



## ZAJĘCIA nr 10

# ZAGADNIENIA TEORETYCZNE DO PRZYGOTOWANIA NA ĆWICZENIE: „ Kwiaty i kwiatostany. Rozmnażanie roślin okrytonasiennych ”

*Główne zagadnienia: budowa kwiatu (kielich, korona, pręcikowie, słupkowie), wzór kwiatowy i narys kwiatu, kwiatostany (groniaste i wierzchotkowe); rozmnażanie roślin okrytonasiennych (rozwój gametofitu męskiego i żeńskiego, zapłodnienie), rozmnażanie wegetatywne.*

## LITERATURA

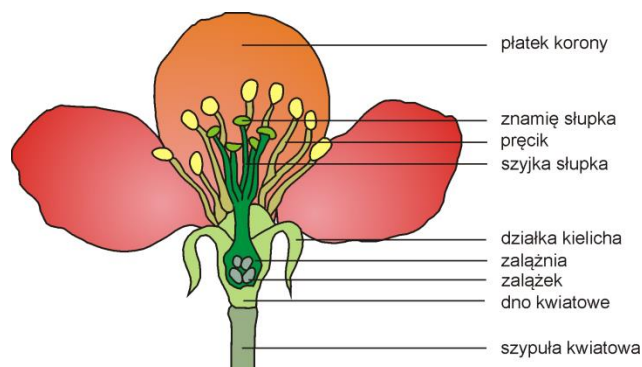
1. Szwejkowski A.J.: Botanika. PWN, Warszawa 2012.
2. Broda B.: Zarys botaniki farmaceutycznej. PZWL, Warszawa 2012.

## I. Część teoretyczna

### 1. Kwiat i kwiatostany

#### 1.1. Budowa kwiatu

Kwiat (*flos*) to skrócony i silnie zmodyfikowany pęd składający się z przekształconych liści służących rozmnażaniu generatywnemu. Typowy kwiat składa się z działek kielicha, płatków korony, pręcikowia i słupkowie (patrz rysunek). Działki kielicha i płatki korony tworzą **okwiat**. Kwiat pozbawiony okwiatu określa się jako nagi. Okwiat nieodróżniony na kielich i koronę to **perygonium**. Kwiat obupłciowy zawiera pręciki i słupki, natomiast rozdzielnopłciowy – albo pręciki albo słupki.



Budowa typowego kwiatu obupłciowego rośliny dwuliściennej

Wszystkie elementy kwiatu osadzone są na rozszerzonym dnie kwiatowym, które jest zakończeniem pędu zwanym **szypułką kwiatową**. Układ poszczególnych elementów na dnie kwiatowym może być spiralny (starszy ewolucyjnie) lub okółkowy. W kwiecie spiralnym (np. u przedstawicieli jaskrowatych *Ranunculaceae*), można prześledzić stopniowe przejście jednych elementów w drugie, np. pręcików w płatki korony (powstają one przez redukcję pylników i rozszerzenie się nitek pylnikowych). W kwiecie okółkowym zielony kielich stanowi asymilujący organ kwiatu, a barwna korona służy za powabnię dla owadów przenoszących pyłek.

### Kielich

Kielich (*calyx*) to asymilacyjny organ kwiatu. Jest najtrwalszym jego elementem, zachowuje się nawet po przekwitnięciu rośliny (np. u różowatych, *Rosaceae*). U wielu gatunków z rodziny makowatych (*Papaveraceae*) działki kielicha opadają już przy zakwitaniu i taki kwiat jest pozornie podobny do perygonium. Kielich może być wolno- lub zrosłodziałkowy. W rodzinie astrowatych (*Asteraceae*) przekształca się on w puch kielichowy, a w rodzinie różowatych (*Rosaceae*) górne liście przykwiatowe tworzą kieliszek otaczający kielich właściwy.

