

CYKLE ROZWOJOWE ROŚLIN

Bliskie spotkania z biologią

dr Barbara Waldon-Rudzionek
Zakład Botaniki, Instytut Biologii Środowiska



Rozmnażanie – proces wytwarzania nowych osobników organizmów żywych w celu zachowania gatunków.

Rozmnażanie może być:

- **generatywne** (płciowe, seksualne), jeśli biorą w nim udział wyspecjalizowane komórki rozrodcze (gamety), dając organizmy o informacji genetycznej pochodzącej od 2 osobników.
- **wegetatywne** (bezpłciowe, aseksualne), kiedy powiela się jeden organizm roślinny, dając zbiór klonów o identycznej informacji genetycznej.

Nowy organizm powstaje po połączeniu się gamet (**1n**) i utworzeniu zygoty (**2n**). **Proces łączenia gamet = zapłodnienie, syngamia.**

Zygota zawiera informację genetyczną od obu osobników (organizmów) rodzicielskich.

Każda gameta niesie inną informację genetyczną, co prowadzi do **syngamii krzyżowej**, która zapewnia zmianę struktury genetycznej potomstwa w porównaniu do obydwóch organizmów rodzicielskich, jest jednocześnie **źródłem zmienności organizmów** oraz **zmian ewolucyjnych**.

Syngamia krzyżowa zapewnia powstawanie nowych kombinacji genów i jest ważnym czynnikiem zapewniającym **adaptowanie się** gatunków do zmieniających się warunków środowiska.

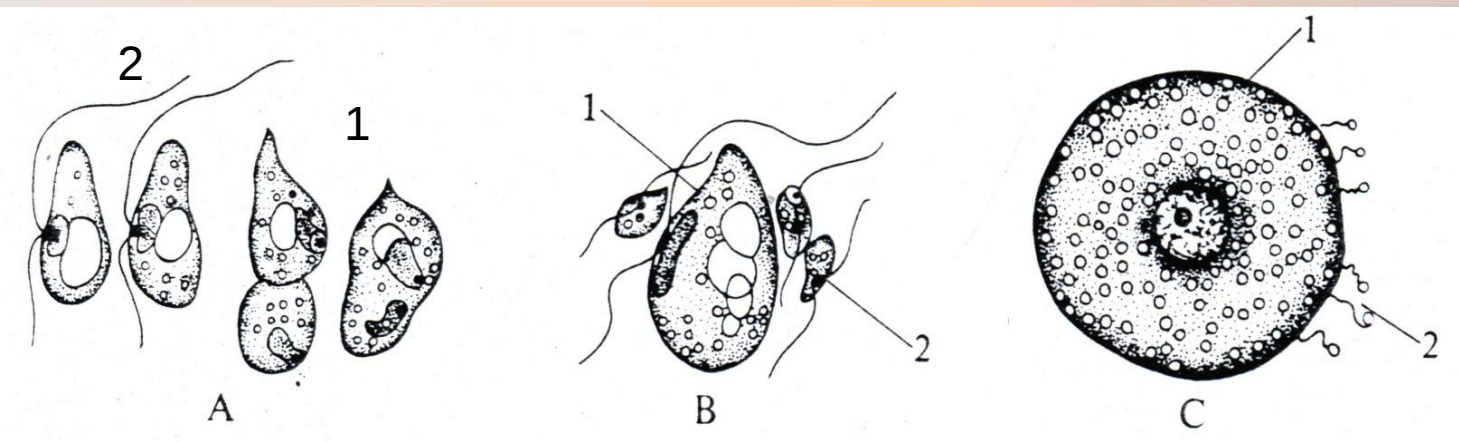
Syngamia = zapłodnienie, rodzaje

Kariogamia – połączenie **jąder** i przekazanie informacji genetycznej

Plazmogamia – połączenie się **cytoplazmy** gamet

Izogamia - gamety są **tej samej** wielkości

Heterogamia – gamety są **różnej** wielkości. Heterogamia może się odbywać w środowisku wodnym – **anizogamia** lub na organizmie matecznym - **oogamia**



1 – gamety żeńskie
2 – gamety męskie,
w oogamii plemniki

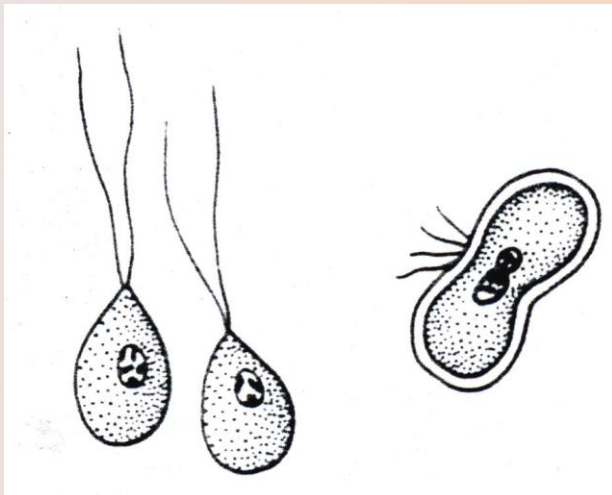
Jasnowska i in. Botanika

A – izogamia, B – anizogamia, C – oogamia

Izogamia

Gamety są tej samej wielkości, różnią się jedynie fizjologicznie: jedno uważa się za **męskie (+)** drugie za **żeńskie (-)**. Obydwie gamety są ruchliwe, a proces syngamii zachodzi w środowisku wodnym.

Izogamia występuje u licznych gatunków glonów, niższych grzybów i jednokomórkowych organizmów zwierzęcych.



Izogamia zielenic na przykładzie gałązkatki
(***Cladophora***)

Heterogamia

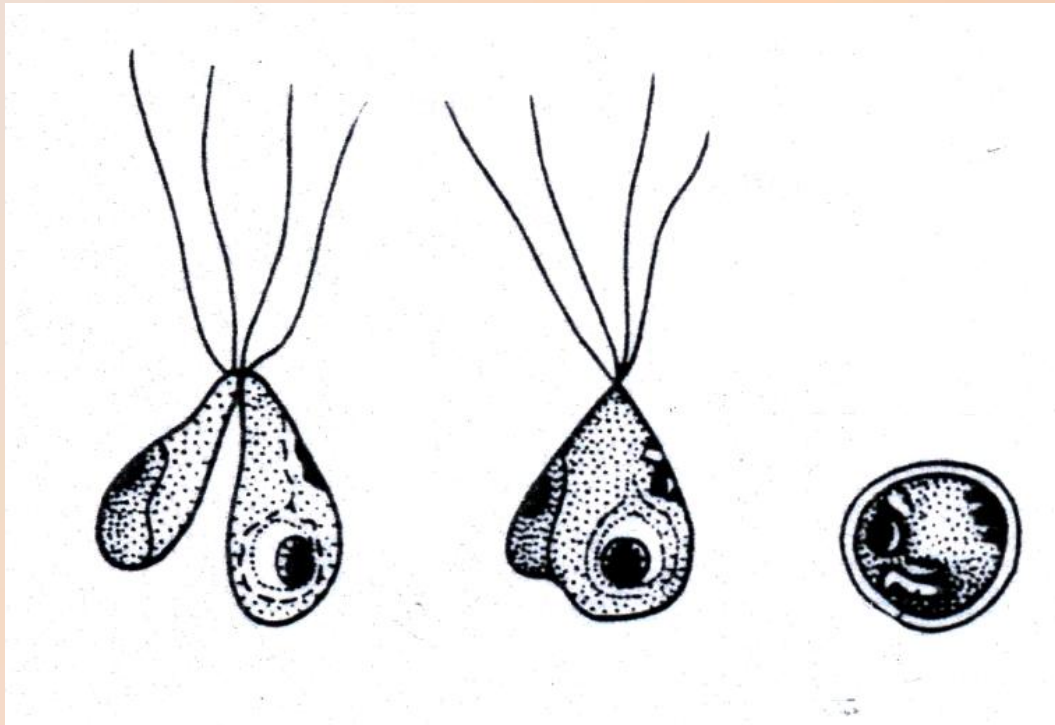
Gameta **żeńska** (-) jest większa (makrogameta, makrospora, megaspora);

Gameta **męska** (+) jest mała (mikrogameta, mikrospora). Ze względu na położenie i wielkość komórek żeńskich wyróżnia się anizogamię i oogamię.

Pod nazwą **heterogamia** rozumie się także kojarzenie się odmiennych genotypowo osobników tego samego gatunku. Przeciwnieństwem jest **homogamia** - w przypadku roślin dotyczy to **samozapylenia** co może prowadzić do **samozapłodnienia (wsobności)**.

Anizogamia

Syngamia poza organizmem wytwarzającym gamety, zwykle w środowisku wodnym. Obydwie gamety są ruchliwe.



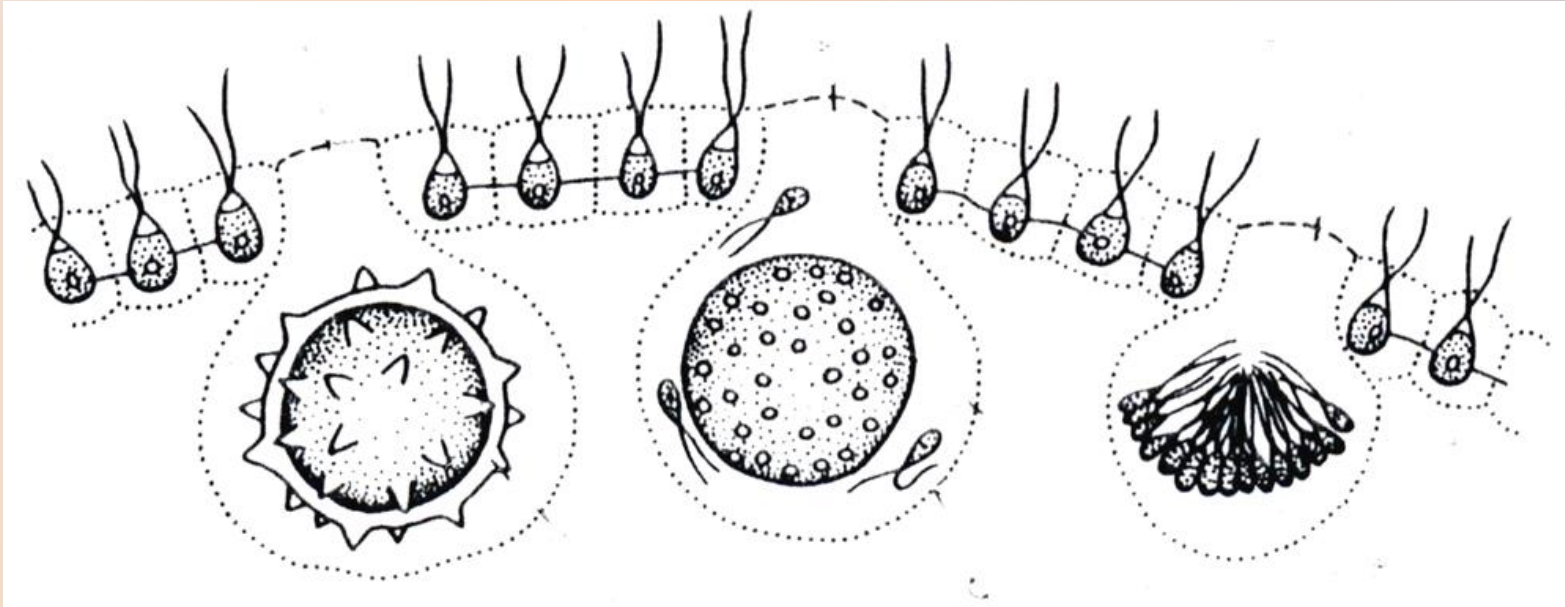
Jasnowska i in. Botanika

Anizogamia glonu

Oogamia

Gameta żeńska nie opuszcza organizmu rodzicielskiego, jest utożsamiana z komórką jajową. Zawiera zwykle substancje zapasowe pozwalające na szybki rozwój zygoty po syngamii. **Komórki męskie – plemniki** mogą być słabo ruchliwe, np. u roślin kwiatowych do komórki jajowej docierają w **łagiewce pyłkowej**.

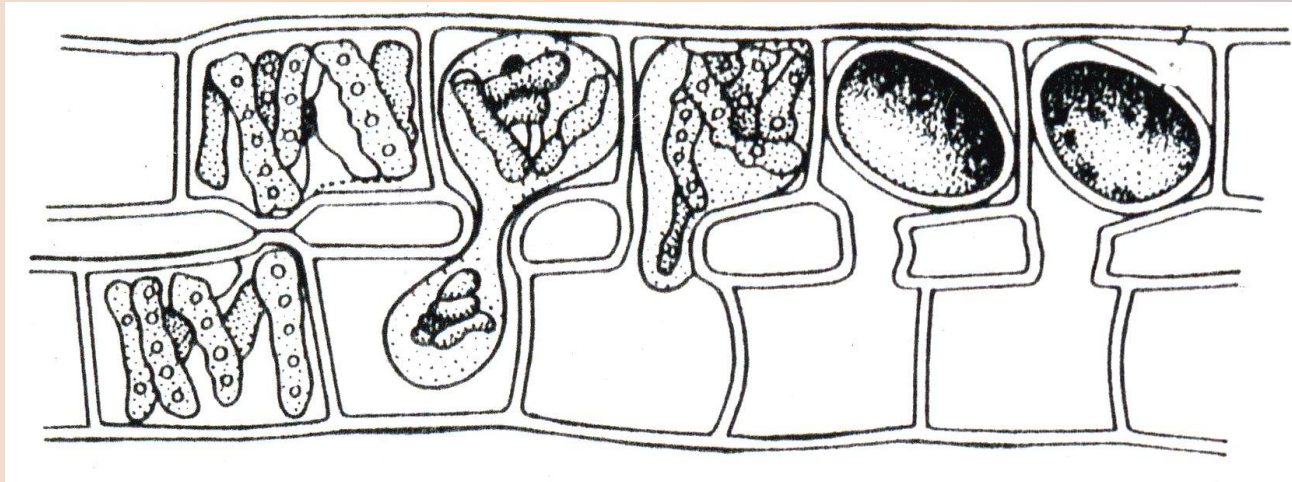
Komórka jajowa wykształcana jest w rodniach, a męska w plemniach. Wyjątkiem są rośliny okrytozalążkowe, u których brak jest plemni i rodni.



Oogamia toczka (**Volvox**)

Autogamia (automiksja) - samozapłodnienie

1. Rozmnażanie płciowe polegające na łączeniu się gamet powstających z **tej samej komórki**. U roślin spotykane bardzo rzadko, np. u okrzemek.
2. **Samozapylenie (i samozapłodnienie)** u roślin kwiatowych.
3. **Koniugacja (endomiksja)** - biorą udział całe komórki organizmów rodzicielskich, najczęściej jednokomórkowych, np. bakterii, niekiedy glonów i grzybów. Nie dochodzi do powstawania nowych osobników, a jedynie do przekazania sąsiadującym komórkom materiału genetycznego.



Jasnowska i in. Botanika

Koniugacja skrzętnicy (***Spirogyra*** sp.)

