un'enorme importanza ecologica ed economica in quanto comprendono specie arboree molto diffuse soprattutto nelle regioni fredde dell'emisfero boreale.

Le conifere s.l. comprendono solo specie legnose perenni, per lo più arboree, ma anche arbustive

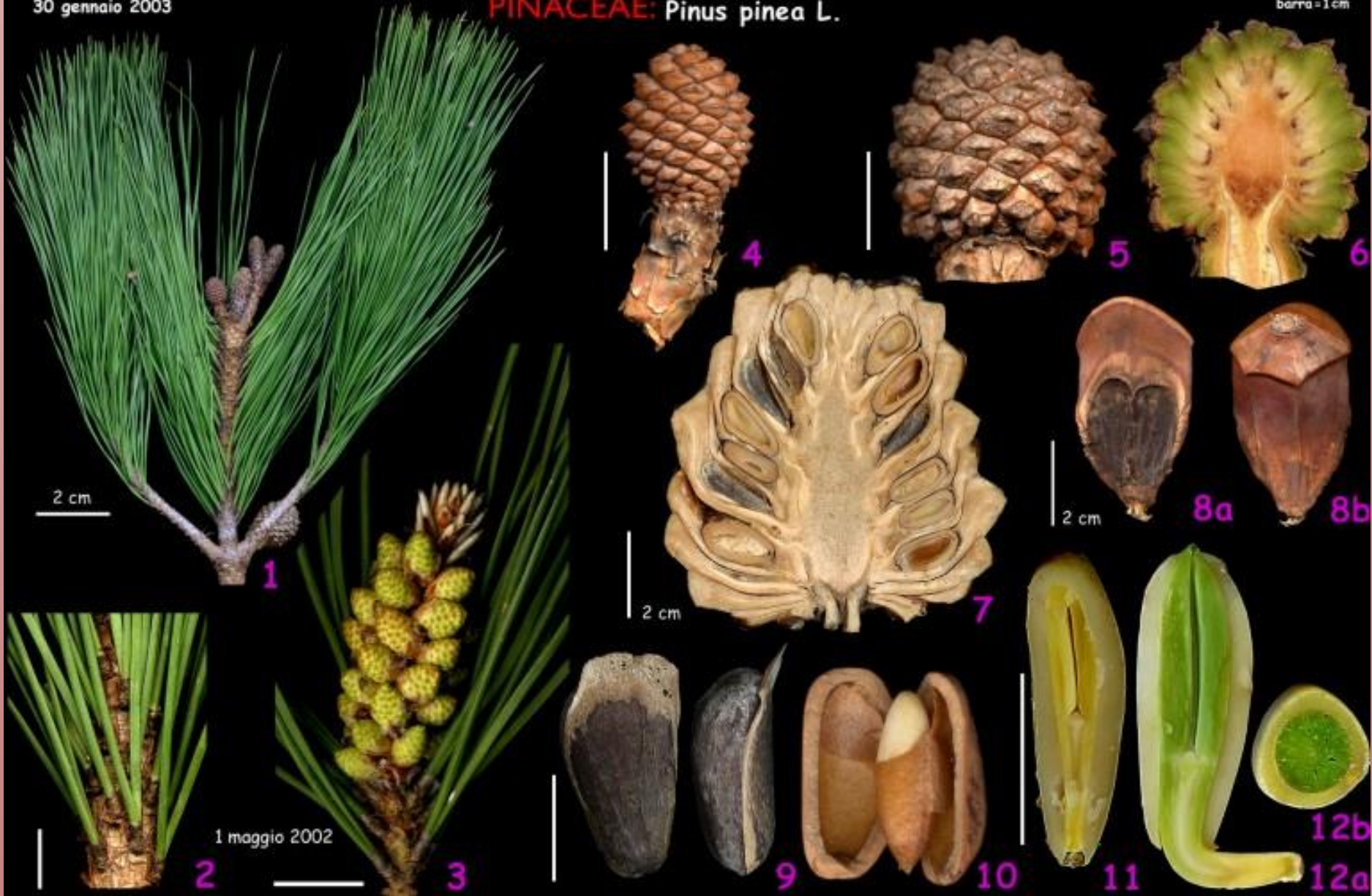
Le foglie sono nella gran parte dei casi aghiformi o squamiformi possono essere portate su normali rami, o riunite in mazzetti (fascetti) su rami accorciati (brachiblasti), come nei larici e nei pini.

