

6. ROZMNOŽOVÁNÍ ROSTLIN

Reprodukce je způsobem zachování druhu v prostoru a čase

Zvětšení počtu jedinců – rozmnožení – dosahují rostliny různými způsoby

- vegetativní: na procesu množení se podílí přímo tělo rostliny nebo jeho části
- nepohlavní: tvoří se specializované buňky nebo tělíška, ale nedochází k pohlavnímu procesu a změně ploidie
- pohlavní: tvoří se specializované pohlavní orgány a pohlavní buňky, dochází ke střídání haploidní a diploidní fáze

Vegetativní rozmnožování

Dělení buněk je typickým způsobem množení u jednobuněčných organismů

- mateřský jedinec zaniká, ale nedochází k jeho smrti, dělí se ve dva dceřiné („nesmrtelnost“ na individuální úrovni)

Fragmentace – obdoba buněčného dělení na úrovni mnohobuněčného těla (rozpad na části, z nichž každá může „žít svým vlastním životem“)

- tvorba odnoží, šlahounů, nad- a podzemních výběžků, na nichž dojde v určitém místě k zakořenění a růstu nového jedince – mateřský jedinec trvá, výhonky jsou s ním dočasně spojeny a po určité době dojde k oddělení dceřiného jedince

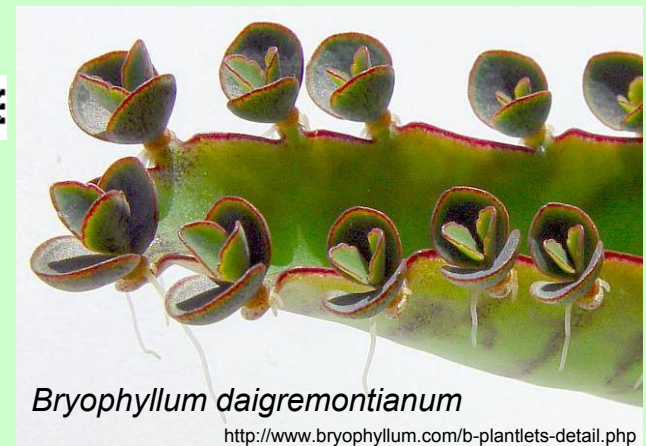
=> vzniká klon; využití při umělém množení rostlin – řízkování nebo hřížení

Rozmnožovací tělíska

- thallidie, gemy u játrovek a mechů
- obdoba tělísek, jakými jsou soredie nebo isidie u lišejníků

U cévnatých rostlin:

- rozmnožovací pupeny (*Bryophyllum*, *Adiantum*)
- adventivní pupeny a z nich vznikající útvary
- pacibulky v paždí listů (*Saxifraga granulata*, *Dentaria bulbifera*)



- pacibulky v květenství (*Allium*)
- turiony a hibernakula vodních rostlin (viz stonek, adventivní pupeny)



- **viviparie nepravá** – pluchy se vyvíjejí jako lístky a celý klásek se přemění v malý prýt, který po odpadnutí zakoření (*Poa bulbosa*)
- **viviparie pravá** – semeno klíčí ještě na mateřské rostlině a klíčící rostlinky z ní odpadnou až po dosažení jisté velikosti (*Rhizophora* z mangrovových porostů)

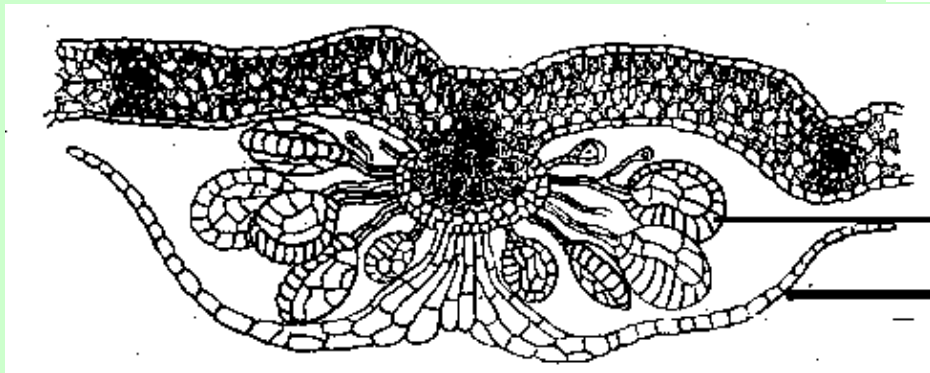
Rozmnožování sporami

Spora = výtrus – specializovaný útvar, buňka vzniklá mitózou nebo meiozou

Mitospory vznikají u některých skupin hub a řas – zoospory, sporangiospory (endospory, vznikají uvnitř sporangia), konidie (exospory, vznikají zevně, oddělením buněk nebo pučením)

sporangium jednobuněčné, mitospory vznikají rozdělením jednoho protoplastu většinou má daný organismus schopnost tvořit mitospory i meiospory

Meiospory u cévnatých výtrusných rostlin jsou **endospory = sporangiospory** vznikají uvnitř mnohobuněčné výtrusnice (= sporangia) z její sporogenní tkáně, kde proběhne meioza



Sporangia se sporami na příkladu kapradin, kde jsou na spodní straně listu kryta ostěrou (indusium)



<http://cavehill.uwi.edu/FPAS/bcs/bl14apl/pter2.htm>

Průřez ostěrou a sporangii kapradiny *Adiantum*

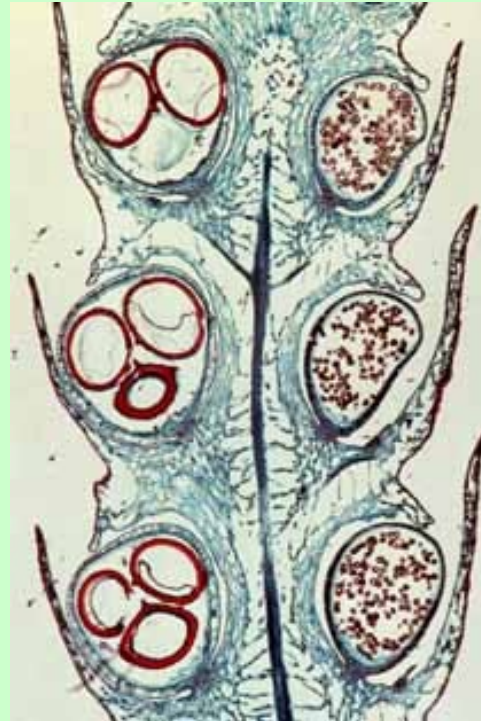
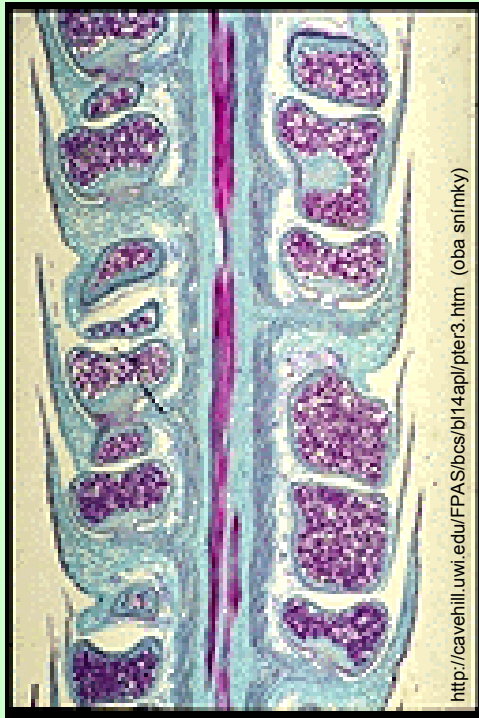
Další způsob dělení spor je na izospory a heterospory