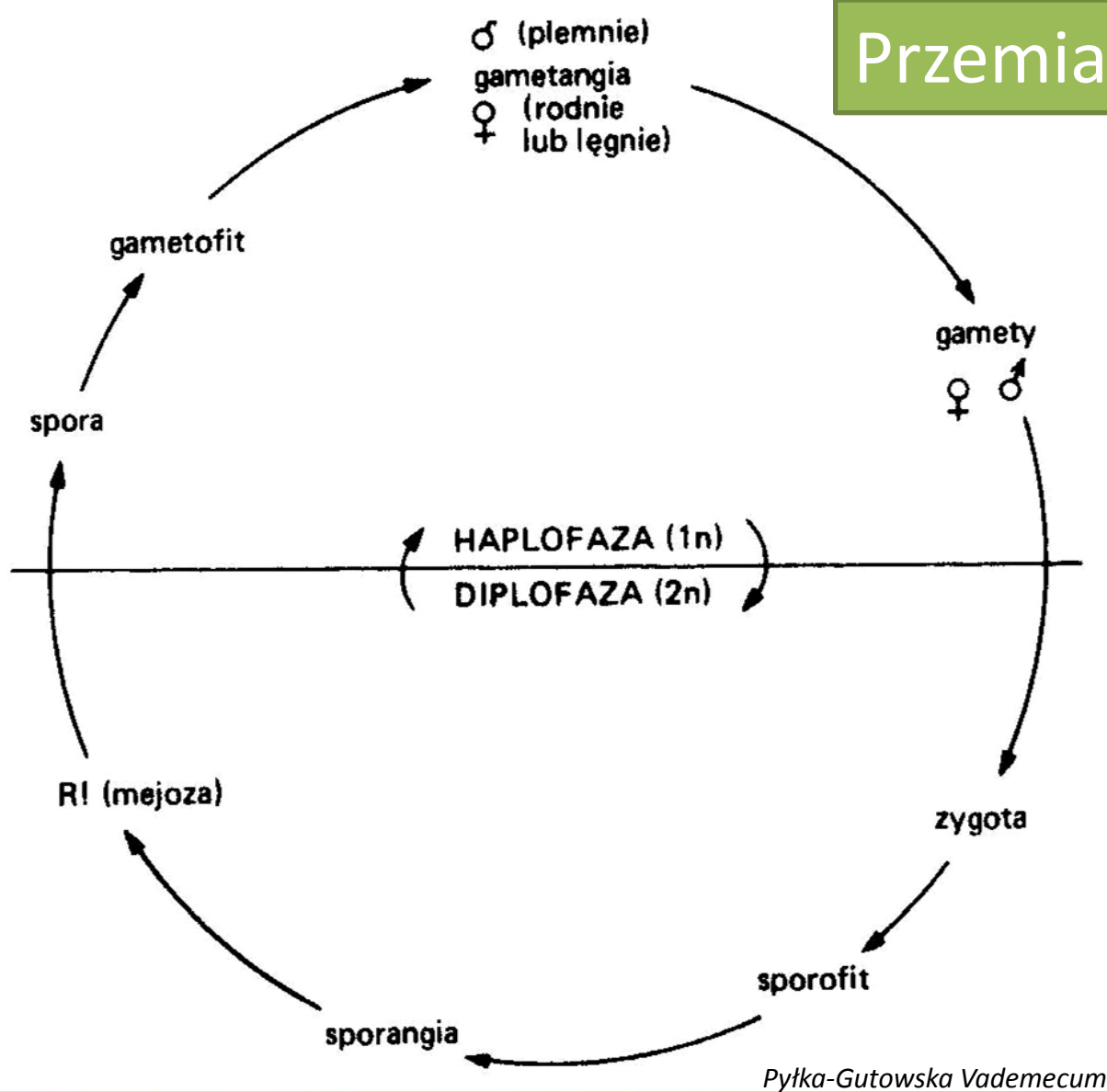
Przemiana pokoleń (metageneza)

Cykl życiowy w rozmnażaniu generatywnym roślin, złożony jest z dwóch pokoleń: haploidalnego (płciowego) **gametofitu** ($1n$) i diploidalnego (bezpłciowego) **sporofitu** ($2n$).

Gametofit wytwarza **gamety** na drodze **mitozy**. Gamety są haploidalne ($1n$), przez ich połączenie powstaje diploidalna ($2n$) **zygota**, z której wykształca się **sporofit**.

Sporofit wytwarza **spory** (zarodniki) na drodze **mejozy** (podział redukcyjny) – **mejospory** ($1n$).

Przemiana pokoleń u roślin



Po połączeniu **gamet** (plemnika i komórki jajowej) powstaje diploidalna **zygota**, czyli początkowe stadium **sporofitu (2n)**. Po dojrzeniu na sporoficie powstają **sporangia**, a w nich w wyniku **mejozy (R!)** haploidalne **spory**; z każdej haploidalnej spory powstanie **gametofit (1n)**.

Typy przemiany pokoleń

Izomorficzna przemian pokoleń - kolejne pokolenia (gametofit i sporofit) nie różnią się morfologicznie, tylko liczbą chromosomów i sposobem rozmnażania; występuje głównie u glonów.

Heteromorficzna przemiana pokoleń - kolejne pokolenia (gametofit i sporofit) różnią się, oprócz liczby chromosomów i sposobu rozmnażania, również morfologicznie. Jedno z pokoleń wyraźnie dominuje nad drugim, które jest redukowane do niewielkiego, krótkożyjącego organizmu; występuje obecnie u większości protistów.

Typy przemiany pokoleń

Izomorficzna: brunatnice

G – gametofit; S – sporofit,
R! – mejoza; Z! – zapłodnienie

Heteromorficzna:

a – brunatnice

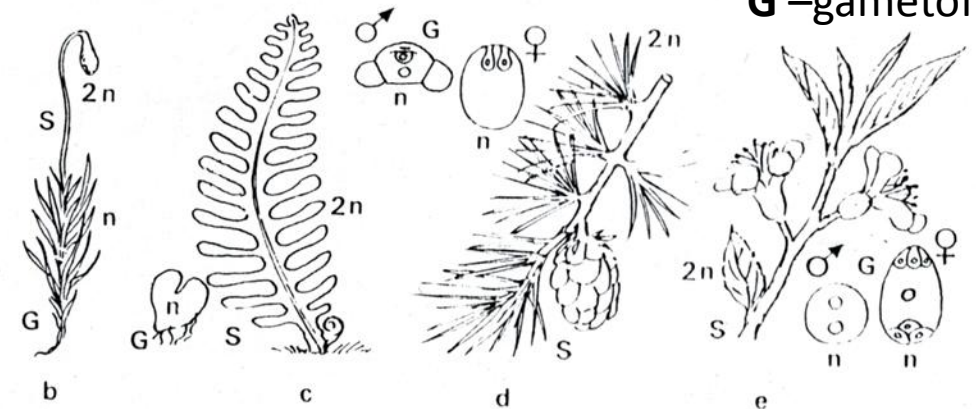
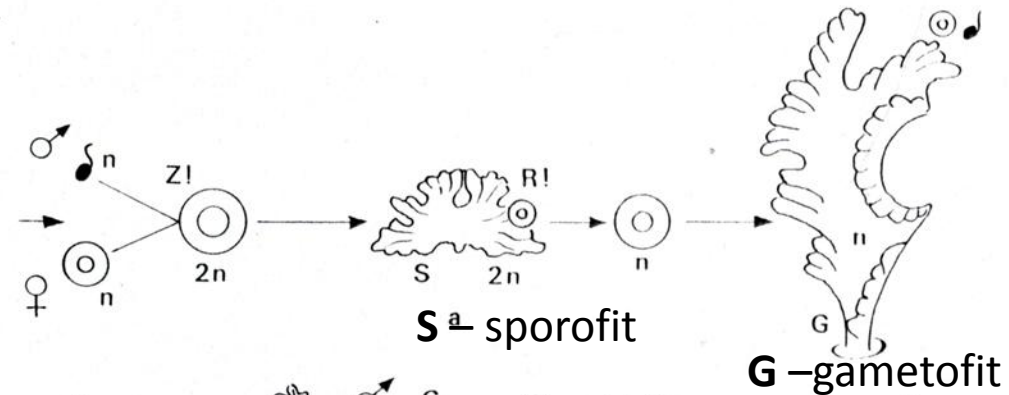
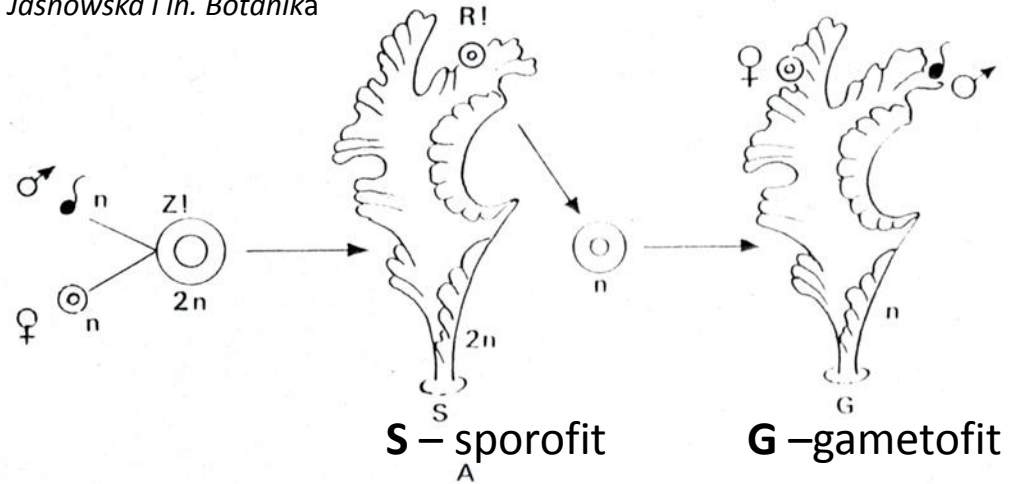
b – mszaki

c – paprotniki

d – nagozalążkowe

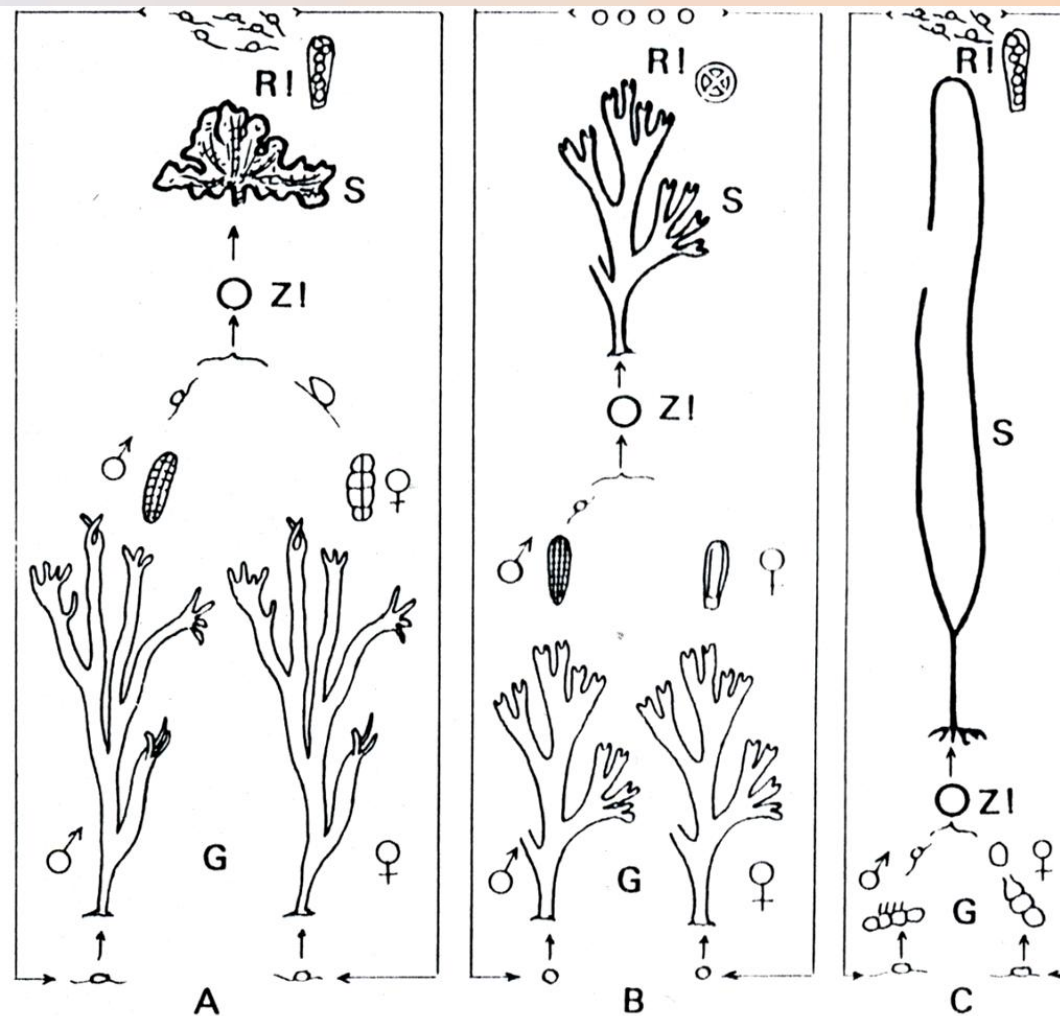
e – okrytozalążkowe

Jasnowska i in. Botanika



Przemiana pokoleń - glony

Przemiana pokoleń bardzo zróżnicowana, izomorficzna, heteromorficzna z przewagą gametofitu bądź sporofitu.



A – ***Culteria*** – przewaga gametofitu

B – ***Dictyota*** – przemiana izomorficzna

C – ***Laminaria*** – przewaga sporofitu

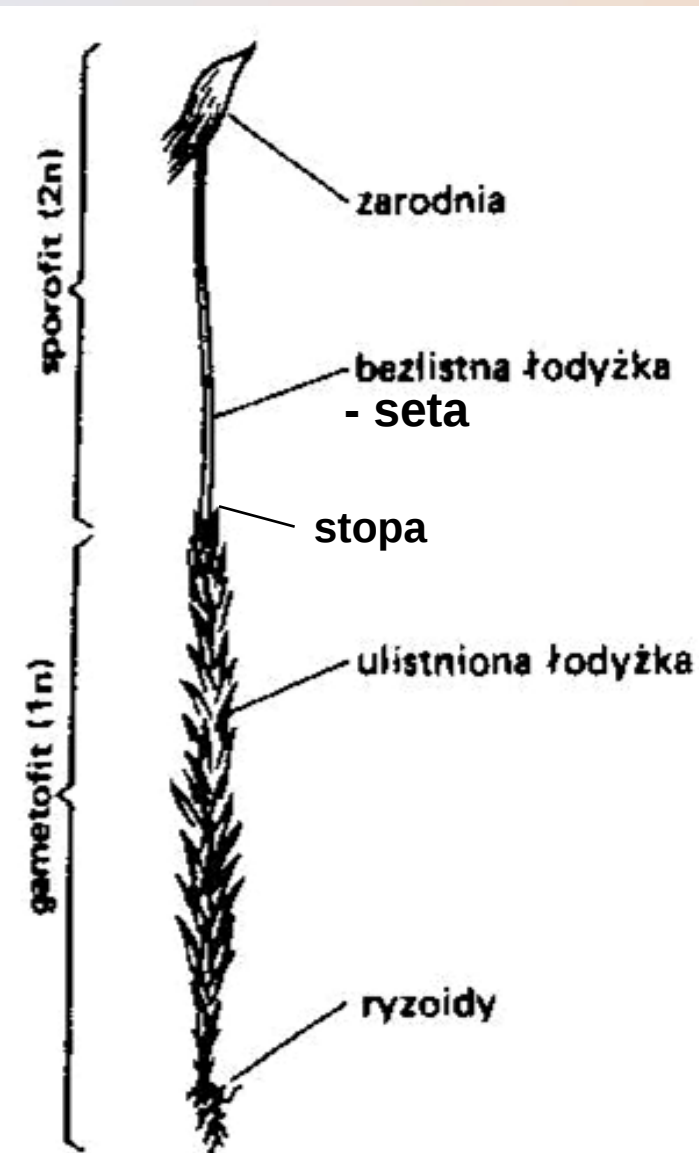
G – gametofit,

S – sporofit

R! – mejoza

Z! – zapłodnienie (syngamia)

Przemiana pokoleń – mszaki



Pyłka-Gutowska Vademecum

Gametofit (1n) to pokolenie dominujące; kiełkuje z zarodnika tworząc początkowo **splątek**, z którego rozwijają się **gametofory**, składające się z **osi** (łodyżki) i osadzonych na niej **listków**, a w podłożu umocowują się za pomocą **chwytników**. Jest wieloletnią, zieloną rośliną samożywną. Przyrasta przez wiele okresów wegetacyjnych.