Come tutte le gimnosperme, hanno legno omoxilo. Nelle foglie e nel legno secondario dei taxa delle Pinaceae sono presenti canali resiniferi (chiamati anche dotti resiniferi)

30 gennaio 2003

PINACEAE: Pinus pinea L.

barra = 1 cm

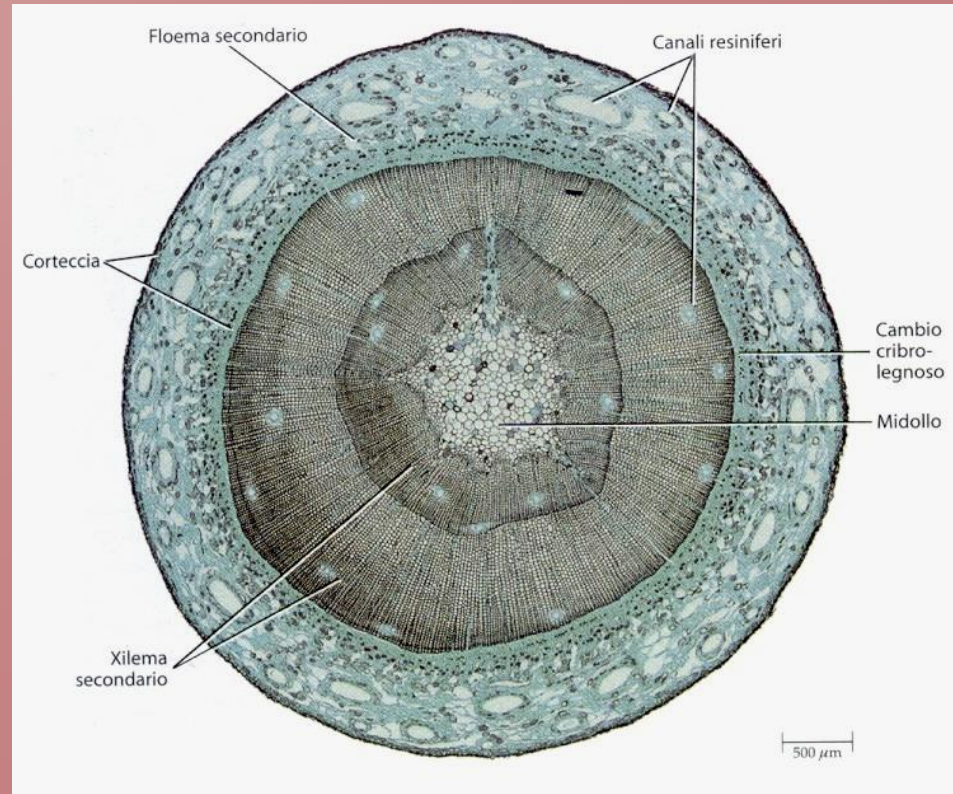


Legno omoxilo (*Pinus*)