– **izospory** = spory stejné morfologie a funkce, obvykle oboupohlavné (výjimka recentně u přesliček: fyziologicky rozlišené izospory => samčí a samičí stélky)

– **heterospory** = spory odlišné morfologie a tím i funkce, samčí a samičí

rostliny izosporické mají jeden typ výtrusnic, zatímco heterosporické dva typy výtrusnic na samčí mikrospory a samičí megaspory

vývoj. tendence: izosporie je považována za původní typ, heterosporie odvozený



Vlevo: Průřez šišticí izosporické (česky stejnovýtrusné) plavuně – v paždí sporofylů (výtrusnicových listů) se tvoří sporangia (výtrusnice) => ze spor odsud uvolněných vyrostou nové gametofyty



Vpravo: Průřez šišticí heterosporického (česky různovýtrusného) vranečku – v paždí megasporofylů (vlevo) se tvoří megasporangia, v paždí mikrosporofylů (vpravo) se tvoří mikrosporangia => z megaspor vyrostou megaprothalia, z mikrospor mikroprothalia (dva typy gametofytů)

Pohlavní rozmnožování výtrusných rostlin

- vznik nových jedinců splynutím dvou pohlavních buněk – gamet => zygota

výjimečně vznik nového jedince z neoplozené samičí gamety (apomixie)

- **splývání gamet** = oplození – splyne cytoplazma i jádra ($n \Rightarrow 2n$)

u jednobuněčných rostlin (řas) mohou roli gamet převzít i vegetativní buňky, cévnaté rostliny mají vždy vytvořeny gamety

- gamety cévnatých rostlin vznikají v gametangiích, která jsou vždy vícebuněčná

U různých skupin řas nebo hub se tvoří gamety stejnotvaré – izogamie,
různotvaré – anizogamie

Pohlavním procesem cévnatých rostlin je **oogamie**, tvoří se dva typy gamet

– **samčí gamety = spermatozoidy** (bičíkaté, aktivně pohyblivé) nebo **spermatické buňky** (samostatně nepohyblivé, jejich alternativou u někt. skupin řas a hub jsou spermacie)

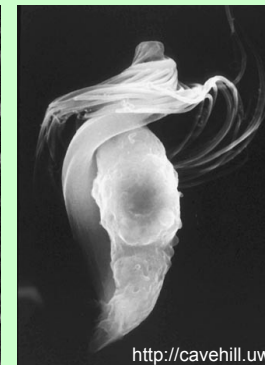
– **samičí gamety**
= **oosféry** (vaječné buňky)



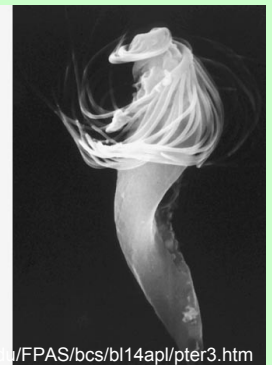
Polyciliární spermatozoidy kapradin (vlevo)
a přesliček (vpravo)




<http://cavehill.uwi.edu/FPAS/bcs/bl14apl/pter2.htm>

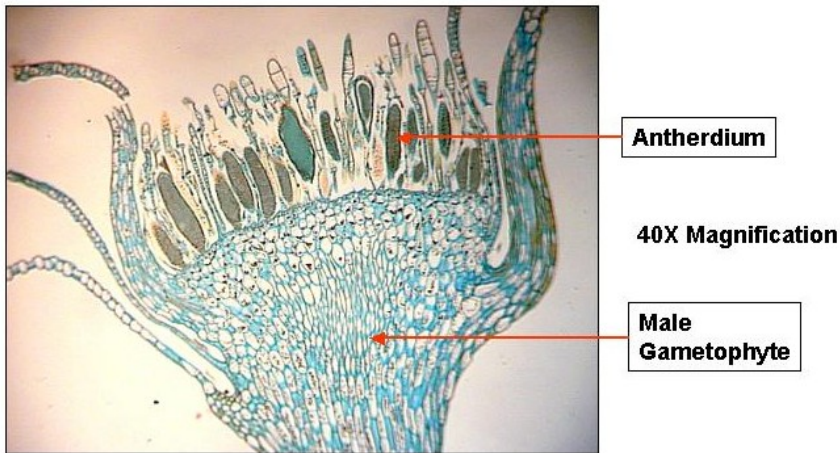


<http://cavehill.uwi.edu/FPAS/bcs/bl14apl/pter3.htm>

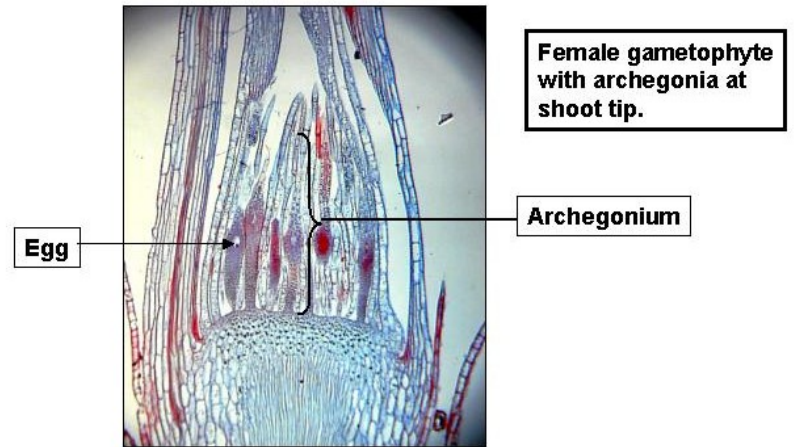


U většiny rostlin se gamety tvoří v **gametangiích** 

- bezcévné rostliny (řasy) mají gametangia jednobuněčná
 - samčí jsou **antheridia**, samičí **oogonia** (obsahují 1 nebo více oosfér)
- **cévnaté rostliny** (mechorosty, kapradňorosty) mají gametangia mnohobuněčná
 - samčí jsou **antheridia** (český termín pelatky) – drobné mnohobuněčné útvary obalené stěnou ze sterilních buněk; z vnitřního (spermatogenního) pletiva se diferencují spermatozoidy
 - samičí **archegonia** (zárodečníky) – lahvicovitě útvary, jež obsahují 1 oosféru



http://www.botany.hawaii.edu/nlc_biology/1411/lab/bryo/slide12.jpg



http://www.botany.hawaii.edu/nlc_biology/1411/lab/bryo/slide13.jpg

- naproti tomu u **semenných rostlin** vznikne oosféra ve **vajíčku**, spermatozoidy (bičíkaté) nebo spermatické buňky (bez bičíku) v **pylové láčce**


Splynutím gamet vzniká **zygota** a ta potom

– u kryptogam vyklíčí v nového jedince nebo vytvoří přetrvávající stadium (zygosporu, oosporu apod.)