Sporofit (2n) jest rośliną cudzożywną, zredukowaną, rozwija się na gametoficie, zamiera dość szybko.



Bielistka sina *Leucobryum glaucum*

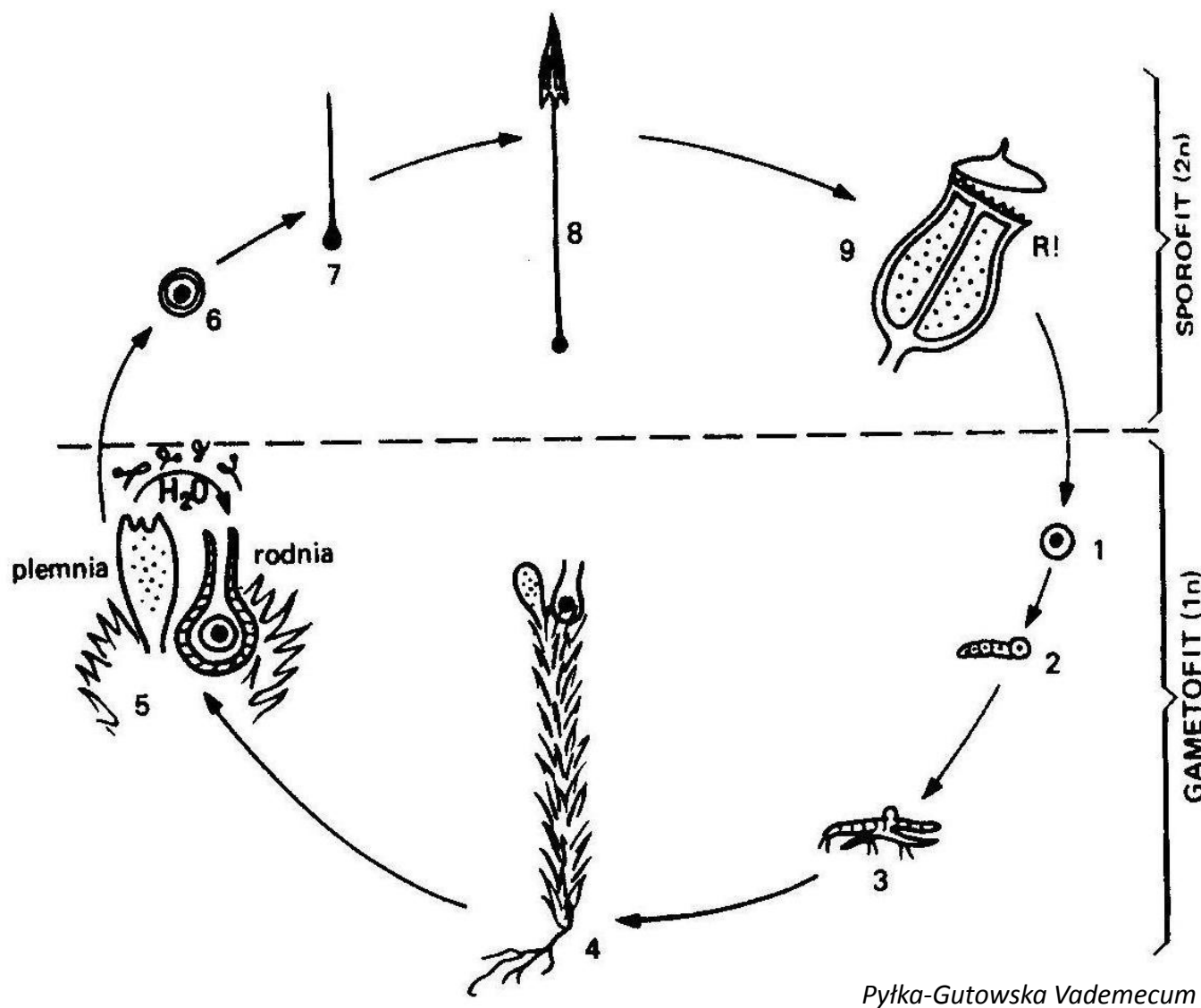
A close-up photograph of moss sporophytes. The image shows numerous green, capsule-like structures (spores) attached to thin, brownish stems. The background is dark, making the green moss stand out. The word "sporofity" is written in red text in the upper right area of the image.

sporofity

Prętnik włosowaty *Bryum capillare* Fot. Li Zhang



Płonnik pospolity *Polytrichum commune*



- 1 – zarodnik
- 2 – podziały mitotyczne
- 3 – spletek
- 4 – ulistniona łodyga
- 5 – gametangia męskie i żeńskie
- 6 – zygota
- 7,8 – bezlistny sporofit
- 9 - zarodnia

Cykl rozwojowy mchu jednopiennego – rodnia i plemnia na tym samym gametoficie

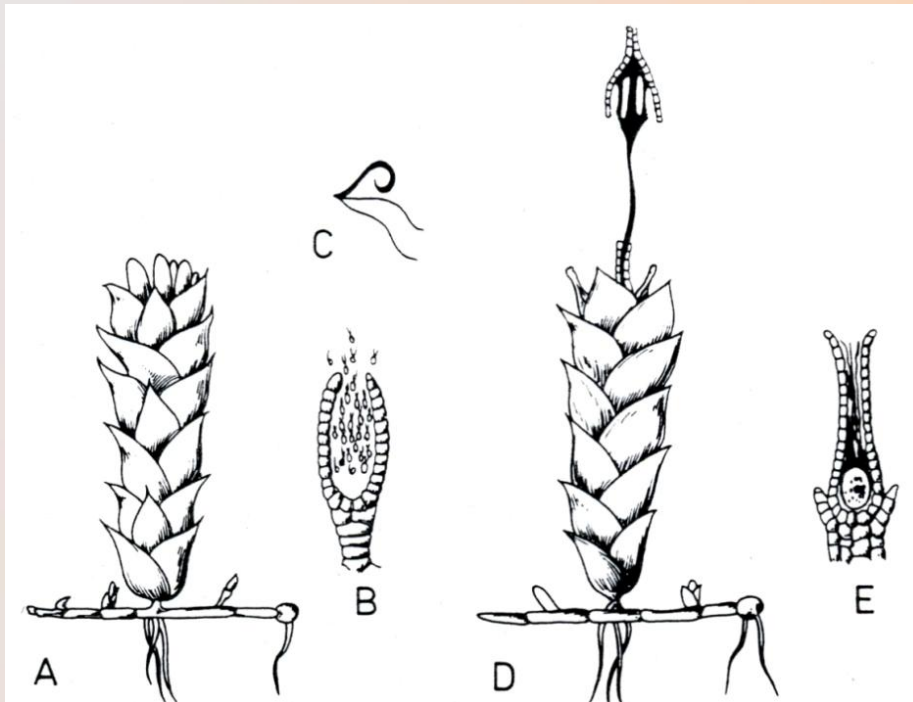
Zapłodnienie odbywa się tylko w obecności wody! - oogamia

Cykl rozwojowy mchu dwupiennego – gametofit zróżnicowany na męski i żeński

męski → plemnie → plemniki

Zarodnik → splątek → gametofit

żeński → rodnie → komórki jajowe



Szwejkowscy Botanika

A – gametofit męski

B – plemnica

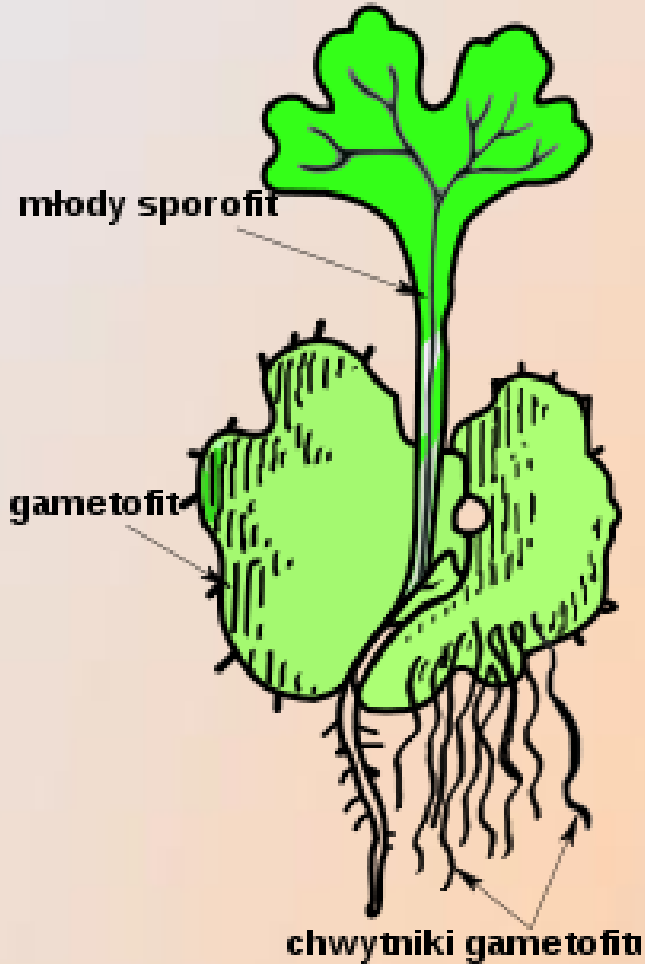
C – plemnik

D – gametofit żeński ze sporofitem

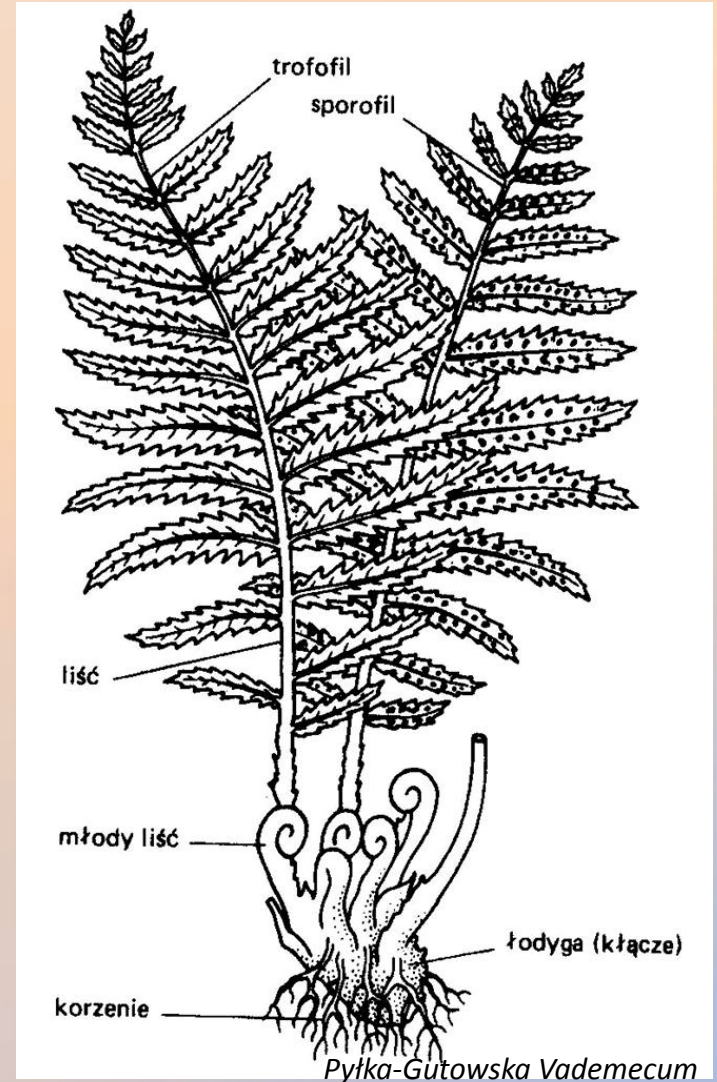
E – dojrzała rodnia

Zarodniki nie różnią się morfologicznie!

Przemiana pokoleń – paprocie



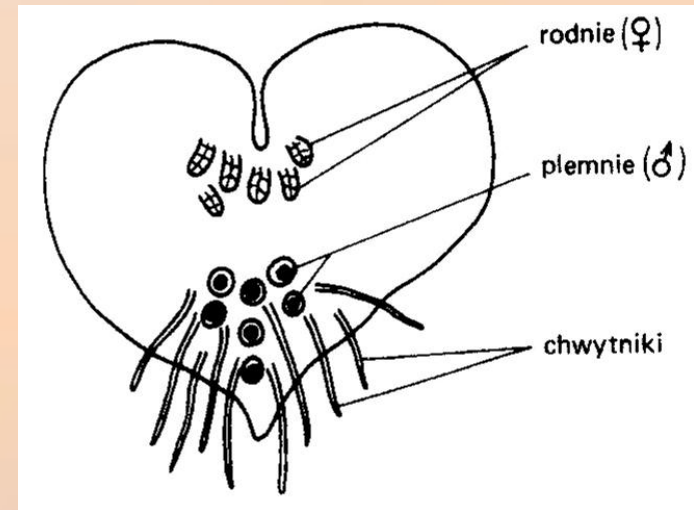
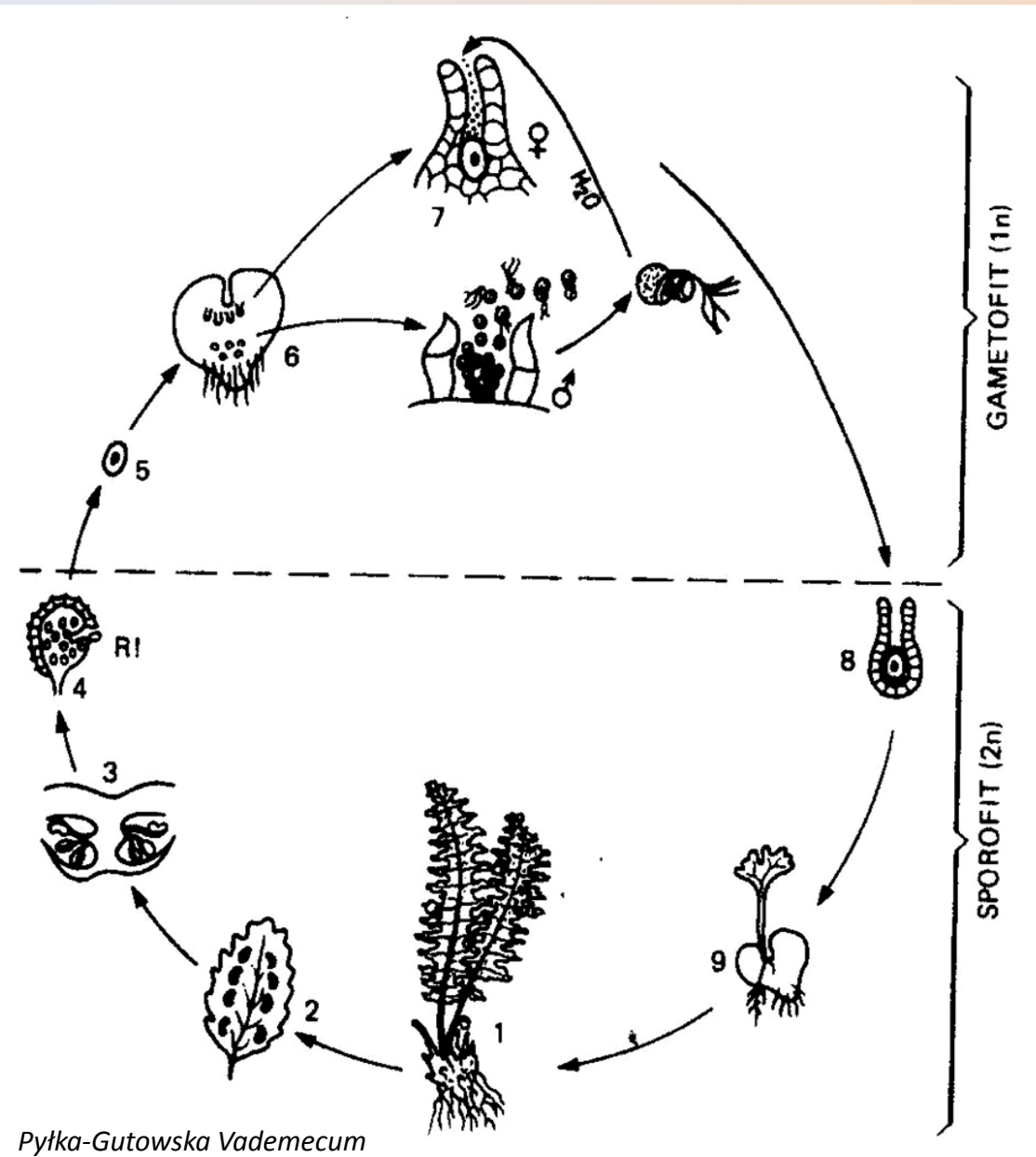
Gametofit - samożywny, zwykle nieduży
i nietrwały - **przedrośle**