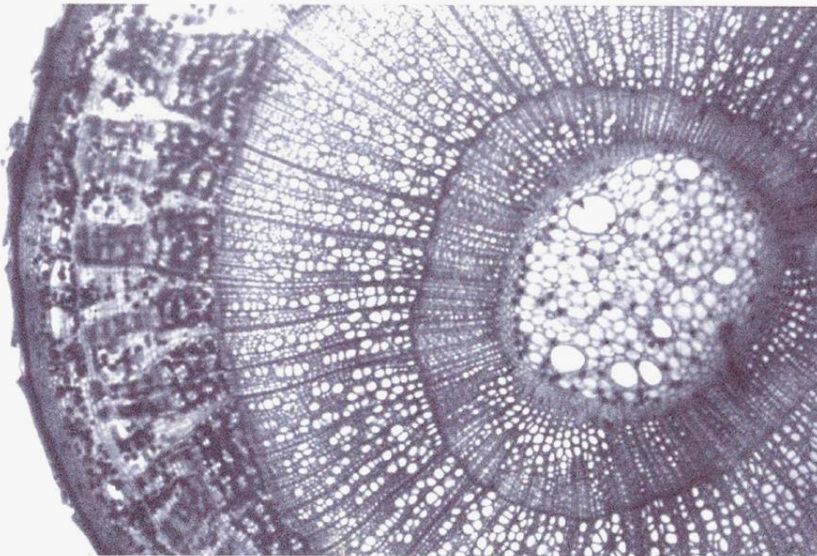


Confronto fra il legno secondario di una conifera (pino) e di una angiosperma (tiglio)