– u mechorostů a kaprad'orostů zůstane v archegoniu a dělí se v zárodek

– u semenných rostlin je oosféra uložena ve vajíčku, které se po oplození mění v semeno

Při pohlavním rozmnožování dochází ke zdvojení počtu chromosomů; v určité fázi životního cyklu je tento počet opět redukován prostřednictvím meioze – u cévnatých rostlin (výtrusných i semenných) dochází ke **střídání jaderných fází**

Se střídáním jaderných fází je spojena **rodozměna** neboli **střídání generací** 

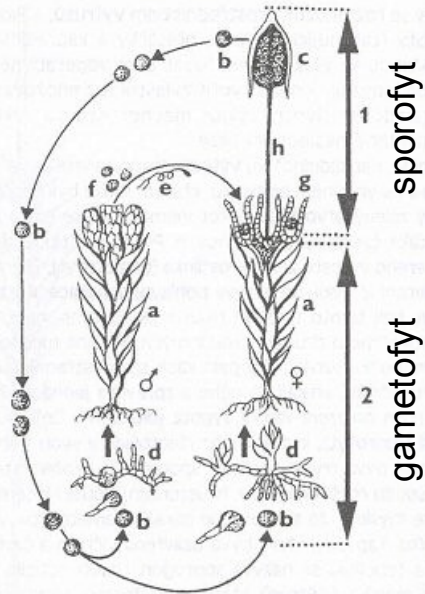
– **gametofyt** = haploidní „pohlavní“ fáze, zde se tvoří gamety

– **sporofyt** = diploidní „nepohlavní“ fáze, zde se tvoří spory (při jejich tvorbě obvykle dochází k meiozi, takže spory už jsou haploidní a roste z nich gametofyt)

• **izomorfická** rodozměna – gametofyt a sporofyt se tvarově neliší (některé řasy, např. *Cladophora*; vývojově původní typ)

• **heteromorfická** rodozměna – gametofyt a sporofyt jsou morfologicky odlišné (vývojově odvozený typ, vyskytuje se obecně u recentních cévnatých rostlin, ale např. u oddělení *Rhyniophyta* se obě fáze pravděpodobně též nelišily)

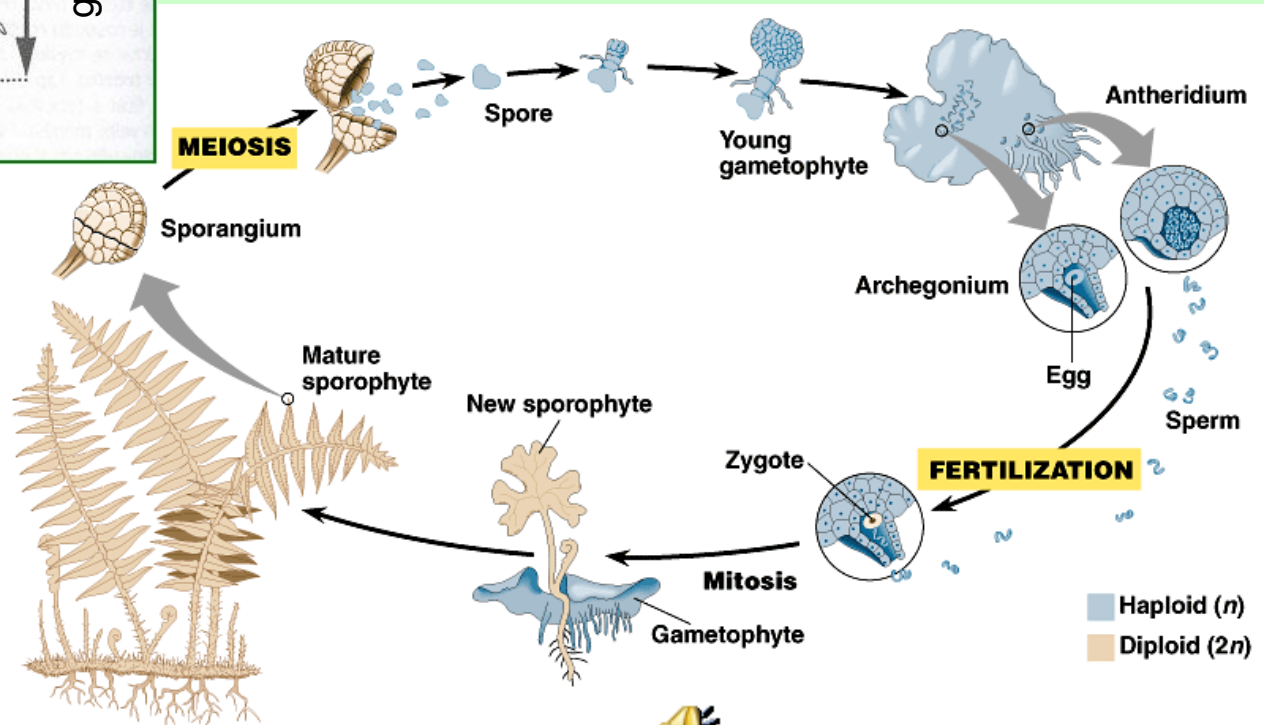
a - lodyžka s lístky, b - výtrusy, c - tobolka,
 d - prvoklíček, e - pohyblivý spermatozoid,
 f - anteridium, g - archeogonium, h - štět



<http://tunguz.zivly.cz/expedice.html>

Příklad **heteromorfní** rodozměny s převládajícím gametofytem, typické pro mechorosty (na obrázku je příklad mechu dvoudomého, kde se tvoří archeogonia a anteridia na dvou různých jedincích), a heteromorfní rodozměny s převládajícím sporofytem, jakou najdeme u kaprad'orostů – zde je gametofyt sice redukovaný, ale ještě po určitou dobu samostatně existující v podobě prothalia (u kapradin se používá český výraz prokel, zatímco prothaliu mechu se česky říká prvoklíček).