### Korona

Korona (*corolla*) składa się z barwnych płatków. Barwę żółtą i pomarańczową warunkują karotenoidy, a czerwoną, niebieską i fioletową – antocyjany. Intensywność zabarwienia zależy od stopnia koncentracji barwnika w soku komórkowym i jego pH. Koncentracja barwnika może się zmieniać, co obserwuje się w rodzinie ogórecznikowatych (*Boraginaceae*), gdzie kwiaty w okresie wegetacyjnym zmieniają barwę od różowej do niebieskiej. Biały kolor kwiatów jest spowodowany brakiem barwników i obecnością dużych przestworów międzykomórkowych w mezofilu płatków. Korona bywa wolnopłatkowa (np. u jaskrowatych, *Ranunculaceae*, różowatych, *Rosaceae*) lub zrosłopłatkowa (np. u niektórych przedstawicieli wrzosowatych, *Ericaceae*). Może być promienista lub grzbiecista. Istnieje kilka rodzajów koron grzbiecistych: wargowa (jasnotowate, *Lamiaceae*), motylkowa (bobowate, *Fabaceae*), jęczyczkowa i nibyjęczyczkowa (astrowate, *Asteraceae*).

## Pręcikowie

Pręcikowie (*androceum*) to zespół pręcików; każdy z nich składa się z nitki (*filamentum*) i główki (*anthera*). Główka jest zbudowana z dwóch pylników (*thecae*), połączonych łącznikiem (*connectivum*), a pylnik z dwóch woreczków pyłkowych (*loculi*). Najważniejszą tkanką woreczka pyłkowego jest archespor, którego komórki macierzyste przechodzą mejozę (patrz rozdział 2). Pojęcia związane z pręcikowiem to:

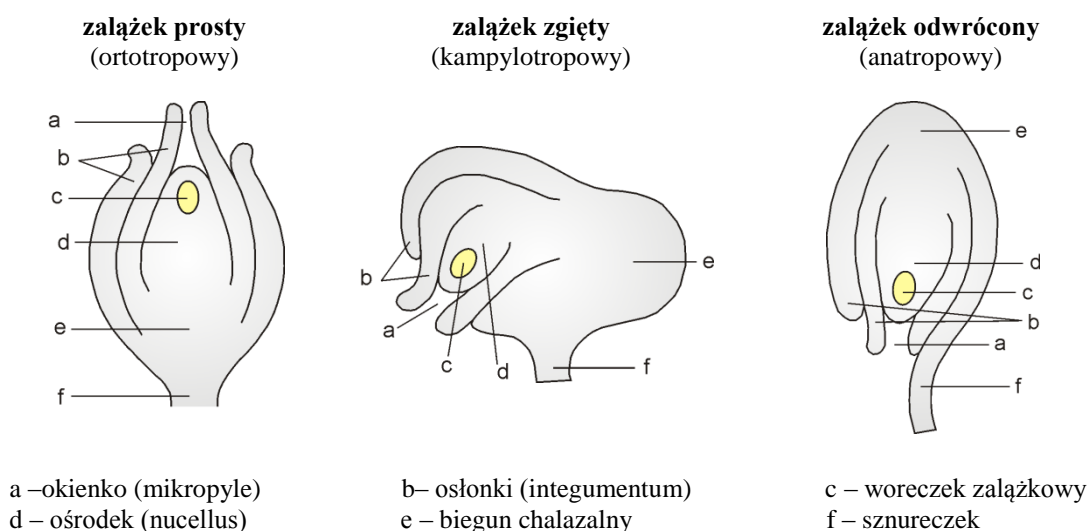
- silność pręcików – pręciki nie są równej długości; np. u jasnotowatych (*Lamiaceae*) dwa pręciki są dłuższe, a dwa krótsze (tzw. pręcikowie dwusilne), a u kapustowatych (*Brassicaceae*) cztery pręciki są dłuższe od dwóch pozostałych (tzw. pręcikowie czterosilne),
- prętosłup (*gynostemium*) – pręcik jest zrosnięty z szyjką słupka, np. u storczykowatych (*Orchidaceae*),
- prątniczki (*staminodia*) – pręciki płonne pozbawione pylników, np. u storczykowatych (*Orchidaceae*),
- pręciki mogą zrastać się nitkami w jedną lub kilka wiązek, mogą też zrastać się pylnikami, np. u astrowatych (*Asteraceae*).