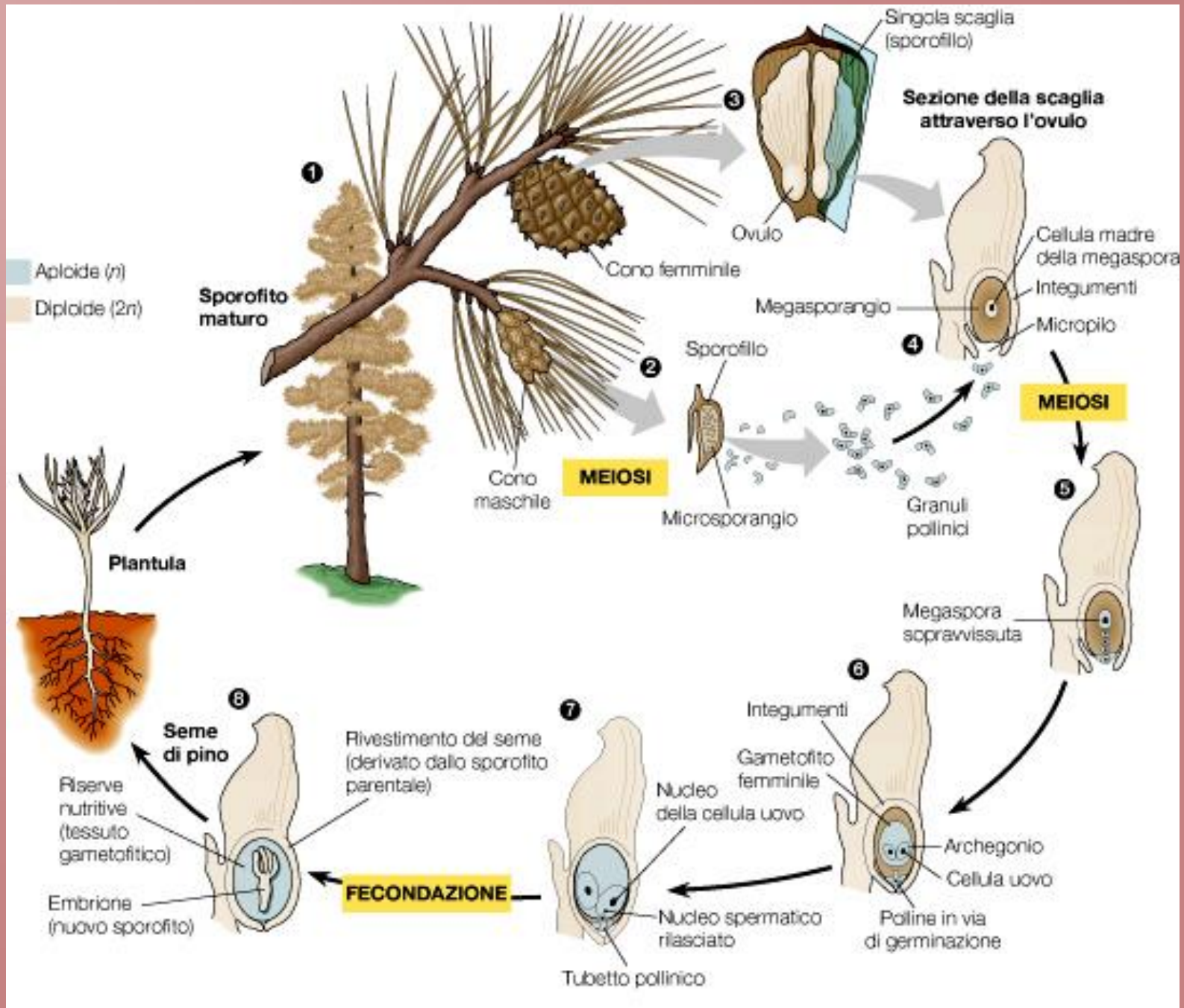
Pinus sp. sezione trasversale di fusto