Narecznica samcza

Sporofit – pokolenie dominujące:
sporofile – liście zarodnikowe,
trofofile – liście asymilacyjne

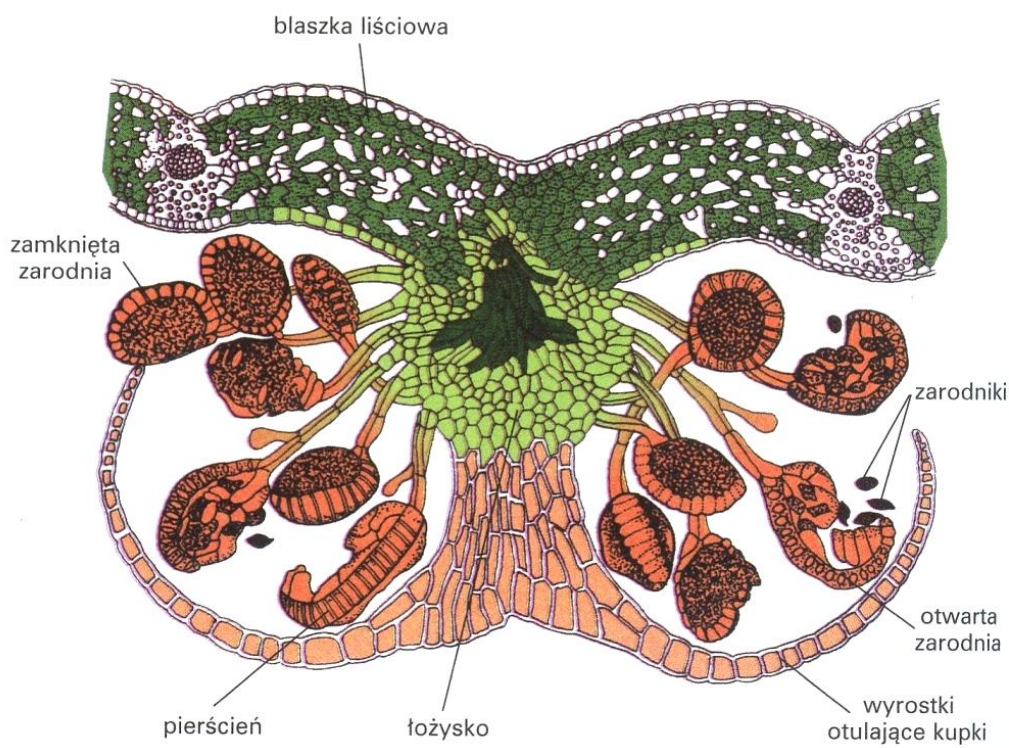
Cykl rozwojowy paprotnika jednakozarodnikowego - narecznica samcza



Budowa przedrośla (**gametofitu**) obupłciowego u narecznicy.

Jeśli rodnie i plemnie występują osobno – **są rozdzielнопłciowe**.

Gametofit rozmnaża się płciowo w wyniku oogamii zachodzącej w obecności wody!



Szwejkowscy Botanika

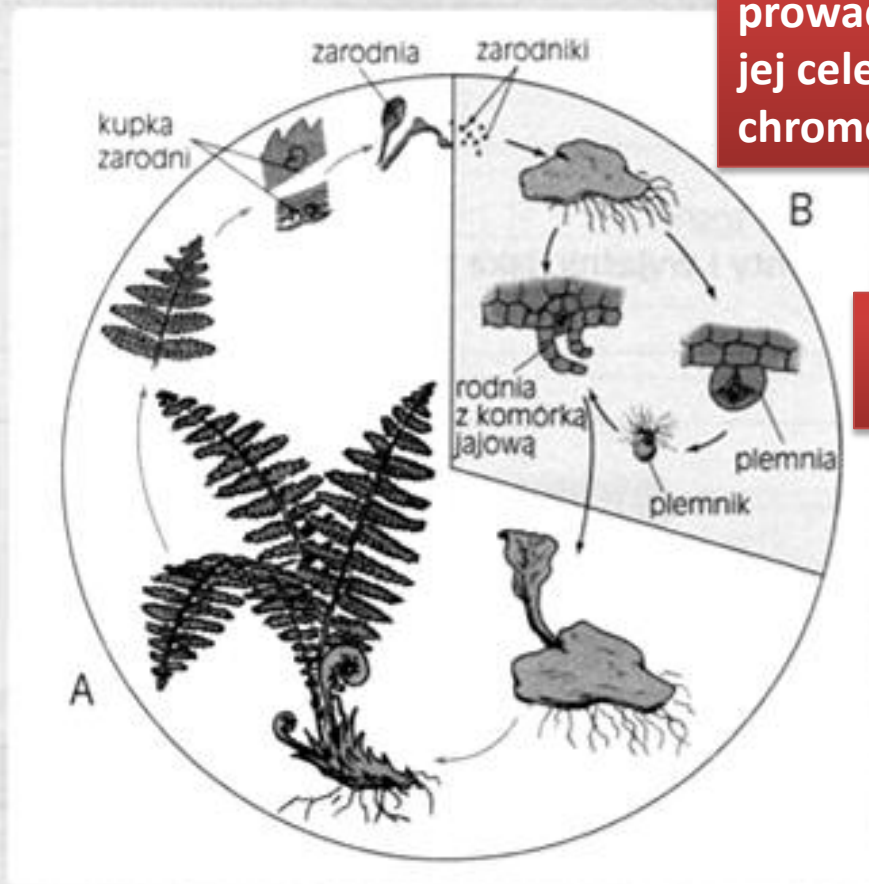
Kupki zarodnionośne paproci (sorus)



Kielkujące wiosną przedrośle paproci

Informacja do zadań 1 i 2

Rysunek przedstawia schemat cyklu rozwojowego paproci.



Mejoza zachodzi w zarodni i prowadzi do powstania zarodników, jej celem jest redukcja liczby chromosomów z $2n$ do $1n$

W obecności wody ruchliwe plemniki przepływają do rodni!

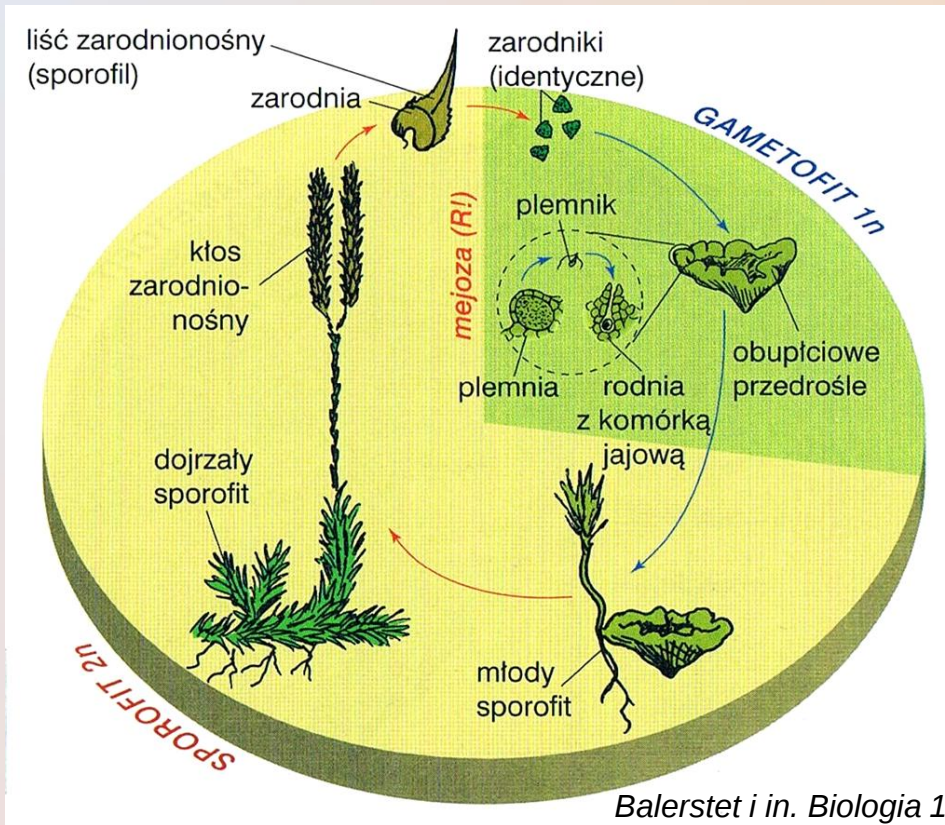
1. Określ, która część cyklu przypada na sporofit, a która na gametofit.

A – **sporofit**

B – **gametofit**

2. Określ, który etap cyklu zachodzi tylko w obecności wody oraz w którym momencie zachodzi mejoza.

Widłaki jednakozarodnikowe – widłak goździsty



<https://www.google.pl>

W zarodniach po mejozie powstają **jednakowe zarodniki**. Ich przedrośla są **jednopienne** – tworzą rodnie i plemnice. Po zapłodnieniu (**w wodzie**) z zygoty wyrasta nowa łodyżka sporofitu. Cykl ten może trwać teraz **nawet 25 lat!** Sporofit dominuje (2n) gametofit jest pokoleniem krótkotrwałym (1n).

widłak goździsty *Lycopodium clavatum*



Widłak wroniec *Lycopodium selago* – zarodnie znajdują się w kątach liści

Widłaki różnozarodnikowe - widliczka

- 1 – mikrospora
- 2 – makrospora
- 3 – przedrośle męskie
- 4 – przedrośle żeńskie
- 5 – sporofit
- 5 – kłos zarodnionośny
- 7 – mikrosporangia
- 8 - makrosporangia



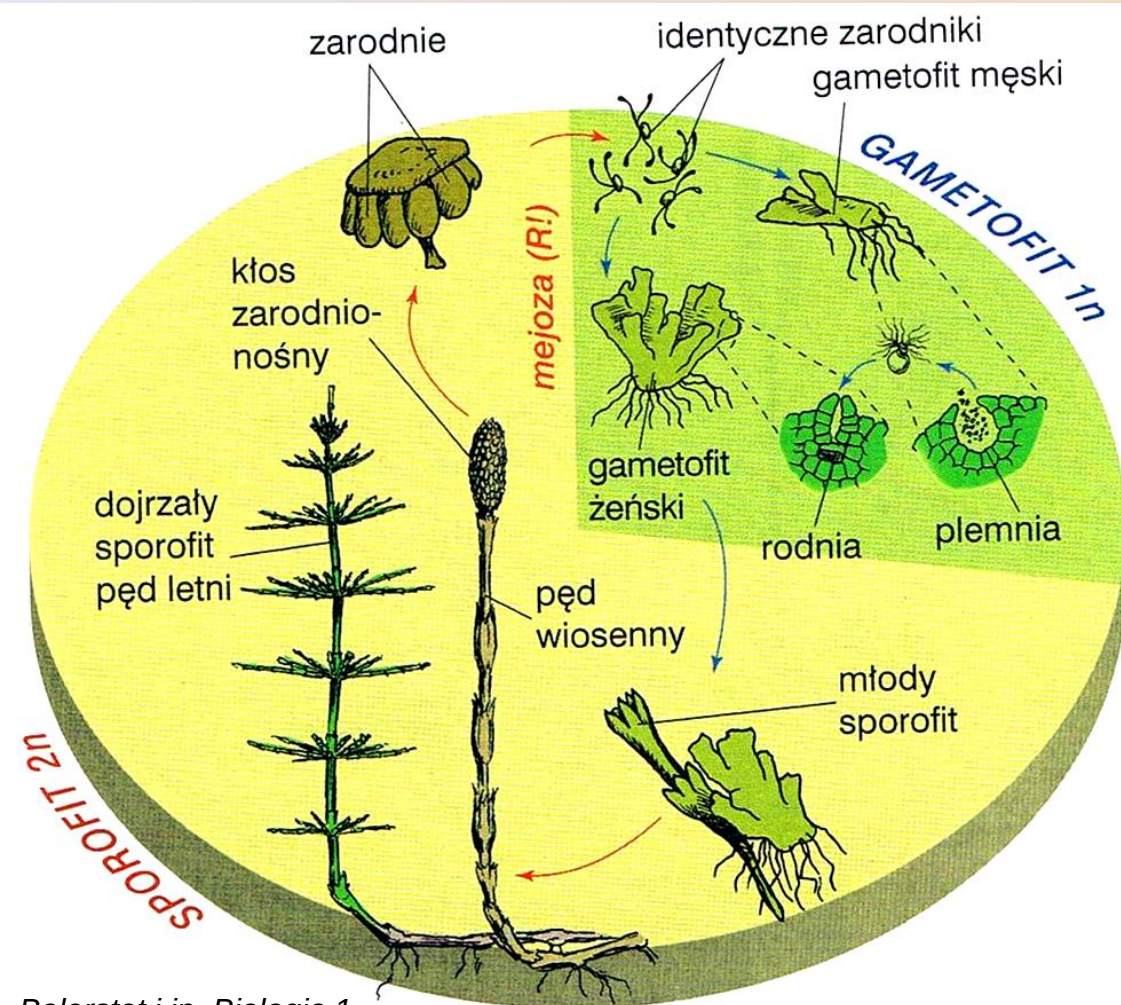
Fot. A. Boratyński

widliczka ostrozębna *Selaginella selaginelloides*

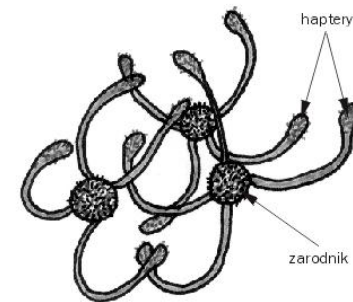
Zarodniki różnią się morfologicznie!
Plemniki łączą się z komórką jajową w obecności wody – oogamia!