## Słupkowie

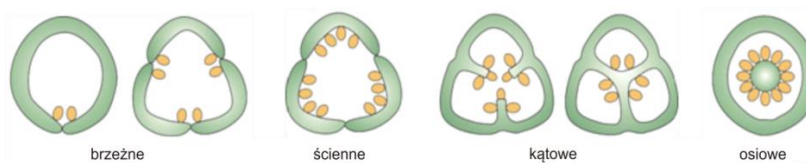
Słupkowie (*gynaceum*) zajmuje zawsze środek kwiatu. Występuje **wyłącznie u roślin okrytozalążkowych**. Tworzą go przystosowane do rozmnażania generatywnego **liście zwane owocolistkami**. **Słupek** (*pistillum*), bez względu na ilość budujących go owocolistków, składa się z określonej dla danego gatunku liczby **znamion** (*stigma*), **szyjki** (*stylus*) i **załążni** (*ovarium*) z licznymi **załążkami** (*ovula*). Okrywę załążka tworzy **chalaza**, a jego odżywianie umożliwia **sznureczek**, czyli wiązka przewodząca wyrastająca z łożyska (placenty). W zależności od położenia sznureczka względem osi załążka rozróżnia się załążek **prosty** (np. u pokrzywowatych, *Urticaceae*), **zgięty** (np. u jaskrowatych, *Ranunculaceae*) i **odwrócony** (np. u astrowatych, *Asteraceae*) (patrz schemat poniżej). Każdy załążek okrywają dwie osłonki (integumentum), które na szczycie nie zrastają się ze sobą i w ten sposób tworzy się okienko (mikropyle)

stanowiące miejsce dla łagiewki pyłkowej. Zalążki mogą być rozmieszczone brzeżnie, kątowno, ściennie lub osiowo.

### Budowa zalążka i rodzaje zalążków



### Umieszczenie zalążków w zaląźni



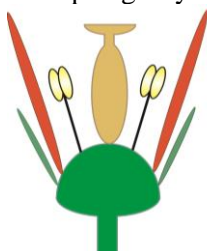
Wyróżnia się:

- o słupkowce apokarpiczne (najstarsze ewolucyjnie) – zawiera wiele wolnych słupków; każdy z nich składa się z 1 owocolistka zrosniętego brzegami i wytwarza oddzielny owoc (np. u jaskrowatych, *Ranunculaceae*); u różowych (*Rosoideae*) słupkowce apokarpiczne bierze udział w powstawaniu owoców zbiorowych z udziałem dna kwiatowego,
- o słupek złożony z jednego owocolistka (np. u bobowatych, *Fabaceae* i śliwowych *Prunoideae*),

- o słupek złożony z kilku owocolistków (2, 3, 5), które zrastają się ze sobą; gdy owocolistki zaginają się do środka i zrastają tylko brzegami tworzy się słupek wielokomorowy (ma tyle komór ile owocolistków), np. słupek 3-krotny, 3-komorowy u liliowatych (*Liliaceae*); gdy owocolistki nie zaginają się ku środkowi, ale zrastają brzegami z sąsiednimi owocolistkami powstaje słupek 1-komorowy, chociaż składa się z kilku owocolistków, np. u fiołkowatych (*Violaceae*); w rodzinie kapusiowatych (*Brassicaceae*) słupek powstaje ze zrośnięcia 2 owocolistków w taki sposób, że tworzy się 1 komora, ale z tzw. fałszywą przegrodą; kształt fałszywych przegród stanowi cechę systematyczną poszczególnych gatunków tej rodziny.