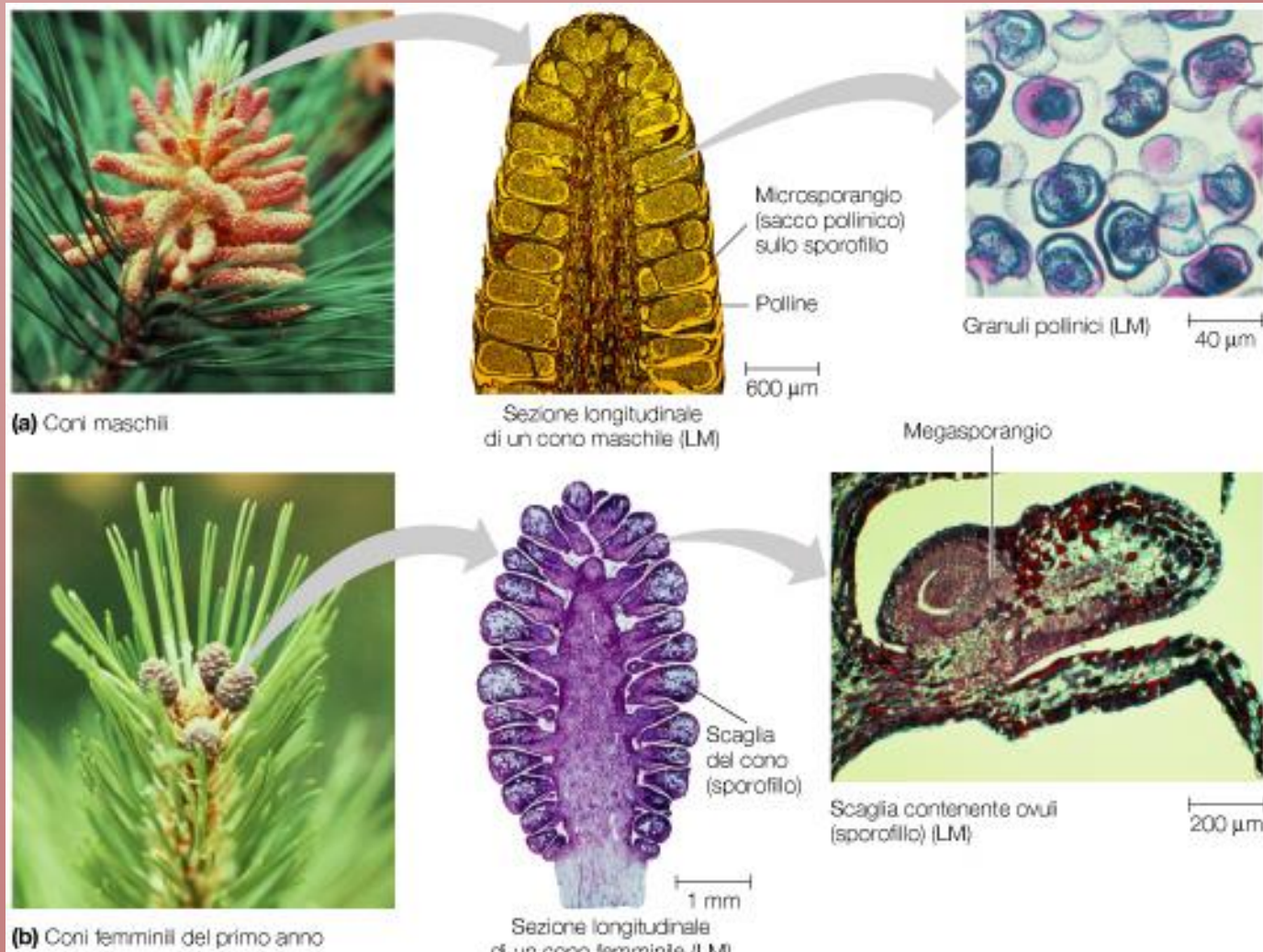
Legno eteroxilo (*Tilia*)



Ciclo di *Pinus* sp.