Kapradina na obrázku má **trofosporofyl**, asimilační list nesoucí zároveň sporangia – tento typ listů má většina kapradin. Některé druhy mají rozlišené asimilační trofifyly a sporofyly nesoucí sporangia (žebrovice různolistá).



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

<http://cavehill.uwi.edu/FPAS/bcs/bl14apl/pter2.htm>

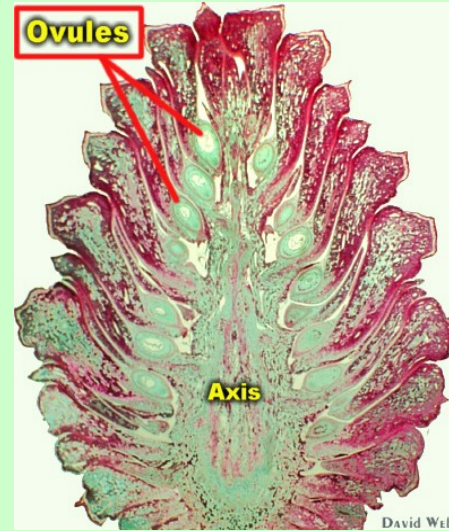
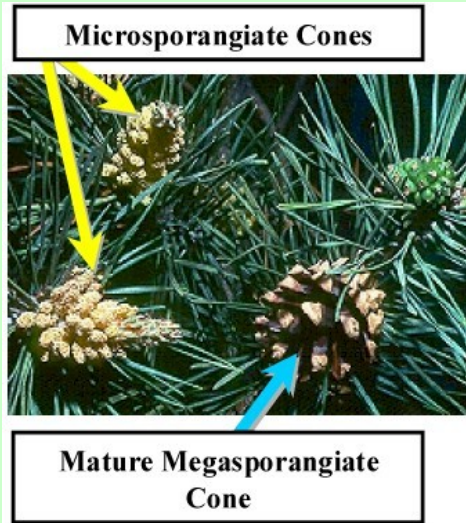
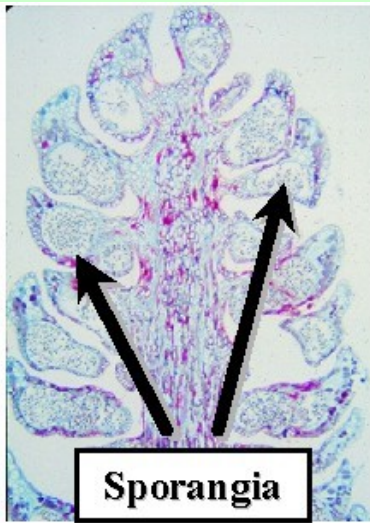
ROZMNOŽOVÁNÍ SEMENNÝCH ROSTLIN

- **semeno** – mnohobuněčný rozmnožovací útvar
 - gametofyt redukován (přestal existovat jako samostatná rostlina), odkázán zcela na sporofyt (je sporofytem „pohlčen“)
 - nezávislost na vodním prostředí – přenos spermatozoidů je nahrazen procesem opylení
 - v principu se jedná o různovýtrusné (heterosporické) rostliny
- vývojová návaznost na heterosporické výtrusné rostliny – zygota semenných rostlin zůstává v archegoniu, začne se dále dělit a vyvíjí se zárodek

Nahosemenné rostliny

Na rostlině (sporofytu) se vytvářejí samčí a samičí šištice

- na samčích šišticích se tvoří mikrosporangia (prašná pouzdra) => v nich se vyvíjejí mikrospory (pylová zrna)
 - na samičích šišticích vznikají megasporangia (vajíčka) => uvnitř vajíčka vzniká gametofyt => po oplození se ze zygoty vyvíjí zárodek nového sporofytu
- vajíčko se následně přemění v semeno, vaječné obaly se přemění v osemení



Samčí šištice s prašnými pouzdry (= mikrosporangii, průřez vlevo), samičí šištice s vajíčky (= megasporangii, průřez vpravo)

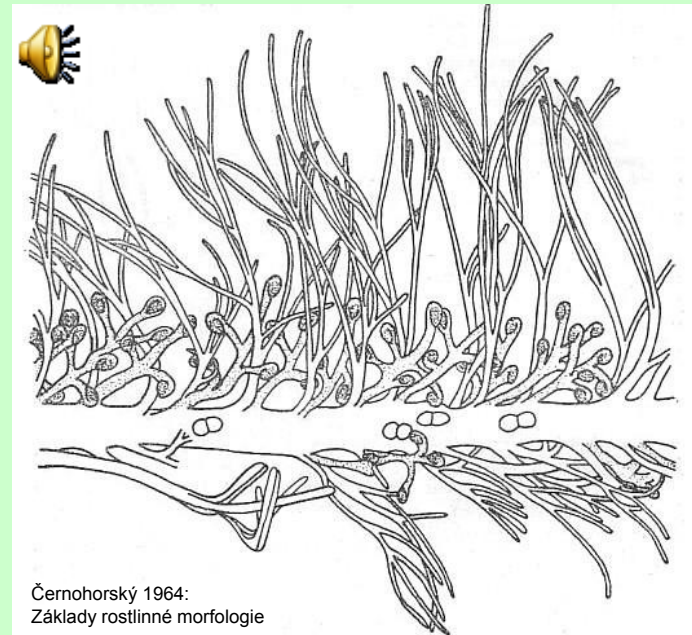


http://www.botany.hawaii.edu/faculty/webb/Bot201/Conifers/conifer_lecture.htm

Semenná šupina vyrůstá v paždí podpůrné šupiny – dnes se oba tyto objekty jeví jako listové, leč u rostlin v paždí listů vyrůstají větve!

Srovnajme dnešní stav s podobou prvohorních nahosemenných (viz obrázky vpravo), kde v paždí vidličnatě větvených „listů“ vyrůstají plodné větve s vajíčky => podpůrné a semenné šupiny zřejmě vznikly planací a syntelomizací původně větvených útvarů, spojenou s redukcí počtu vajíček.

Je-li semenná šupina přeměněnou úžlabní větví, jsou šištice nahosemenných obdobou květenství krytosemenných rostlin.