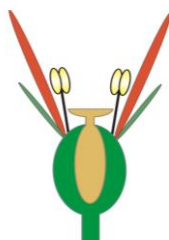
Ze względu na położenie słupków w kwiecie wyróżnia się :

słupek górny



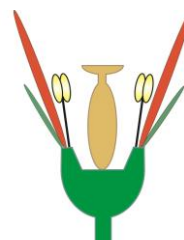
występuje najczęściej; wszystkie elementy kwiatu (dziatki, płatki, pręciki) umieszczone są pod nasadą słupka; zalążnia jest wolna i nigdy nie zrasta się z wypukłym lub płaskim dnem kwiatowym; gdy słupek jest górny, kwiat jest dolny

słupek dolny



zalążnia umieszczona jest pod kwiatem, zamknięta w dnie kwiatowym (wkłęsłym) i całkowicie z nim zrośnięta; pozostałe elementy kwiatu umieszczone są nad zalążnią; gdy słupek jest dolny, kwiat jest górny, np. u astrowatych (*Asteraceae*) i jabłoniowatych (*Pomoideae*)

słupek pośredni



występuje rzadko, zalążnia pogrążona we wkłęsłym dnie kwiatowym, ale nie jest z nim zrośnięta; gdy słupek jest na wpół dolny, kwiat jest okołozalążniowy

Położenie słupków w kwiecie stanowi cechę diagnostyczną.

## Wzór kwiatowy i narys kwiatu

Budowę kwiatu wyraża się za pomocą **wzoru kwiatowego** (patrz poniżej). Natomiast **narys kwiatu** obrazuje geometryczne przedstawienie budowy kwiatu na przekroju poprzecznym. Poszczególne warstwy (okręgi) to każdy okółek w kwiecie, na który składają się poszczególne elementy okwiatu, pręcikowia i słupkowia.

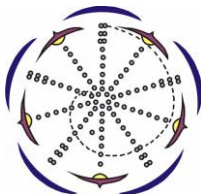
### Wzory kwiatowe i narysy kwiatów w wybranych rodzinach

$*P_{3+3}A_{3+3}G_{(3)}$



*Liliaceae*

$*K_5C_5A_{\infty}G_{\infty}$



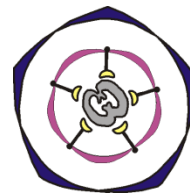
*Ranunculaceae*

$\downarrow K_5C_5A_{(9)} + 1G_1$



*Fabaceae*

$*K_{(5)}[C_{(5)}A_5]G_{(2)}$



*Solanaceae*

**Litery** oznaczają części kwiatu: **P** – perygonium (okwiat nieodróżniony), **K** – calyx (kielich), **C** – corolla (korona), **A** – androceum (pręcikowie), **G** – gynoceum (słupkowie).

**Liczby** umieszczone u podstawy liter oznaczają ilość poszczególnych elementów w okółku.  $\infty$  – zmienną lub znacznie powiększoną ilość elementów w okółku;  $\emptyset$  – brak któregoś z okółków;

**\*** – kwiat promienisty,  $\downarrow$  – kwiat grzbiecisty;

**Nawias zwykły** – zrastanie się poszczególnych elementów kwiatu, **nawias kwadratowy** – zrastanie się poszczególnych okółków kwiatu; **kreska pod** liczbą owocolistków – słupek górny, a **kreska nad** liczbą owocolistków – słupek dolny.

## 1.2. Kwiatostany

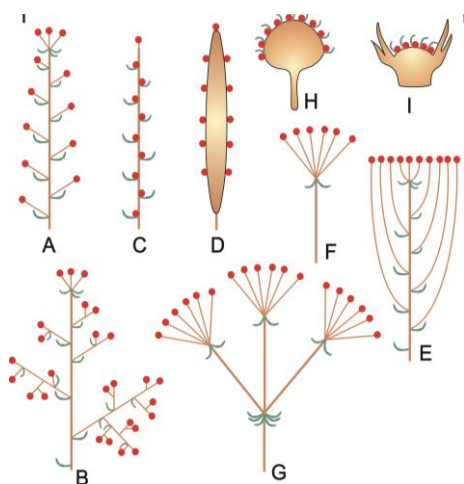
U roślin okrytonasiennych kwiaty są zwykle zebrane w **kwiatostany** (inflorescentia) i osadzone na wspólnej osi zwanej **osadnikiem**. Liście zlokalizowane u podstawy osadnika (podkwiatostanowe) to **podsadki**, występujące u podstawy poszczególnych kwiatów w kwiatostanie to **przysadki**, a umieszczone na szypułkach kwiatowych to **podkwiatki**. Wyróżnia się dwa podstawowe typy kwiatostanów: **groniaste** i **wierzchołkowe** (patrz schemat poniżej).