Gli strobili di tutte le conifere sono unisessuali e possono essere portati da uno stesso individuo (specie monoiche, come nelle Pinaceae e in gran parte delle Cupressaceae) o da individui diversi (specie dioiche, come nelle Taxaceae).



Coni maschili e femminili in *Pinus* sp.



Pinus sp.

Tipiche foglie di *Pinus halepensis* Mill. riunite a coppie in una guaina membranacea su brachiblasti

Strobilo femminile maturo (pigna)



Giovane strobili femminili



Strobili maschili



Seme e plantula di *Pinus* sp.

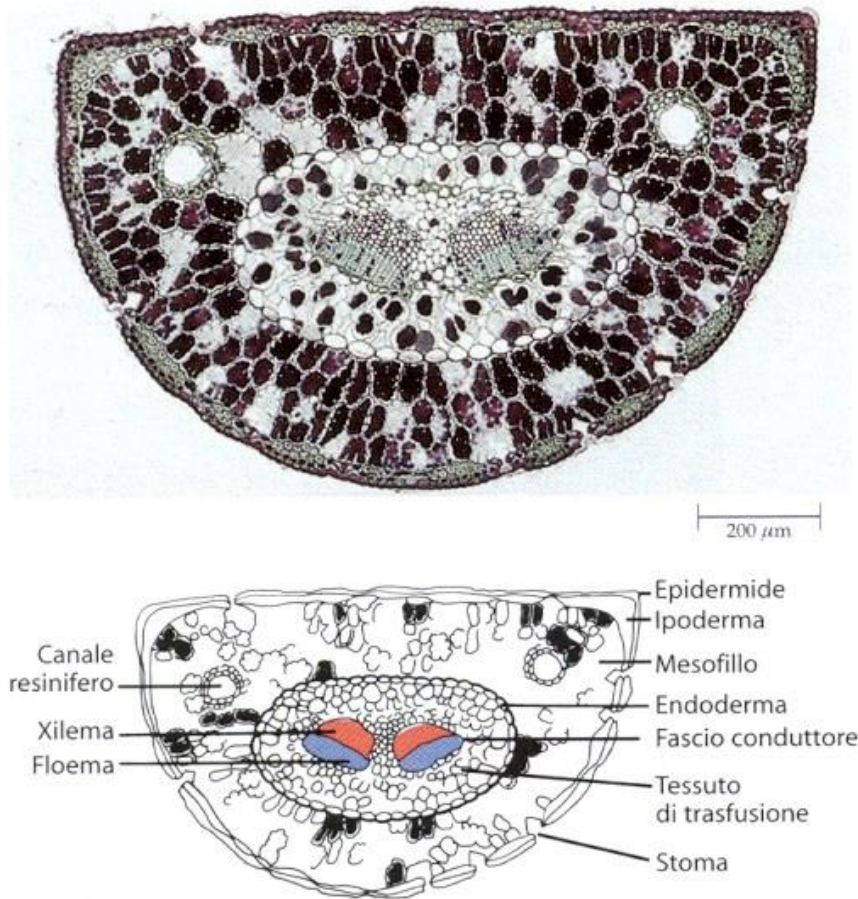
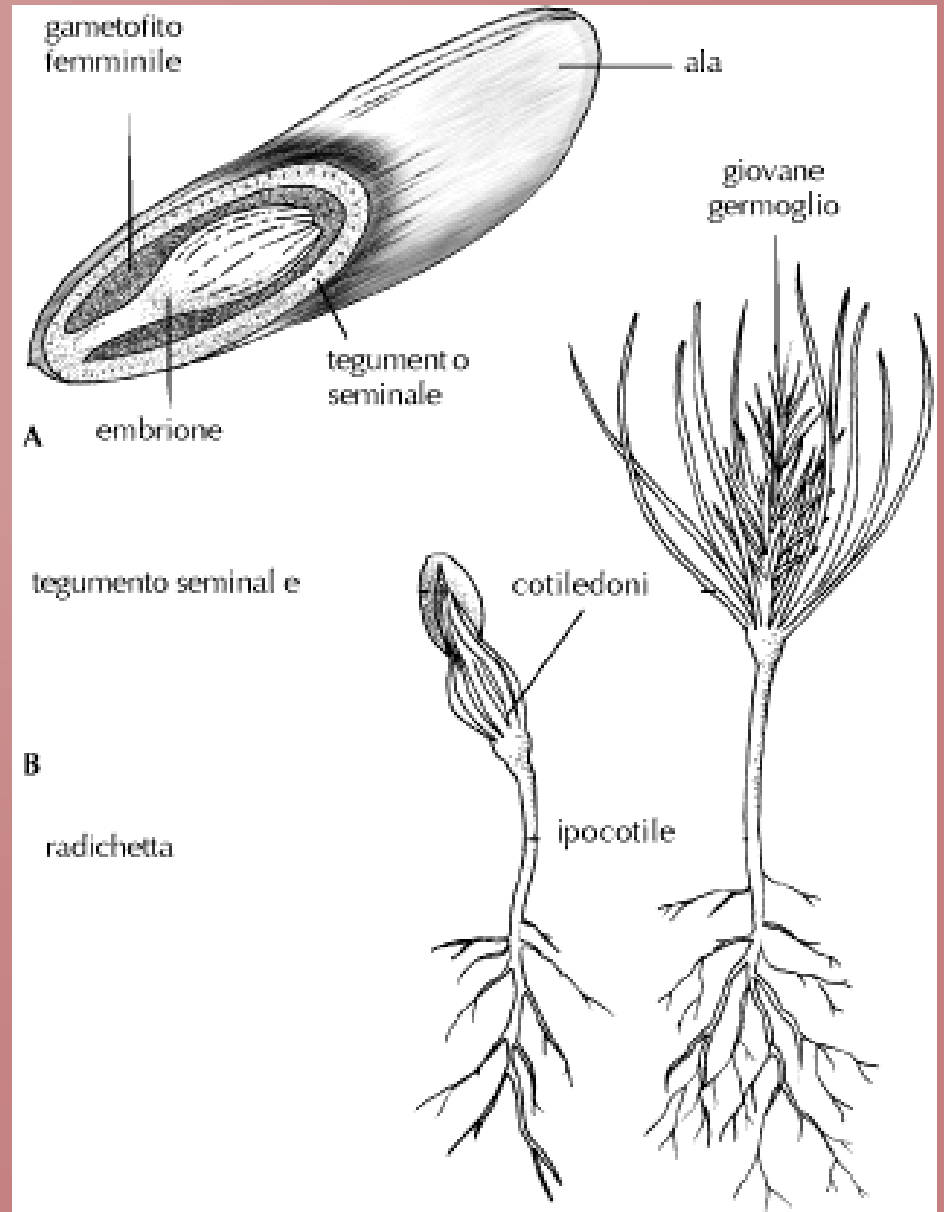


Figura 20.17 *Pinus*. Sezione trasversale di un ago in cui sono visibili i tessuti adulti.

Sezione trasversale di una foglia aghiforme di pino

Pinus sp.





Pinus pinea L. specie
naturalizzata di antica
introduzione in Italia



Pinus mugo Turra subsp. *mugo*
caratterizza la fascia degli
arbusti al limite del bosco a
contatto con le praterie
d'altitudine

Pinus nigra J.F. Arnold subsp. *nigra*





Valle di Cogne (Valle d'Aosta)
bosco a *Larix decidua* Mill.



Picea abies (L.) H. Karst.



Strobilo maschile

Giovane strobilo
femminile



Strobilo femminile maturo
(pigna)



CUPRESSACEAE: *Cupressus sempervirens* L.