Černohorský 1964: Základy rostlinné morfologie

Obr. 129. Prvohorní rostlina nahosemenná *Trichopitys heteromorphia*. Větvička s vidličnatě dělenými listy, v jejichž paždí vyrůstá plodné větvičky s vajíčky (tečkováno). Zmėnš. (Florin, překřeseno)

Samčí šištice –

krátké větveno, k němu přiléhají mikrosporofyly (tenká šupina + prašná pouzdra, obvykle dvě)

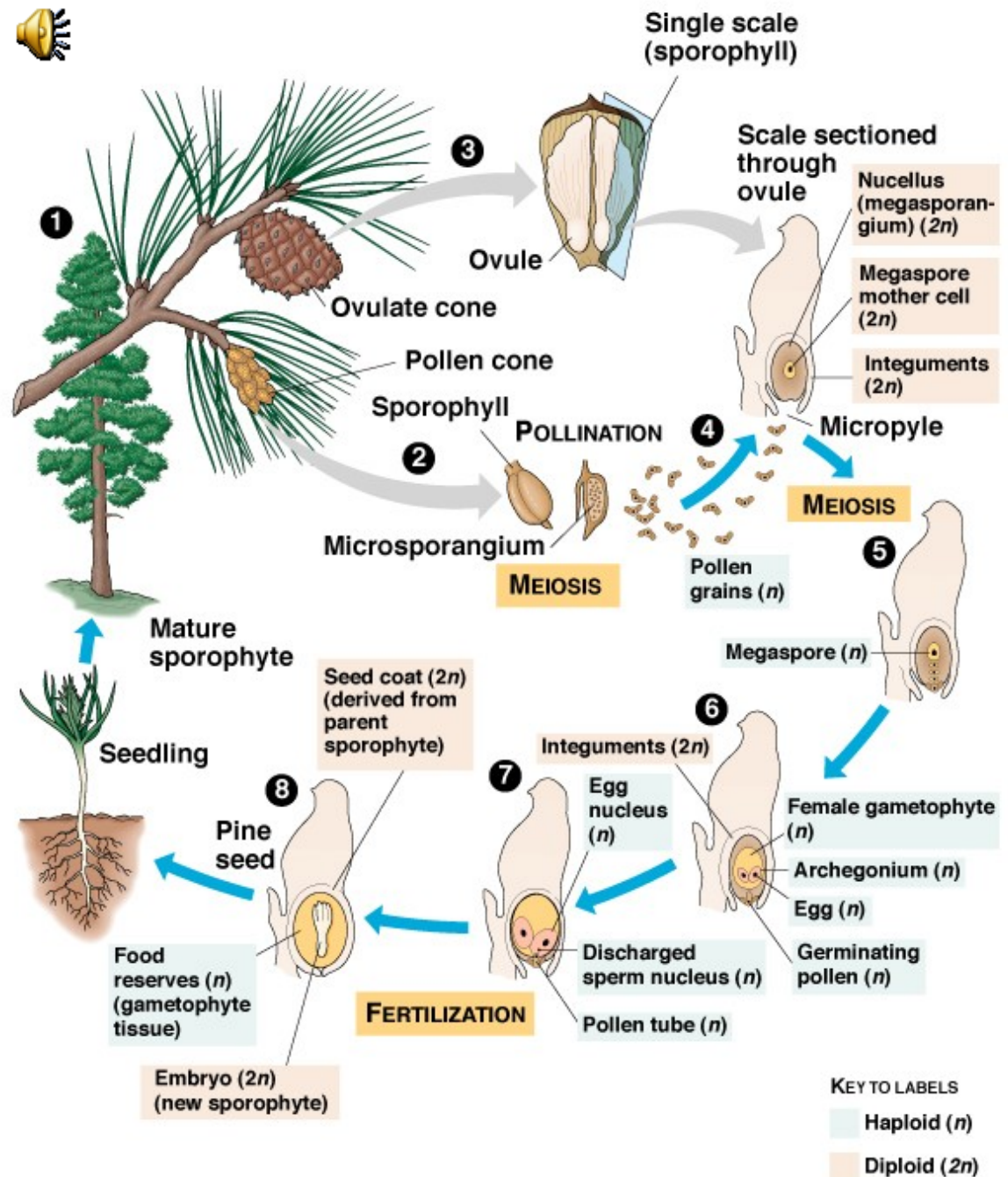
Samičí šištice –

na větveně vyrůstají podpůrné šupiny, v jejich úžlabí semenné šupiny

– na bázi semenných šupin po 2 vajíčkách

– na placentě (obecně část plodolistu, z níž vzejdou vajíčka) vzniká meristemický vrcholek – základ nucellu (jádra megasporangia)

– z báze vajíčka = chalázy se vychlípí val a vytvoří integument (vaječný obal)



Vývoj samičího gametofytu

uvnitř nucellu se diferencuje jedna velká buňka – mateřská buňka megaspory
redukční dělení mateřské buňky => 4 haploidní buňky nad sebou, dorůstá jedna
=> megaspora (zárodečný vak), ostatní buňky slouží k výživě

dělením megaspory vzniká samičí gametofyt – mnohobuněčný **endosperm**
s haploidními jádry (často však v jedné buňce i více jader, která splývají =>
vzniká polyploidní pletivo)

endosperm – zásobní parenchym se škrobem, tuky a aleuronovými zrny

integument není na vrcholu spojený a zůstává v něm otvor klový – **mikropyle**
s polinační kapkou

na mikropylárním konci
vajíčka se vyvíjejí dvě
archegonia vnořená
do endospermu (běžně
dvě, u sekvojí až 60)

v každém archegoniu
vzniká jedna velká
vaječná buňka, malá
břišní kanálková buňka
a hrdelní buňky tvořící
krček archegonia