## Typy kwiatostanów

### groniaste

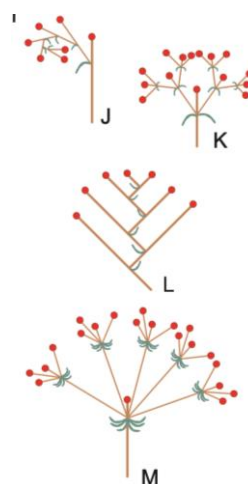
rozgałęzienia mają charakter monopodialny, czyli pęd główny jest silnie rozwinięty, a pędy boczne są rozwinięte słabo lub wcale. Zakwitanie postępuje od dołu ku górze lub dośrodkowo.



A – grono, B – wiecha, C – kłos, D – kolba,  
E – baldachogrono, F – baldach prosty,  
G – baldach złożony, H – główka, I – koszyczek

### wierzchołkowe

rozgałęzienia mają charakter sympodialny, czyli pęd główny dość szybko zatrzymuje swój wzrost, a pędy boczne są silnie rozwinięte i przyjmują kierunek pędu głównego, tworząc oś pozorną. Zakwitanie postępuje od góry ku dołowi lub dośrodkowo.



J – sierpik, K – wierzchołka dwuramienna, L – wachlarzyk,  
M – wierzchołka wieloramienna

### Kwiatostany groniaste:

- o kwiatostany groniaste **proste** – posiadają nierozgałęziony osadnik, czyli oś kwiatostanową:

**grono** (*racemus*) – kwiaty stoją pojedynczo po bokach nierozgałęzionego osadnika; ich szypułki są jednakowej długości, u kapusiowatych (*Brassicaceae*) i niektórych trędownikowatych (*Scrophulariaceae*) np. naparstnica (*Digitalis* sp.), lnicza pospolita, (*Linaria vulgaris*),

**baldachogrono** (*corymbus*) – szypułki różnej długości, ale dorastają do jednakowego poziomu, np. u jabłoni (*Malus* sp.), grusza pospolita (*Pyrus communis*), kalina koralowa (*Viburnum opulus*),

**kłos** (*spica*) – kwiaty siedzące osadzone gęsto na osadniku wydłużonym, u babkowatych (*Plantaginaceae*), rdestowate (*Polygonaceae*),

**kolba** (*spadix*) – odmiana kłosa, w którym osadnik jest grubą, mięsistą osią, np. u pałki (*Thypha* sp.), tataraku (*Acorus calamus*), kukurydza (*Zea mays*),

**bazia** albo kotka (amentum) – odmiana kłosa, w której osadnik jest osią wiotką; zawiera zawsze kwiaty albo żeńskie albo męskie, u brzoźowatych (*Betulaceae*) i wierzbowate (*Salicaceae*),

**baldach** (*umbrella*) – skrócony osadnik, na którym kwiaty wyrastają z jednego miejsca i układają się w jednej płaszczyźnie; szypułki są stosunkowo długie, np. u cebuli zwyczajnej (*Allium cepa*), czosnek pospolity (*Allium sativum*), por (*Allium porrum*), jarząb zwyczajny (*Sorbus aucuparia*),

**główka** (*capitulum*) – kwiaty siedzące na wybitnie skróconej osi, a więc modyfikacja kłosa; u większości bobowatych (*Fabaceae*),

**koszyczek** (*anthodium*) – odmiana główki, od której różni się silnym rozszerzeniem skróconej osi; występuje w rodzinie astrowate (*Asteraceae*); koszyczki mogą być złożone tylko z kwiatów rurkowych (płodnych, pięciokrotnych, o symetrii promienistej), np. u wrotyczu pospolitego (*Tanacetum vulgare*), bylicy (*Artemisia* sp.); tylko z kwiatów języczkowatych (płodnych, pięciokrotnych, o symetrii grzbiecistej), np. u mniszka lekarskiego (*Taraxacum officinale*), cykorii podróżnik (*Cichorium intybus*) lub z kwiatów rurkowych w centrum i nibyjęzyczkowatych (płonych, trójkrotnych, o symetrii grzbiecistej) na obwodzie, np. u stokrotki (*Bellis perennis*), rumianku pospolitego (*Matricaria chamomilla*), słonecznika zwyczajnego (*Helianthus annuus*); taki koszyczek imituje pojedynczy kwiat.