18 marzo 2002

barra=1cm



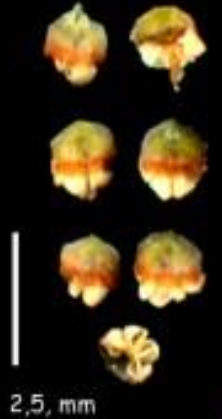
2



2,5 mm



3



2,5 mm

4



1



2,5 mm



5



6



7



8



Le Cupressaceae sono una famiglia cosmopolita, rappresentata nel mondo da 30 generi e circa 130 specie; occupa molteplici tipi di habitat comprende alberi e arbusti con corteccia del tronco generalmente fibrosa, foglie in genere persistenti, semplici, alterne, opposte o verticillate, aghiformi (lunghe fino a 3 cm) o squamiformi (fino a 1 mm) e strettamente appressate.

Comprende i noti generi Sequoia e Sequoiadendron, appartengono a Sequoia sempervirens, specie della California e dell'Oregon . Sono le piante più alte della terra, superano i 110 metri di altezza. La famiglia è di grande interesse economico per la qualità del legname che è adatto a vari scopi; il legno di molte specie, naturalmente odoroso, viene usato per la produzione di profumi e come antitarme.

I galbuli di Juniperus vengono utilizzati in cucina e in liquoreria.



Cupressus sempervirens L.

specie naturalizzata di antica
introduzione in Italia



dune costiere



Individuo maschile

Juniperus oxycedrus L. subsp. *macrocarpa*



individuo femminile con strobili carnosì (galbuli)



Monti Ernici (Campo catino), cespuglieto di
quota a *Juniperus communis* L.



Juniperus phoenicea L. subsp. *phoenicea*



rupi
calcaree
costiere



Taxus baccata L.

specie presente nelle
faggete,
specialmente su
calcare

ovulo maturo con arillo



Taxaceae

GNETOFITE

Le Gnetofite sono un gruppo di particolare interesse nell'evoluzione delle spermatofite poiché mostrano caratteri delle conifere, quali gli ovuli non racchiusi in un ovario, e caratteri delle angiosperme, come la presenza di trachee nel legno, strutture riproduttive simili a fiori e in alcuni taxa doppia fecondazione, con la formazione di un primitivo endosperma secondario. Tale endosperma potrebbe essere nato da una trasformazione dello sviluppo di un embrione sovranumerario, derivato da un evento rudimentale di seconda fecondazione, che proprio nelle gnetofite si è manifestato per la prima volta. Le gnetofite sono state in passato accomunate con le angiosperme nella categoria delle antofite proprio per la presenza di strutture simili a fiori e di strobili composti che presentano i rudimenti sia dei microsporangi che dei macrosporangi. Venivano riunite con le angiosperme nelle Antofite. Recenti studi filogenetici molecolari evidenziano come le gnetofite siano il “sister group” delle sole Pinacee

Comprendono 3 famiglie Gnetaceae, Welwitschiaceae, Ephedraceae. I 3 generi, tra loro morfologicamente molto diversi, sono: Gnetum, Welwitschia ed Ephedra

Welwitschia mirabilis

legno eteroxilo con trachee,
foglie opposte. Fiori unisessuati o
bisessuati con appendici sterili
simili ad un perianzio; in molte
specie è presente la doppia
fecondazione, produzione di
nettare e fecondazione entomofila
Sono presenti nelle aree asciutte
delle regioni temperate e tropicali

deserto della Namibia
(Africa)



Welwitschia mirabilis Hook. f.



GNETUM

Gnetum comprende circa 30 specie, in gran parte lianose, di ambiente tropicale; sono specie dioiche con foglie larghe, opposte, semplici, con ampia nervatura reticolata; presentano canali laticiferi e semi racchiusi in un involucreo carnoso colorato. *Gnetum africanum*, semi e giovani foglie sono commestibili e ampiamente utilizzati nella cucina asiatica e africana.



Ephedra distachya L.

In Italia sono
presenti 6
specie del gen.
Ephedra

strobili microsporangiati

semi con sarcotesta carnosa