Pyłka-Gutowska Vademecum

Przemiana pokoleń – skrzypy



Z **zygoty** **2n** rozwija się **sporofit** **2n** (czasem dwa pędy - wiosenny i letni). W **zarodniach** (sporangiach) powstają **zarodniki** (spory) zaopatrzone w **sprężyce** lub **haptery**. Zarodnie znajdują się pod sporofilami (rodzaj liści). **Gametofit** jest drobny, ale zielony.



Balerstet i in. Biologia 1

Wszystkie współczesne skrzypy są **jednakozarodnikowe**. Gametofit to pokolenie **krótkotrwale (1n)** sporofit **dominujące (2n)**. Do zapłodnienia dochodzi w obecności wody.

Porównanie cykli życiowych mszaków i paprotników

Podobieństwa:

- rozmnażają się przez zarodniki,
- proces płciowy zawsze w obecności wody – **oogamia**,
- gamety powstają w gametangiach; żeńskie to **rodnia**, a męskie – **plemnia**.

Różnice:

	Mszaki (mchy, wątrobowce)	Paprotniki (paprocie, widłaki, skrzypy)
Dominujące pokolenie	Płciowe - gametofit	Bezpłciowe - sporofit
Młody gametofit	Splątek	Przedrośle
Odżywianie	Sporofit – cudzożywny Gametofit - samożywny	Sporofit – samożywny Gametofit – przeważnie samożywny
Zarodniki	Jednakowe	Jednakowe i różne

Rośliny zarodnikowe a rośliny nasienne

Aromorfoza – proces ewolucyjny polegający na osiągnięciu przez daną grupę organizmów pewnych cech, dzięki którym podnoszone są na wyższy poziom: organizacja zewnętrzna i wewnętrzna oraz czynności życiowe.

W przypadku nasiennych takie cechy to:

- wytworzenie **nasion** (formy przetrwalnikowej sporofitu, bardziej odpornej niż zarodniki)
- wyspecjalizowane **organy** (korzenie, łodygi, liście)
- organ generatywny – **kwiat** służący do rozmnażania płciowego
- powstanie **owocu** jako organu osłaniającego nasiona (tylko u okrytonasiennych)
- **uniezależnienie rozmnażania od obecności wody dzięki wykształceniu łagiewki pyłkowej**
- **silna redukcja gametofitu (mikroskopowa wielkość), niezdolnego do samożywnej odżywiania się i tworzącego ze sporofitem nierozdzielalną całość**
- powstanie wyspecjalizowanych **tkanek**

Nagozależkowe - sosna zwyczajna

Sosna zwyczajna jest rośliną **jednopienną**, tzn. że kwiaty męskie i żeńskie rosną na jednym osobniku. Sporofit to dojrzała roślina drzewiasta. Sosna zaczyna kwitnąć między 20 a 30 rokiem życia.



Wiosną, w maju na niektórych pędach pojawiają się strobile (kwiatostany) żeńskie w postaci czerwonych szyszek i męskie w postaci żółtego kłosa.

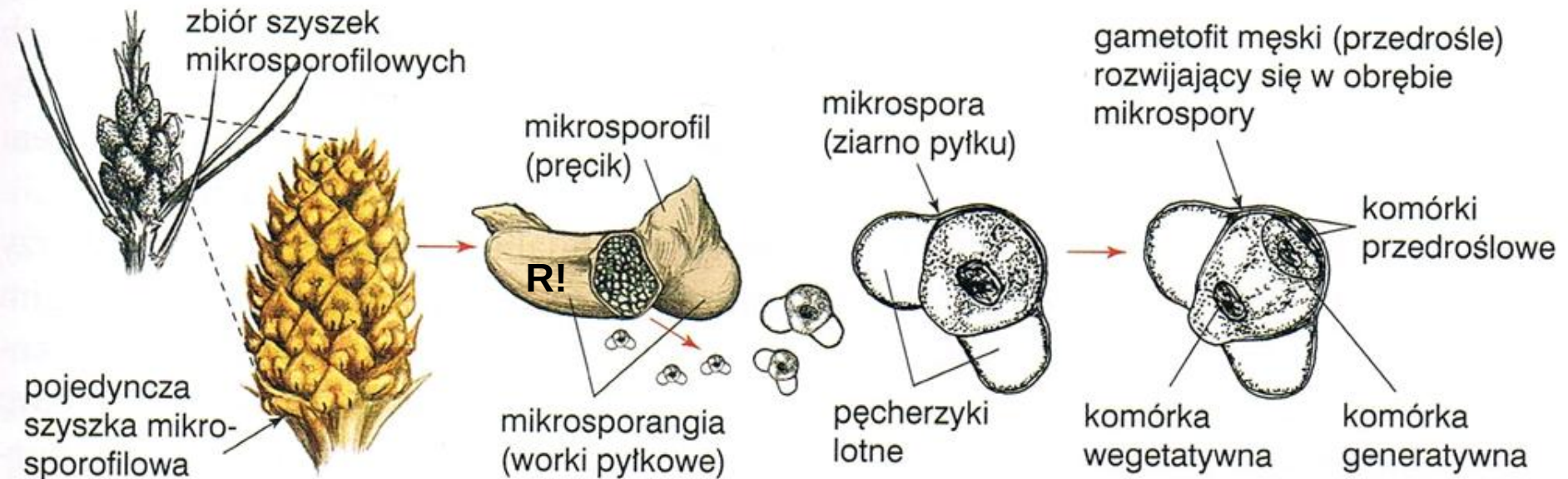


Fot. A. Boratynski



Kwiaty sosny przystosowane są do wiatropylności!

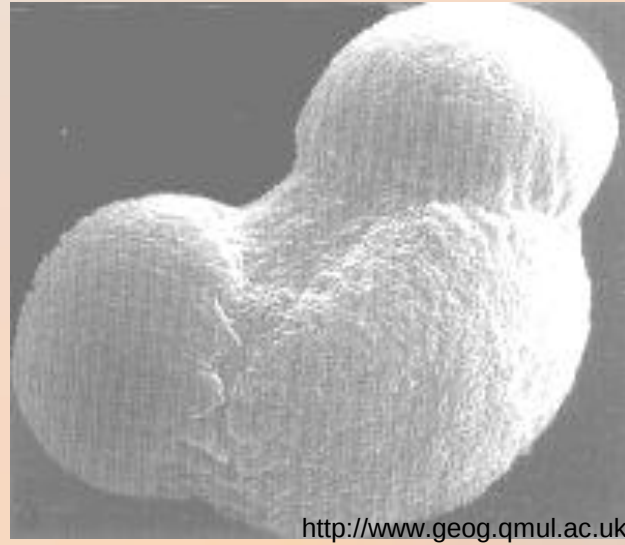
Gametofit męski



Balerstet i in. Biologia 1

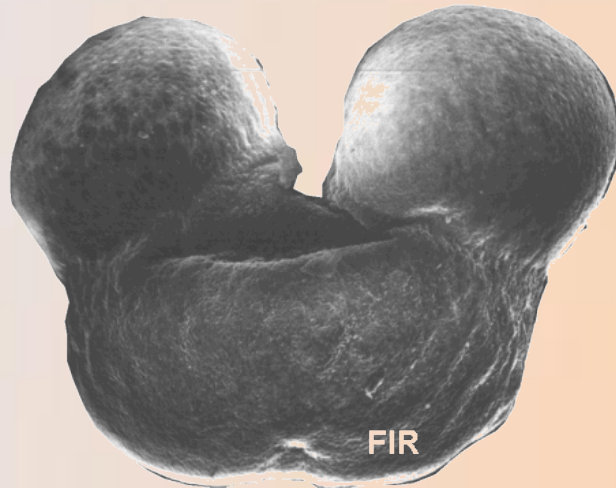
Pojedyncze szyszki tworzone są przez mikrosporofile. Każdy taki liść zarodnionośny – **pręcik** ma podczipione **2 worki pyłkowe**, w których powstają mikrospory czyli **ziarna pyłku**. Tu rozwija się **gametofit męski** – składa się z kilku szybko zamierających komórek przedroślowych oraz komórki **wegetatywnej** i **generatywnej**. Worki powietrzne ułatwiają roznoszenie przez wiatr.

Pyłek nagozalążkowych, zdjęcia SEM

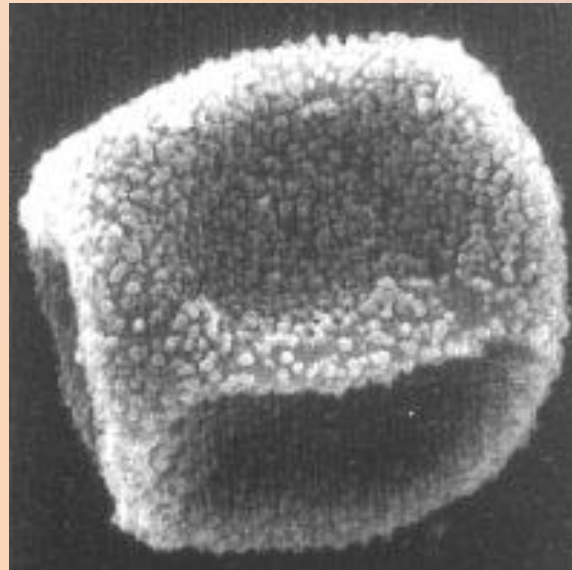


sosna zwyczajna

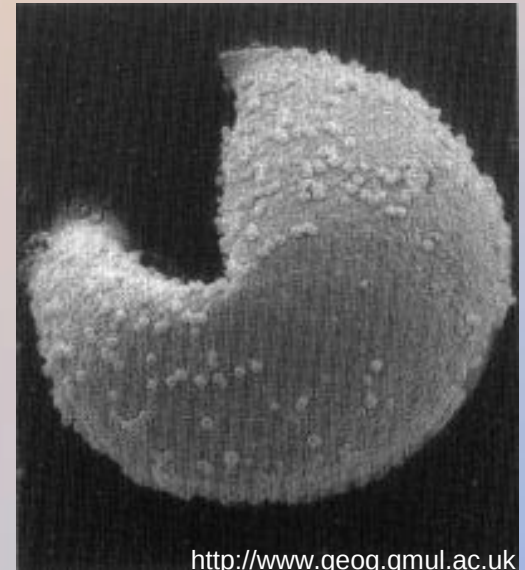
<http://www.geo.arizona.edu>



jodła jednobarwna

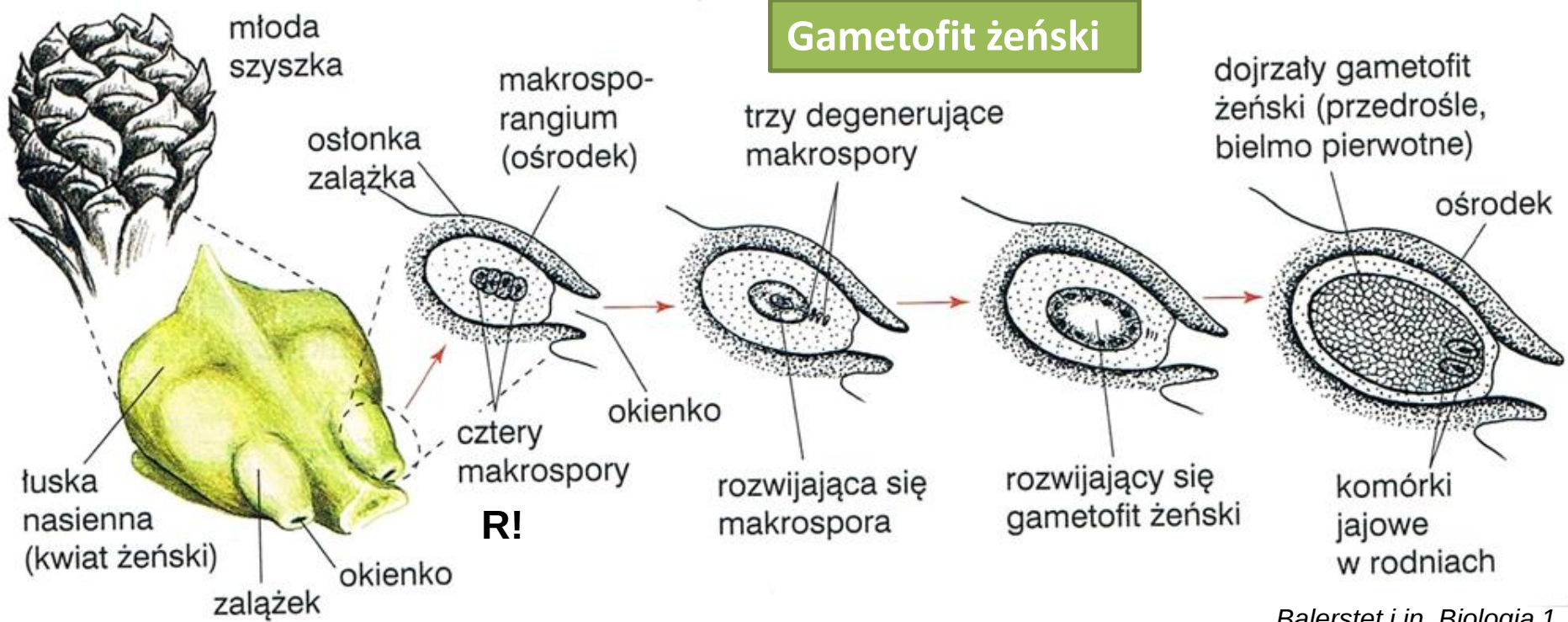


cis pospolity



jałowiec zwyczajny

Gametofit żeński



Balerstet i in. Biologia 1

Kwiat żeński sosny to łuska nasienna z 2 zalążkami. **Zalążek** składa się z ośrodka, 1 osłonki i okienka.

Wewnątrz rozwijają się 4 komórki – makrospory, 3 degenerują a jedna rozwija się w **przedrośle żeńskie** będącego gametofitem żeńskim, w którym występują 2 rodnie z komórkami jajowymi. Reszta gametofitu wykształca się jako tkanka spichrzowa – bielmo pierwotne.