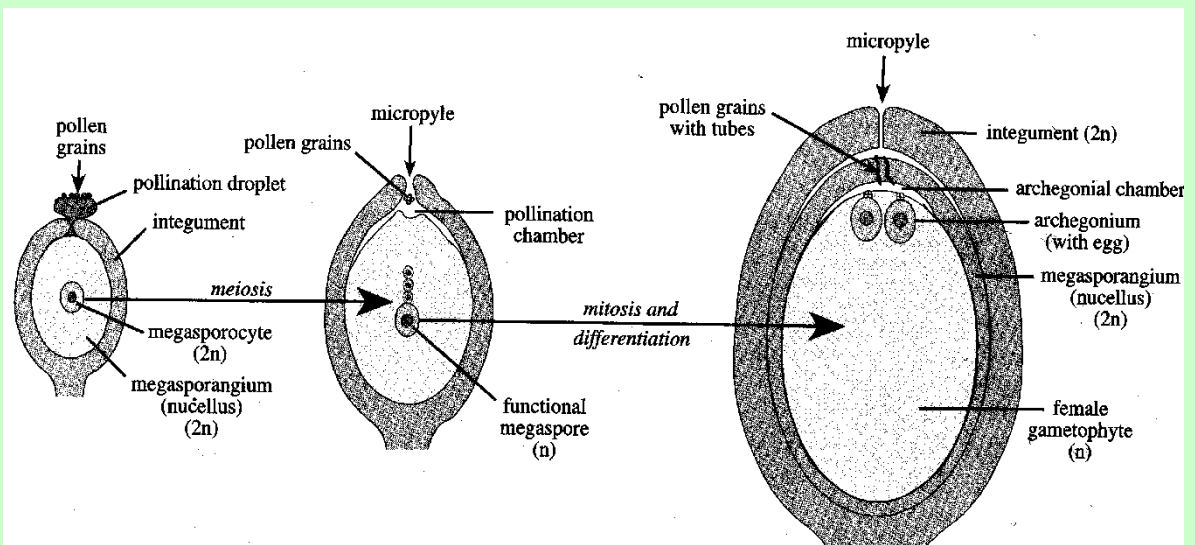
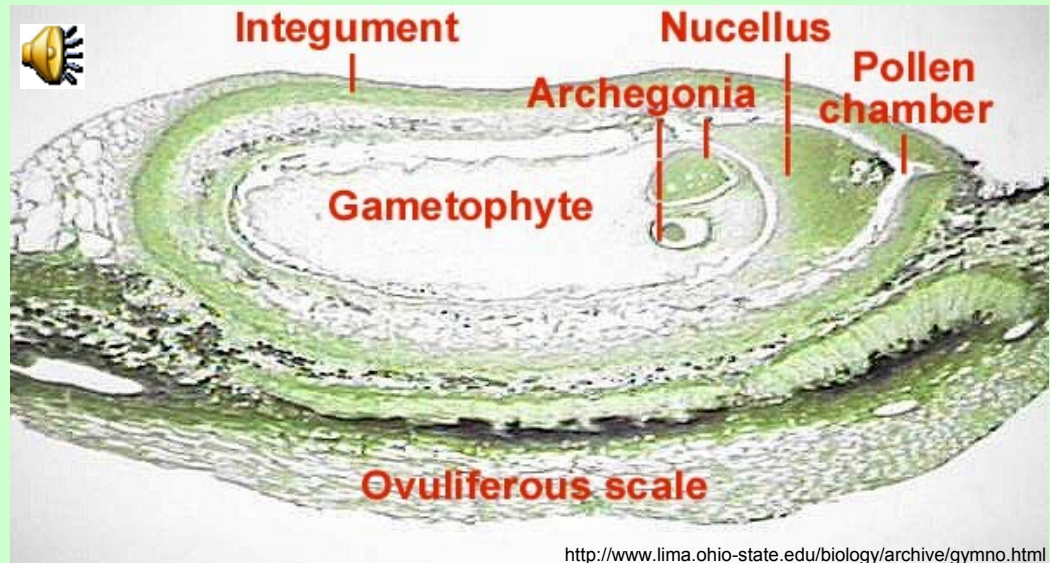


FIGURE 5.11 Ovule development in the in the nonflowering Spermatophytes.



k tvorbě archegonií obvykle dochází až na jaře následující sezóny, kdy teprve je vajíčko připraveno na oplození =>

<http://www.lima.ohio-state.edu/biology/archive/gymno.html>



<http://www.lima.ohio-state.edu/biology/archive/gymno.html>

Vývoj samčího gametofytu

pylotvorné pletivo uvnitř mikrosporangia – **archespor** – tvoří sporogenní tkáň a tapetum => tapetum slouží k výživě, buňky sporogenní tkáně prodělají redukční dělení => vznik tetrad **pylových zrn**

buněčnou stěnu pylového zrna (= mikrospory) tvoří dvě vrstvy – **exina** a **intina** (odchlípením exiny od intiny vznikají vzdušné vaky)

dělení mikrospor ještě ve sporangiu => u stěny prothaliové buňky, které často zanikají, uprostřed zůstává jedna velká buňka => mitózou se dělí na vegetativní a generativní => dělí se na nástěnné a spermatogenní => dělí se na 2 gamety

Opylení a oplození

přenos větrem (anemogamie), pylové zrno spadne na vajíčko a vysýcháním polinační kapky je vtahováno dovnitř mikropyle

z vegetativní buňky vzniká **pylová láčka**, která prorůstá nucellem

semenné šupiny se přimknou k větenu a uzavřou opylené vajíčko (v této fázi ještě nebývá vyvinuto archegonium ani samčí gamety)