- o kwiatostany groniaste **złożone** – monopodialne, o rozgałęzionym osadniku:

**baldach złożony** – zamiast pojedynczych kwiatów z jednego miejsca wyrastają osie boczne zakończone baldaszkami, u selerowatych (*Apiaceae*),





**kłos złożony** (*spica composita*) – na osadniku zamiast pojedynczych, siedzących kwiatów znajdują się pojedyncze kłoski (*spicula*), u traw (*Poaceae*),  
**wiecha** (*panicula*) – rozgałęzione grono, np. u *Poaceae*.

#### Kwiatostany wierzchotkowe:

- o wierzchotka **jednoramienna** (*monochasium*):

**sierpik** (*drepanium*) – oś kwiatostanowa przestaje rosnać i kończy się jednym kwiatem i pod nim wyrasta tylko jeden pęd boczny, który także kończy swój wzrost i znów od tej samej strony i w tej samej płaszczyźnie wyrasta nowy pęd boczny itd., u sitowatych (*Juncaceae*), mieczyka (*Gladiolus* sp.),

**wachlarzyk** (*rhpidium*) – zasada jest ta sama, ale pędy boczne wyrastają raz z jednej raz z drugiej strony, np. u irysa (*Irissp.*),

**skrętek** (*cicinnus*) – różni się od wachlarzyka trójwymiarowym rozmieszczeniem pędów bocznych; wyglądem przypomina grono, ale jest to pęd o wzroście sympodialnym, a nie monopodialnym; występuje u większości ogórecznikowatych (*Boraginaceae*) i wielu gatunków trędownikowatych (*Scrophulariaceae*).

- o wierzchotka **dwuramienna** (*dichasium*) – powstaje w ten sposób, że oś kwiatostanowa zakończona jednym kwiatem szybko przestaje rosnać; pod kwiatem z jednego miejsca wyrastają dwa pędy boczne, które kończą się kwiatami. (np. u goździkowatych *Caryophyllaceae* – zdjęcie obok).



- o wierzchotka **wieloramienna** (*pleiochasium*) – przypomina baldach, pod końcem osi głównej wyrastają nie dwa, ale kilka pędów bocznych, u wilczomleczowatych (*Euphorbiaceae*). Typ kwiatostanu wierzchotkowego skróconego – tworzą się nibyokółki kwiatów prawie siedzących, u jasnotowatych (*Lamiaceae*).

## 2. Rozmnażanie roślin okrytozalążkowych

U roślinnych nasiennych, podobnie jak u większości roślin zarodnikowych (paprotników) występuje przemiana pokoleń. Jednakże u roślin nasiennych, w tym okrytozalążkowych gametofit (faza haploidalna) jest bardzo silnie zredukowany.

Kwiat (pęd o ograniczonym wzroście) jest homologiem sporofilostanu (kłosa zarodnionośnego), pręciki i owocolistki są homologami sporofili (liści zarodnionośnych), a woreczek pyłkowy i ośrodek zalążka – homologami sporangium (zarodni) paprotników (patrz tabela poniżej). W efekcie mejozy w ziarnie pyłku rozwija się gametofit męski, a w woreczku zalążkowym – gametofit żeński, które w odróżnieniu od paprotników nigdy nie osiągają stadiów wolno żyjących roślin.