Kosodrzewina *Pinus mugo*



Makrostrombyle w trakcie
percepcji pyłku



Po zapyleniu

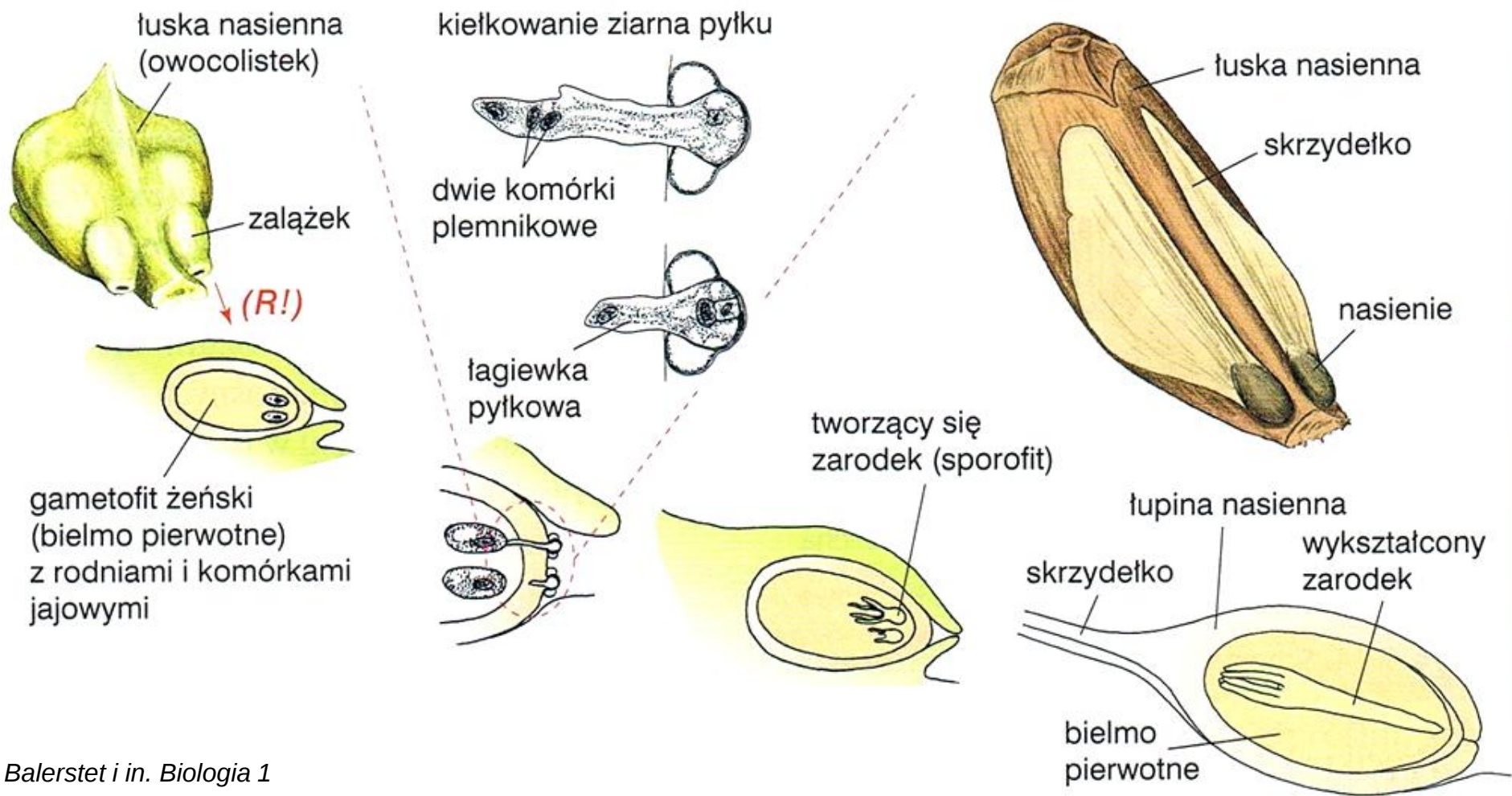
Fot. A. Boratyński

**Ziarno pyłku niesione przez wiatr trafia na
okienko zalążka – zapylenie**



Fot. A. Boratyński

Sosna zwyczajna – makrostrobile po zapyleniu



Komórka wegetatywna ziarna pyłku tworzy **łagiewkę pyłkową** i wrasta do jednej z dwóch komórek jajowych.

Komórka generatywna dzieli się tworząc 2 komórki plemnikowe (bez aparatu ruchu). Jedna z nich łączy się z komórką jajową – **zygota**. Z niej powstanie młody sporofit, czyli **zarodek rośliny**. Zarodek otoczony jest **bielmem** (tkanka odżywcza) powstałym z gametofitu i jest ono **haploidalne (1n)**. Tak powstaje **nasienie leżące na łusce nasiennej – niczym nie osłonięte!**



Balerstet i in. Biologia 1

Proces płciowy jest u sosny niezależny od wody dzięki wykształceniu łagiewki pyłkowej, za pomocą której plemnik dostaje się do komórki jajowej.

Sosna wytwarza nasiona jako organ przetrwalnikowy powstały z zalążka i przystosowany do bytowania w niekorzystnych warunkach (brak wody, mróz). Nasiona posiadają skrzydełko – przenoszenie przez wiatr (wiatropylność).

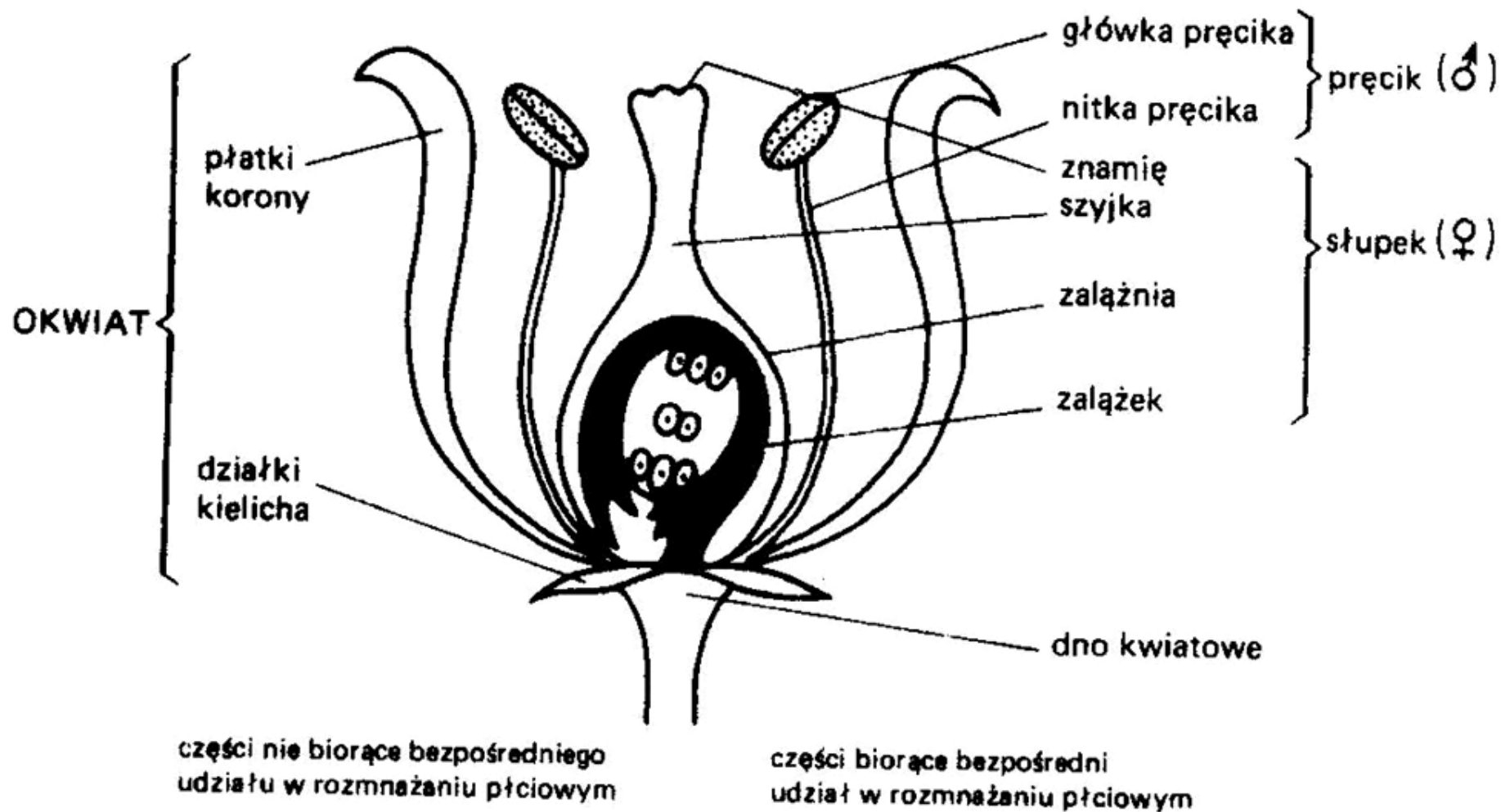


Okrytozalążkowe

Kwiaty – specjalne organy, w których wykształcają się mikrosporangia i odpowiedniki gametofitów żeńskich



Fot. A. Boratyński

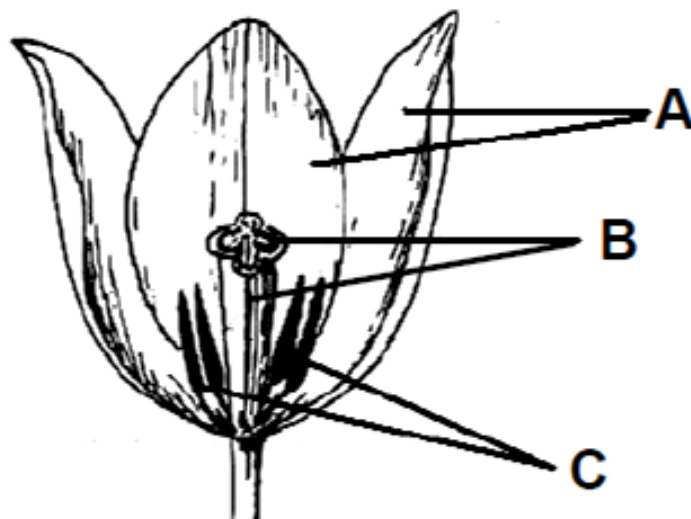


Pyłka-Gutowska Vademecum

Budowa kwiatu obupłciowego

Zadanie 10. (3 pkt)

Na schemacie przedstawiono budowę kwiatu tulipana.

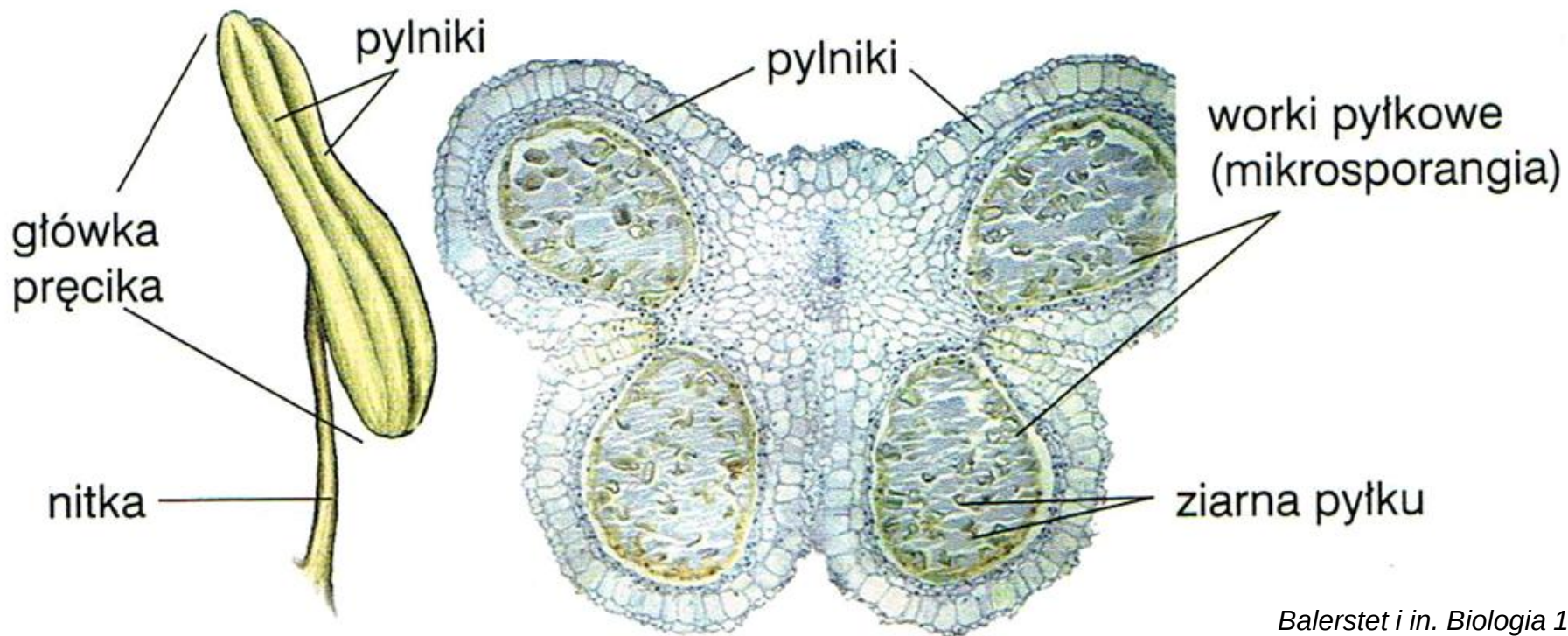


a) Podaj nazwy wskazanych na rysunku (A, B, C) elementów budowy kwiatu tulipana.

A. **listki okwiatu** B. **słupek** C. **pręciki**

b) Podaj, czy kwiaty tulipana są wiatro- czy owadopylne. Uzasadnij odpowiedź jednym argumentem.

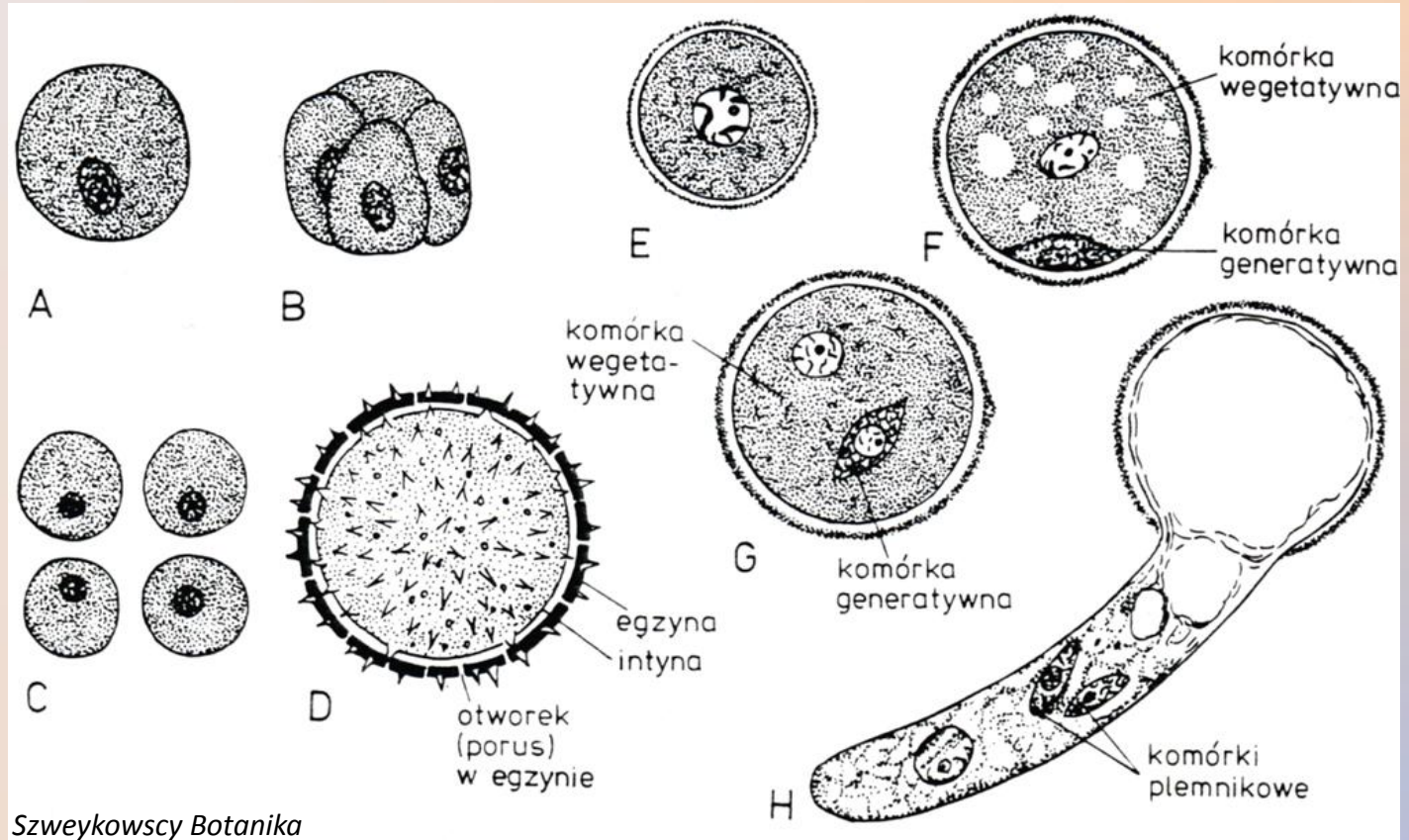
Są owadopylne – mają duże, barwne kwiaty.