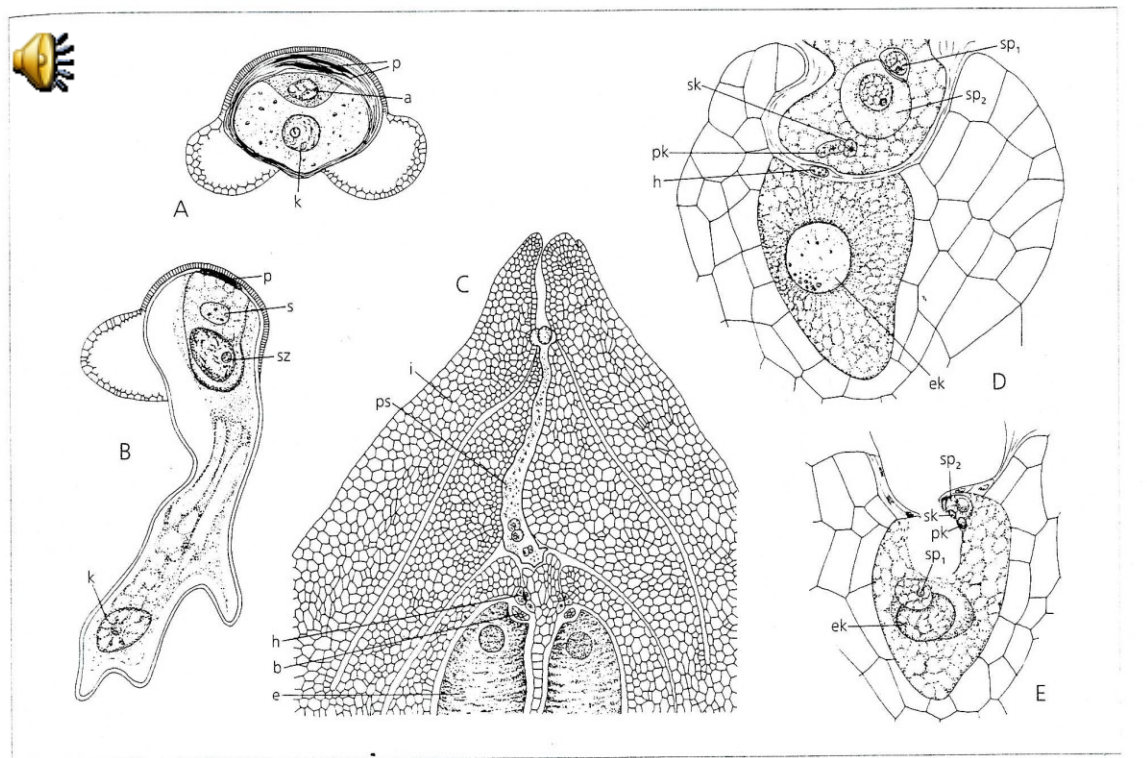


Abb. 11-204: Pollenkeimung und Befruchtung bei Coniferopsida (A, B *Pinus nigra*, C *P. sylvestris*: Pinaceae; D, E *Torreya taxifolia*: Taxaceae). A, B Entwicklung des ♂ Gametophyten im Pollenkorn und Pollenschlauch: Prothalliumzellen (p), Kern der vegetativen Pollenschlauchzelle (k), Antheridiumzelle (a), daraus Stielzelle (s) und spermatogene Zelle (sz), aus letzterer 2 Spermazellen (etwa 500×). C Empfängnisreife Samenanlage mit Integument (i), Pollenschlauch (ps) sowie Archegonien mit Hals- (h), Bauchkanal- (b) und Eizellen (e) (vergr.). D Pollenschlauch mit 2 Spermazellen (sp₁, sp₂) sowie Pollenschlauch- und Stielzellenkern (pk, sk) an der Eizelle (Eikern ek, Rest einer Halszelle h); E Verschmelzung des Eikerns mit einem der Spermakerne, die anderen Kerne degenerieren (367×). – A, B nach J.M. Coulter, Ch. Chamberlain; C nach E. Strasburger; D–E nach J.M. Coulter, W.J.G. Land. – a Antheridiumzelle, b Bauchkanalzelle, e Eizelle, ek Eikern, h Halskanalzelle, i Integument, k Kern der vegetativen Pollenschlauchzelle, p Prothalliumzelle, pk Pollenschlauchkern, ps Pollenschlauch, s Stielzelle, sk Stielzellenkern, sp Spermazelle, sz spermatogene Zelle.

na jaře další sezóny se spermatogenní buňka dělí na dvě **buňky spermatické** (typické pro *Pinopsida*, zatímco cykasy a jinany ještě tvoří spermatozoidy)

pylová láčka pronikne do jednoho archegonia => jedna samčí gameta proniká do cytoplazmy oosféry (vaječné buňky) a jádra splynou => vznik zygoty

druhá samčí gameta a druhé archeonium obvykle zygotu nevytvoří a ostatní buňky pylové láčky zanikají

Vývoj zárodku a semene

ze zygoty vzniká zárodek,
z vajíčka vzniká semeno

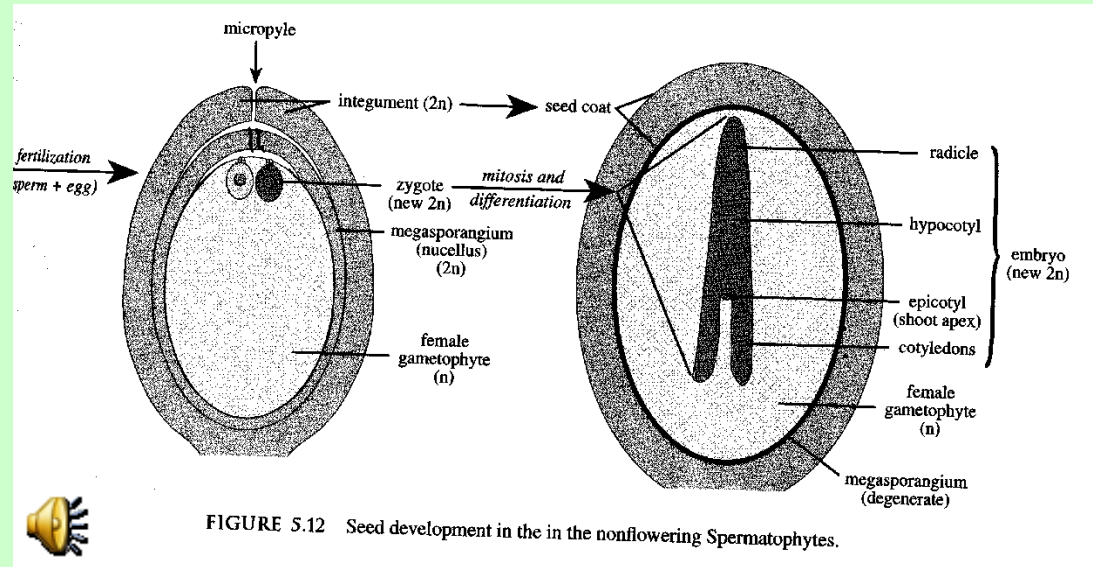
rozdělává se endosperm
vajíčka (je haploidní a tvoří
se ještě před oplozením, viz
výše – zásadní rozdíl oproti
krytosemenným rostlinám!),
čerpá živiny z nucellu, který postupně „stráví“ a stává se endospermem semene

součástí vyvíjejícího se zárodku je suspensor – několikabuněčný útvar, který jej vtahuje do výživné tkáně endospermu

Semeno sestává ze tří složek – diploidní **osemení** (ze stěn megasporangia)

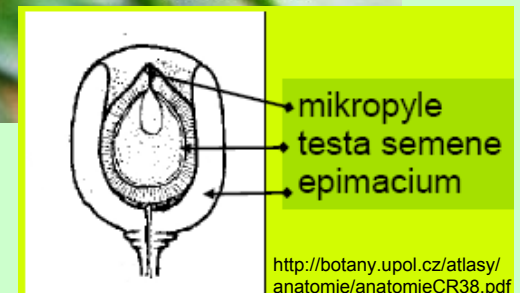
– haploidní **endosperm** (megaprothallium = samičí gametofyt)

– diploidní **zárodek**: hypokotyl s radikulou (základem kořínku) je orientován směrem k mikropylu (uvnitř vajíčka), na opačné straně se formuje základ děloh (u nahosemenných větší počet), jež obmykají a chrání vrcholový pupen



Dužnaté „plody“ nahosemenných rostlin

- galbulus jalovce vzniká zdužnatěním a srůstem podpůrných šupin v šištici
- epimatium (též arilus neboli míšek) tisu vzniká zdužnatěním podsemenného valu, který „přeroste“ ve vnější obal semene
- semeno jinanu má na povrchu dužnatou sarkotestu (vnější vrstva stěny vně pevné sklerotesty) a uvnitř je embryo obklopeno škrobnatým endospermem