Homologia rozmnażania roślin okrytozalążkowych i paprotników różnozarodnikowych			
Rośliny okrytozalążkowe		Paprotniki różnozarodnikowe	
kwiat		sporofilostan	
pręcik ♂	owocolistek słupka ♀	mikrosporofil ♂	makrosporofil ♀
woreczek pyłkowy	ośrodek (nucelus) zalążka	mikrosporangium	makrosporangium
Mejoza			
ziarno pyłku, w którym rozwija się gametofit męski (przedrośle męskie)	woreczek zalążkowy, w którym rozwija się gametofit żeński (przedrośle żeńskie)	mikrospora rozwija się w gametofit męski (przedrośle męskie)	makrospora rozwija się w gametofit żeński (przedrośle żeńskie)
komórka wegetatywna i generatywna	woreczek zalążkowy 7-komórkowy 8-jądrowy	na przedroślu męskim powstają plemniki z plemnikami	na przedroślu żeńskim powstają rodniki z komórką jajową

### Rozwój gametofitu męskiego

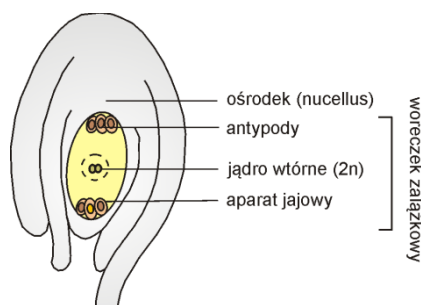
Ziarna pyłku (homolog mikrospor) powstają z komórek macierzystych, które tworzą tkankę archesporialną woreczka pyłkowego. Każda z tych komórek przechodzi mejozę i staje się ziarnem pyłku. W nim rozwija się gametofit męski. Początkowo składa się on z

dwóch komórek: mniejszej generatywnej i większej wegetatywnej (łagiewkowej). Takie ziarno nazywamy dojrzałym ziarnem pyłku. Kiedy dojrzałe ziarno pyłku pada na znamię słupka, komórka wegetatywna wydłuża się tworząc łagiewkę pyłkową, a komórka generatywna przechodzi podział mitotyczny dzieląc się na dwa plemniki (kiełkujące ziarno pyłku). Następuje zapylenie i zapłodnienie.

### Rozwój gametofitu żeńskiego

Woreczki zalążkowe (homologi makrospor) powstają z komórek macierzystych, które tworzą tkankę archesporialną ośrodka (nucellus) zalążka. Jedna z komórek ośrodka podlega mejozie, w wyniku czego powstaje tetrada haploidalnych komórek. Najgłębiej położona komórka rozwija się w woreczek zalążkowy, a w nim – gametofit żeński. Jądro woreczka zalążkowego przechodzi 3 następujące po sobie podziały mitotyczne. Już podczas 1-go podziału jądra potomne przesuwają się do biegunów przeciwnych (mikropylarnego i chalazalnego) i ostatecznie powstaje 8 jąder potomnych, po 4 na każdym z biegunów. Od każdego z nich oddziela się po jednym jądrze.

Dwa jądra wędrują do środka woreczka zalążkowego, tworząc jądro wtórne ( $2n$ ), trzy jądra od strony mikropyle tworzą aparat jajowy (komórkę jajową i dwie synergidy), a trzy jądra od strony chalazy tworzą antypody.



Schemat budowy dojrzałego woreczka zalążkowego

### Zapłodnienie

Podczas zapłodnienia dwa plemniki (pochodzące z łagiewki pyłkowej) osadzają się początkowo w woreczku zalążkowym na synergidach. Następnie jeden z nich zapładnia komórkę jajową. Powstała zygota otacza się ścianą komórkową i ulega podziałom, w wyniku których powstaje diploidalny prazarodek. Natomiast drugi plemnik łączy się z diploidalnym jądrem wtórnym, dając początek triploidalnemu bielmu. Występuje więc podwójne zapłodnienie (podwójna kariogamia). Odstępstwa od reguły podwójnego