Balerstet i in. Biologia 1

Budowa pręcika

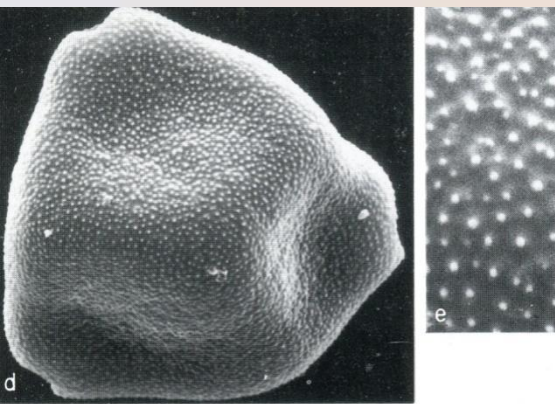
Gametofit męski wykształca się w mikrosporze – **ziarnie pyłku**. Jest zbudowany z 2 komórek, **dużej wegetatywnej i małej generatywnej**. Komórka generatywna, plemnikotwórcza, już w ziarnie pyłku lub w łagiewce pyłkowej dzieli się na 2 komórki plemnikowe.



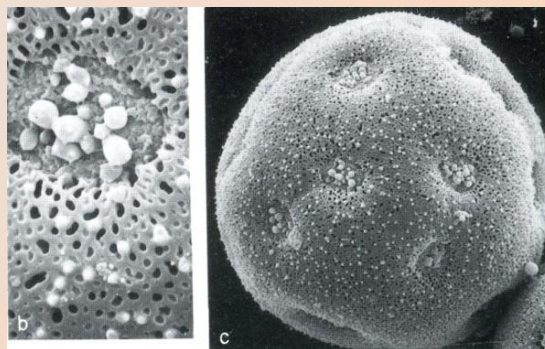
Szwejkowscy Botanika

A – mikrosporocyt, **B-C** – tetrada mikrospor, **D** – ziarno pyłku w otocze z egzyny i intyny, **E-G** – formowanie się komórki wegetatywnej i generatywnej, **H** – rozwój łagiewki pyłkowej z 2 komórkami plemnikowymi wewnątrz

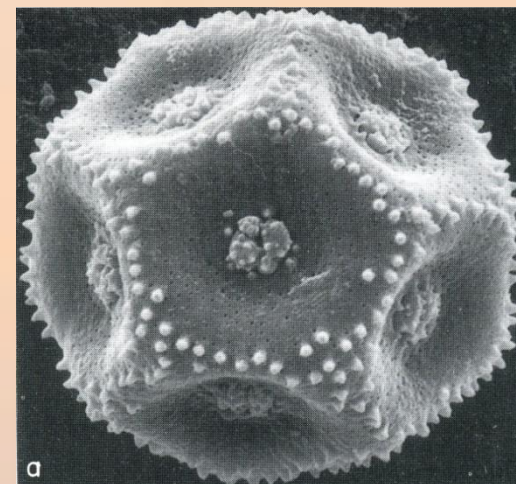
Pyłek okrytozalążkowych, zdjęcia SEM



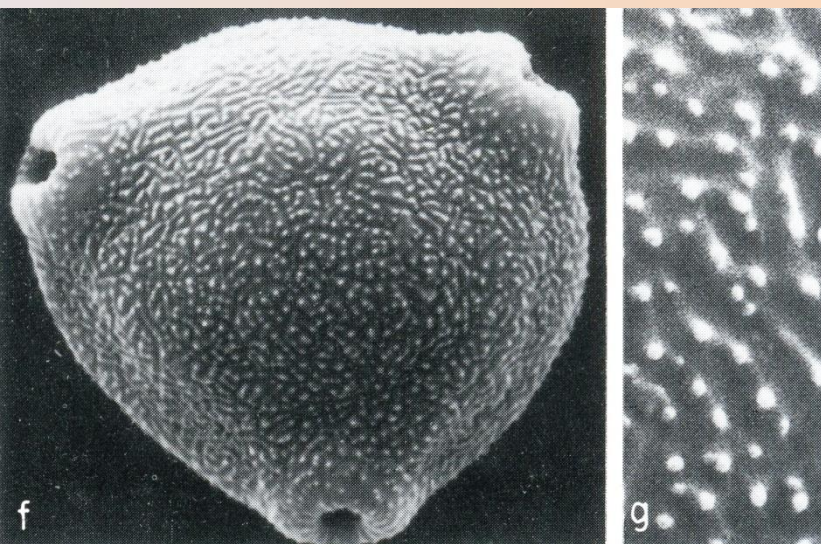
leszczyna pospolita



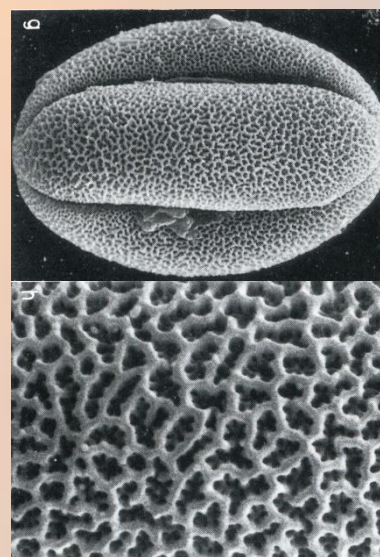
kielisznik



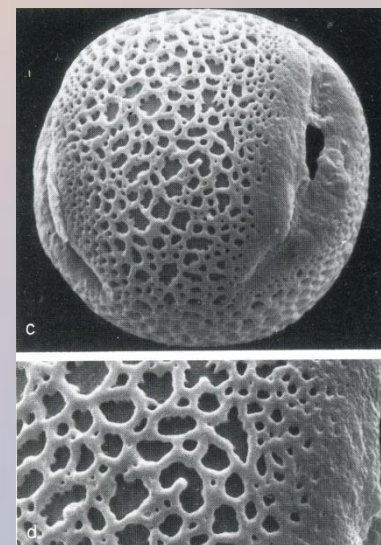
gwiazdnica



brzoza brodawkowata



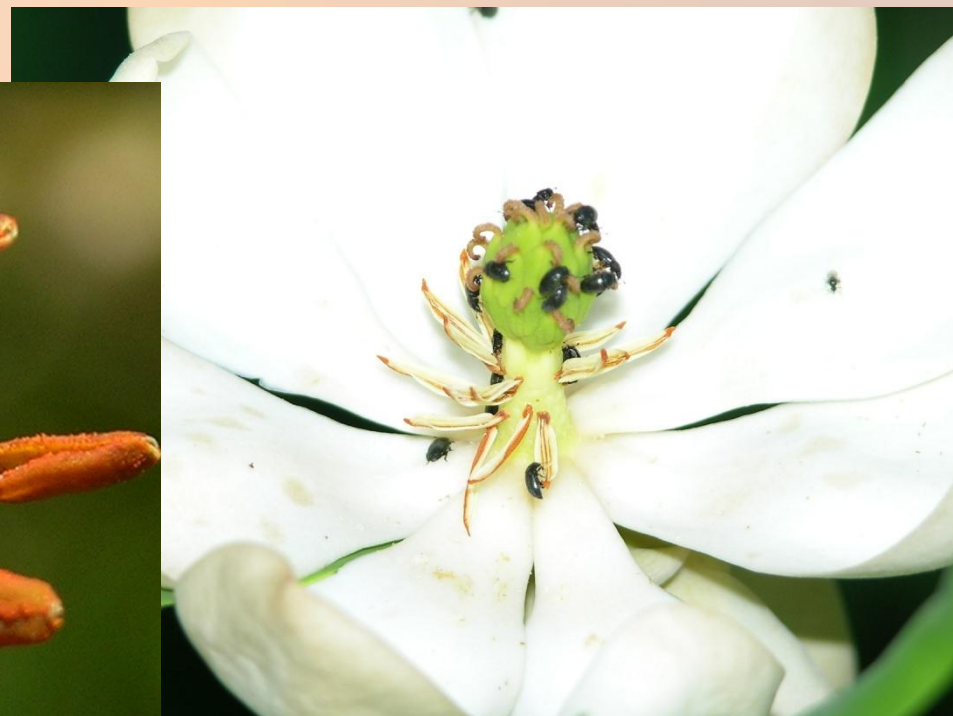
czyściec leśny



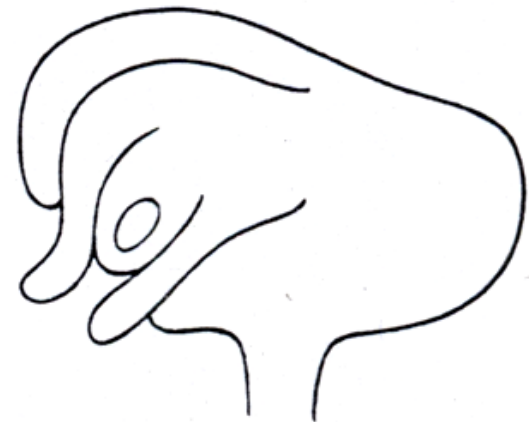
bluszcz pospolity

Okrytozalążkowe

Makrosporofil (megasporofil) przekształcony w **owocolistek**. Owocolistki zrastają się tworząc **założnie słupka**; tylko u pierwotnych okrytozalążkowych są niezrośnięte ze sobą, występują pojedynczo na dnie kwiatowym, tworząc **apokarpiczne słupkowie**.



Makrosporangium (megasporangium) rozwija się w zalążku. **Zalążek** składa się z **ośrodka (nucellus)**, który jest odpowiednikiem makrosporangium. Jest on otoczony dwoma **osłonkami (integumentami)**, które na szczycie tworzą **mikropyle**. Zalążek jest osadzony na **osadce (podstawa, chalaza)** i przymocowany **sznureczkiem** do zalążni (owocolistka).