<http://botany.upol.cz/atlas/anatomie/anatomieCR38.pdf>

Srovnání struktur a vlastností cévnatých rostlin výtrusných a semenných

Vývoj od heterosporie ke vzniku vajíčka

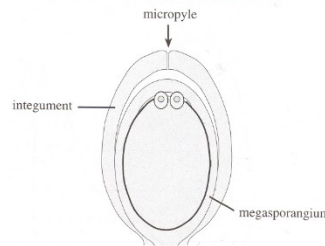
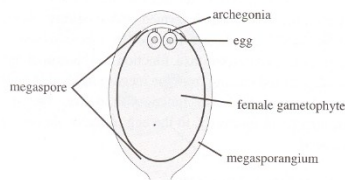
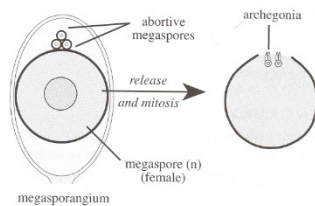
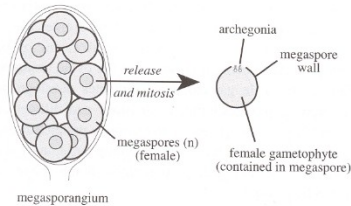
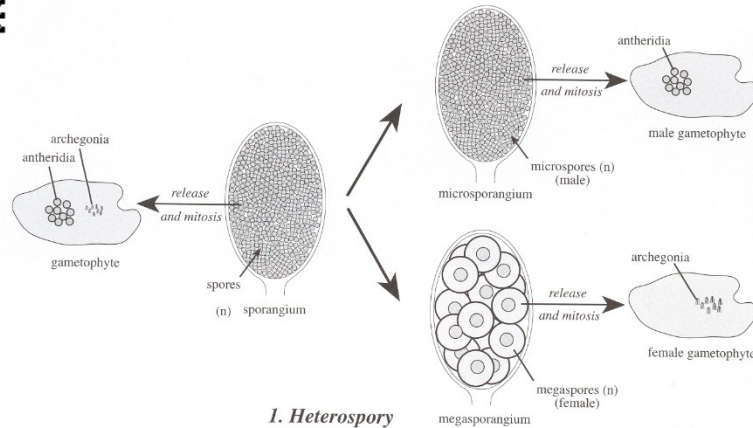


FIGURE 5.7 Ovule and seed evolution in the spermatophytes (hypothetical, for purpose of illustration).

Homologické struktury

<u>výtrusné rostliny</u>	<u>semenné rostliny</u>
spora (n)	× semeno (2n)
izosporie ≥ heter.	× jen heterosporie
mikrosporofyty	× šupiny, tyčinky
mikrosporangia	× prašná pouzdra
mikrospory	× pylová zrna
samčí gametofyt	× pylová láčka
spermatozoidy	× spermatické buňky
oplození ve vodním prostředí	× opylení (hmyz, vítr) → oplození
megasporofyty	× šupiny, plodolisty
megasporangium	× vajíčko (přesněji jeho nucellus)
	(vajíčko s obaly = megasynangium)
megaspora	× mateřská buňka zárodečného vaku
samičí gametofyt	× endosperm nebo zárodečný vak

Srovnání životních cyklů a jaderných fází vyšších rostlin

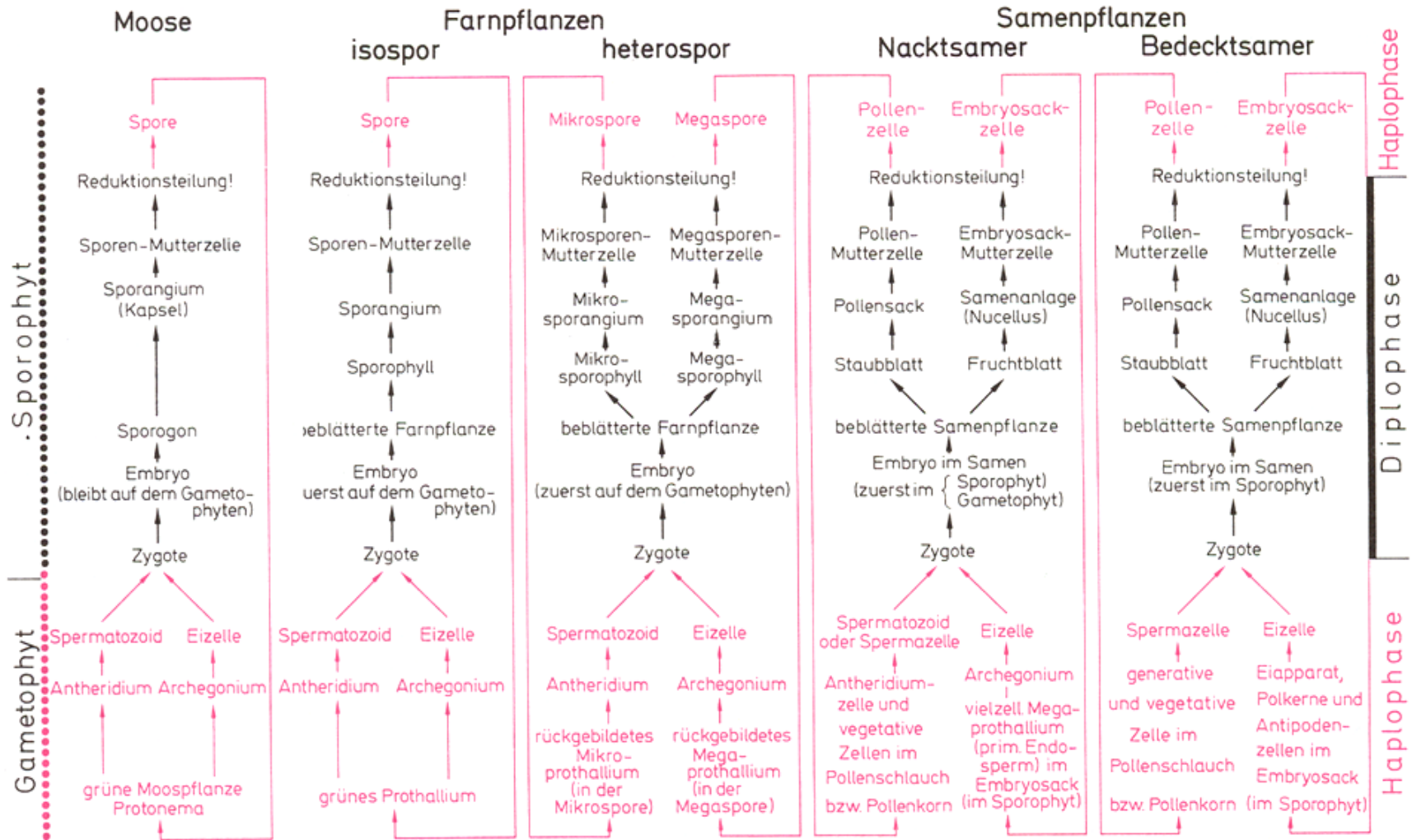


Abb. 11-164: Vergleich des Generations- und Kernphasenwechsels bei den Embryophyta bzw. Cormobionta. Dargestellt sind die Verhältnisse bei den Moosen, iso- und heterosporen Farnpflanzen sowie den Samenpflanzen. Homologe Entwicklungsphasen, Fortpflanzungszellen und -organe stehen jeweils auf gleicher Höhe (vgl. dazu auch Abb. 11-108, 11-128, 11-137, 11-165).