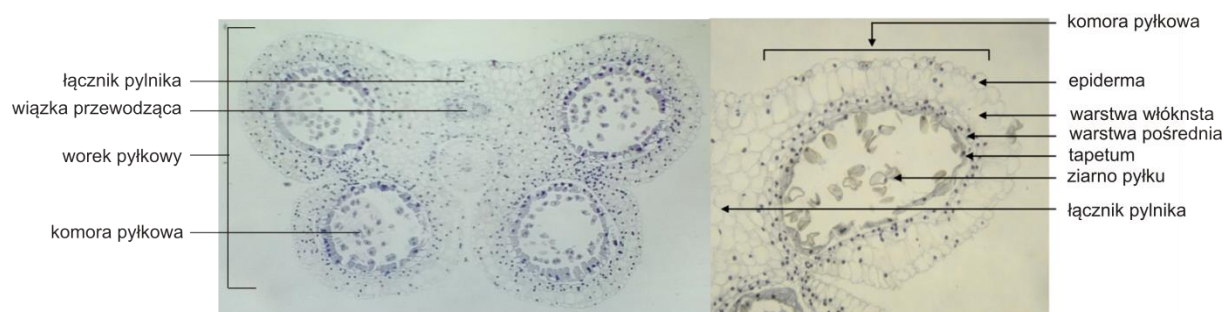
zapłodnienia to przykłady **apomiksji**. Zarodek powstaje wówczas bez zapłodnienia, z jednej komórki woreczka zalążkowego (np. z synergidy lub antypody). Apomiksja występuje np. u jaskrów (*Ranunculus* sp.), jastrzębiec (*Hieracium* sp.) i niektórych traw (*Poaceae*).

Rozmnażanie wegetatywne odbywa się poprzez:

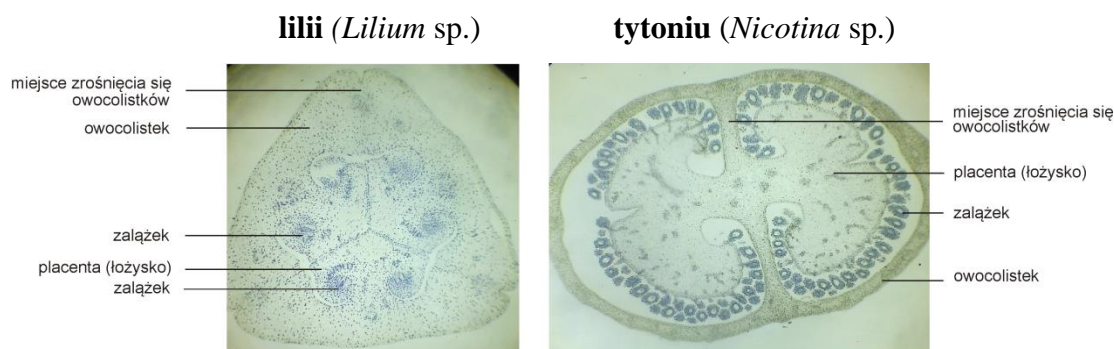
- fragmentację rośliny, np. moczarka kanadyjska (*Elodea canadensis*),
- pączkowanie, np. rzęsa (*Lemna* sp.),
- cebule, np. liczne gatunki liliowatych (*Liliaceae*),
- bulwy pochodzenia pędowego, np. ziemniak zwyczajny (*Solanum tuberosum*),
- bulwy pochodzenia korzeniowego, np. ziarnopłon wiosenny (*Ficaria verna*),
- rozmnożki liściowe, np. wiele gatunków roślin tropikalnych uprawianych doniczkowo,
- rozłogi, kłącza, np. poziomka (*Fragaria vesca*), perz (*Agropyron repens*),
- odkłady (odgięte i zakorzenione pędy), np. drzewa i krzewy owocowe; ten rodzaj rozmnażania polega na usamodzielnieniu się odgiętego i zakorzeniającego się pędu, który oddziela się od rośliny macierzystej.

## II. Część praktyczna

1. Obserwacje mikroskopowe preparatów trwałych, przedstawiających przekrój poprzeczny przez **pylnik** lili (*Lilium* sp.).



2. Obserwacje mikroskopowe preparatów trwałych, przedstawiających przekrój poprzeczny przez **załążnię**:



Na podstawie obserwacji mikroskopowych uczniowie wykonują rysunki wraz z dokładnym opisem.

3. Obserwacja makroskopowa kwiatu tulipana (*Tulipa* sp.) i goździka (*Dianthus* sp.).  
Uczniowie zapisują wzór kwiatów i wykonują narysy w zeszycie.
4. Obserwacja makroskopowa różnych typów kwiatostanów z okazów zielnikowych.