Szweykowscy Botanika

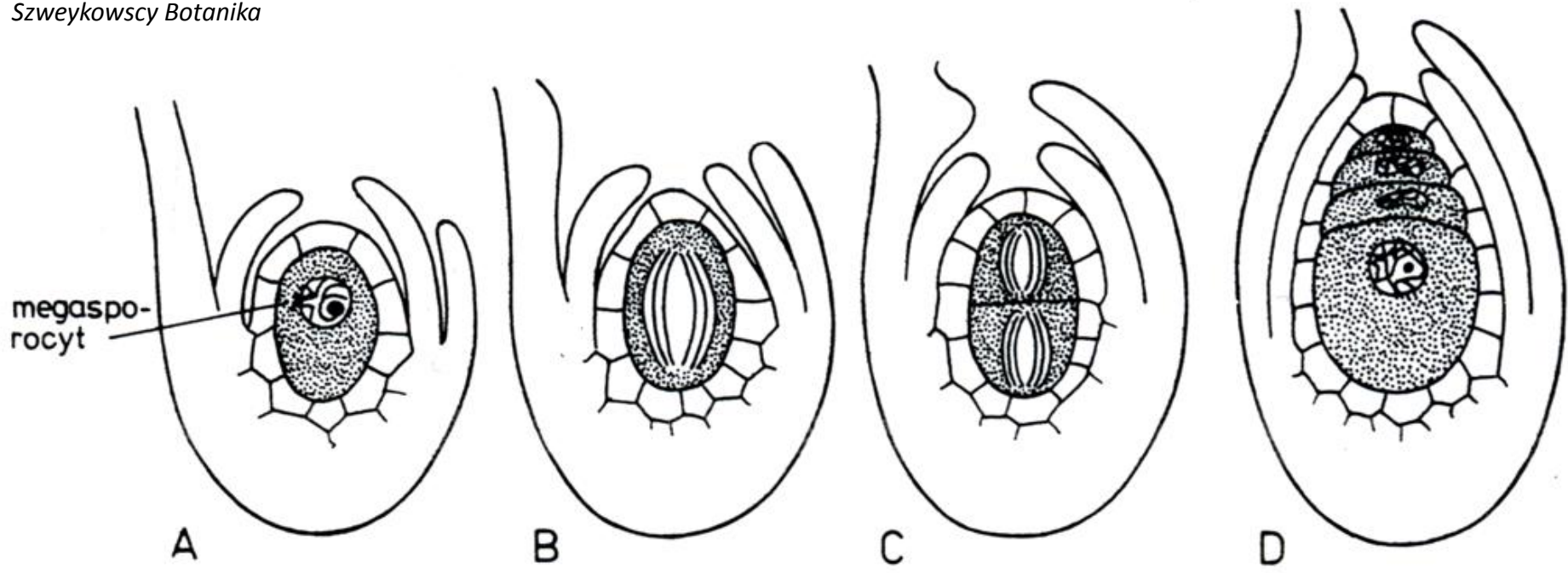
Zalążek ortotropowy

anatropowy

kampylotropowy

Rozwój makrospor i woreczka zalążkowego

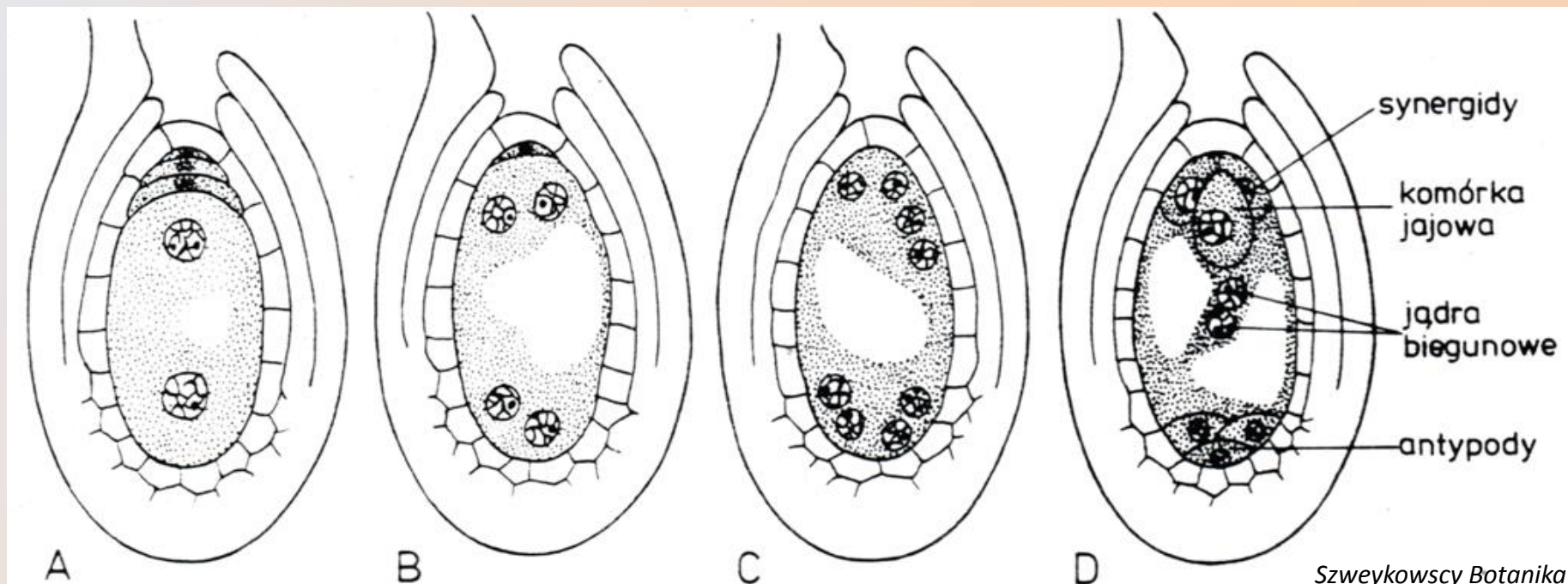
Szweykowscy Botanika



A – powstanie komórki macierzystej makrospor
B – pierwszy podział mejozy

C – drugi podział meiotyczny (diada komórek)
D – tetrada makrospor

Rozwój makrospor i woreczka zalążkowego



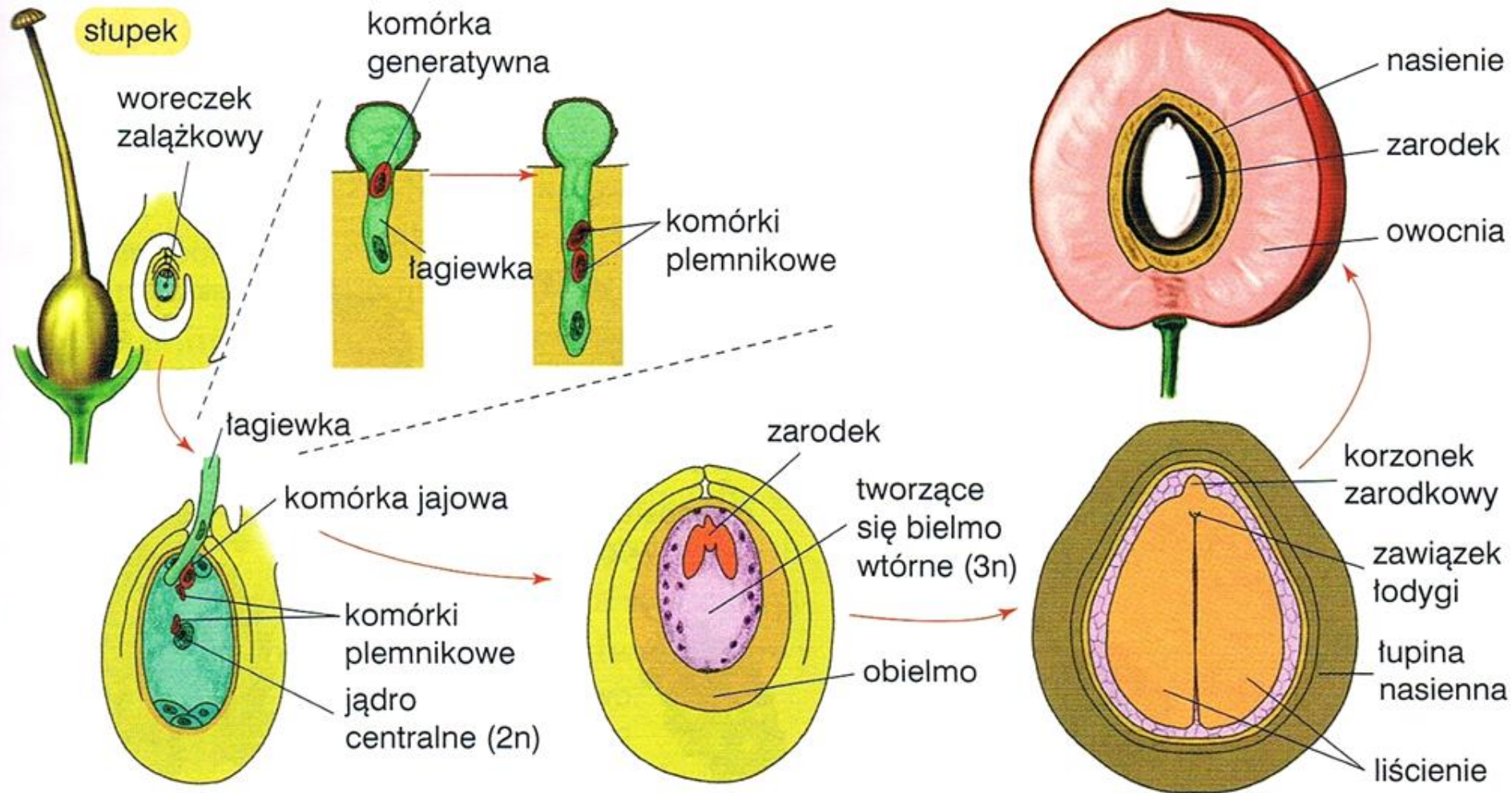
A – woreczek 2-jądrowy

B – woreczek 4-jądrowy

C – woreczek 8-jądrowy

D – woreczek z aparatem jądrowym
– dojrzały gametofit żeński

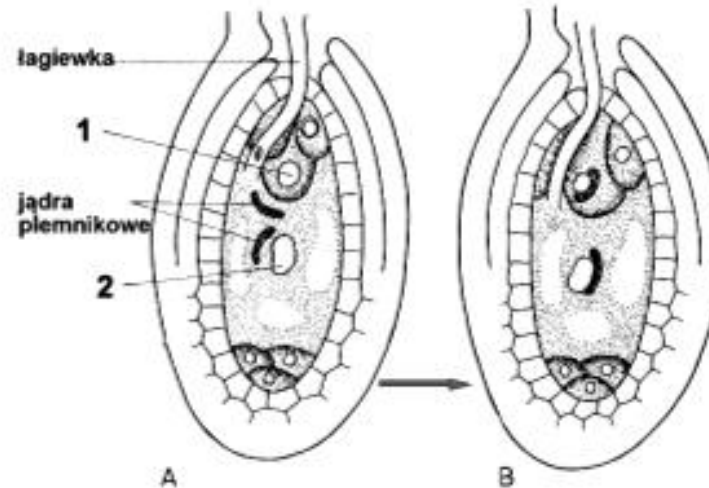
Podwójne zapłodnienie



2010/R

Zadanie 16. (3 pkt)

U roślin okrytozalążkowych występuje podwójne zapłodnienie – zjawisko charakterystyczne tylko dla tej grupy roślin. Na poniższych schematach przedstawiono proces wnikania łagiewki pyłkowej i wprowadzania komórek plemnikowych do woreczka zalążkowego.



a) Podaj nazwy elementów woreczka zalążkowego oznaczonych na schemacie A cyframi 1 i 2.

1. **komórka jajowa** 2. **komórka centralna**

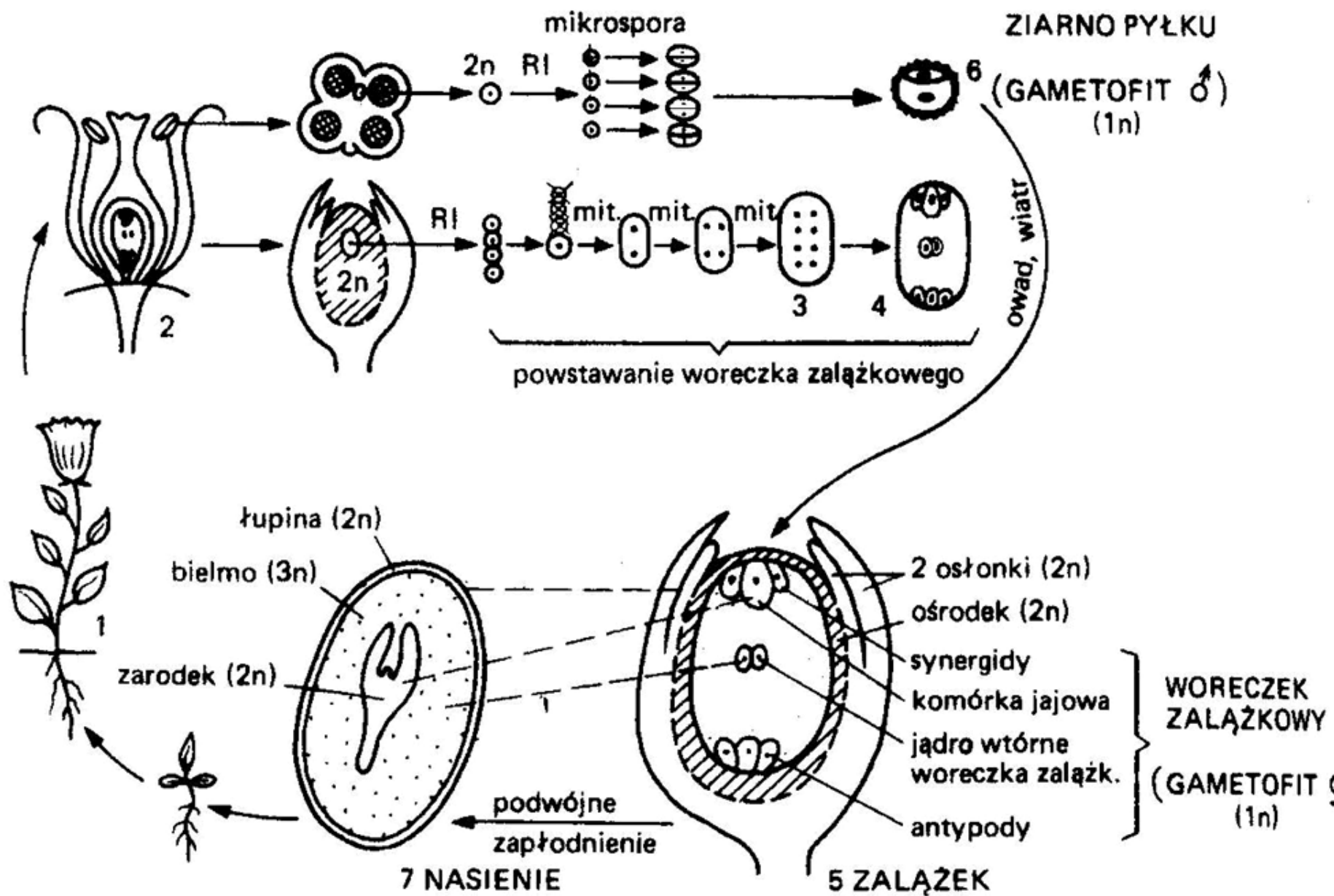
b) Wyjaśnij, na czym polega podwójne zapłodnienie u roślin okrytozalążkowych.

Komórka jajowa ($1n$) + komórka plemnikowa ($1n$) = zygota ($2n$)

Komórka centralna ($2n$) + komórka plemnikowa ($1n$) = bielmo ($3n$)

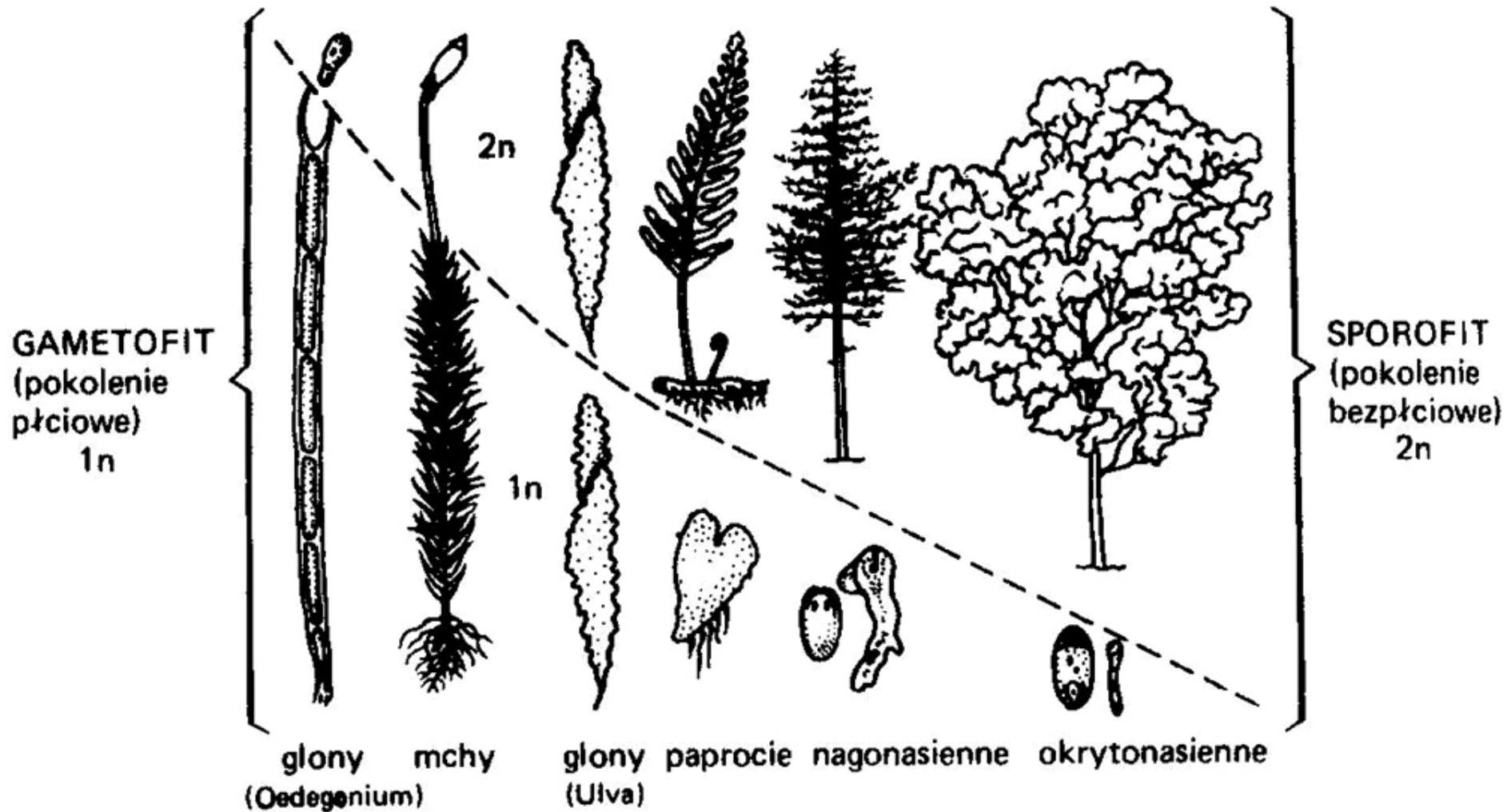
c) Podaj, co rozwija się z każdej z zapłodnionych komórek.

zygota i bielmo (tkanka odżywcza)



Pyłka-Gutowska Vademecum

Cykl rozwojowy rośliny dwuliściennej



Pyłka-Gutowska Vademecum

Przemiany ewolucyjne roślin zmierzające do zwiększenia rozmiarów i znaczenia sporofitu (2n) oraz redukcja rozmiarów gametofitu (1n)

W ewolucji cyklu rozwojowego doszło do wykształcenia łagiewki pyłkowej (nasienne), dzięki czemu rozmnażanie jest możliwe bez udziału wody!



Dziękuję za uwagę