

Херсонський державний університет  
кафедра ботаніки

# Зигомікотові гриби

професор Олександр Ходосовцев

Херсон -2020

# План лекции

1. Загальна характеристика
2. Класифікація відділу Zygomycota
3. Відділ Glomeromycota

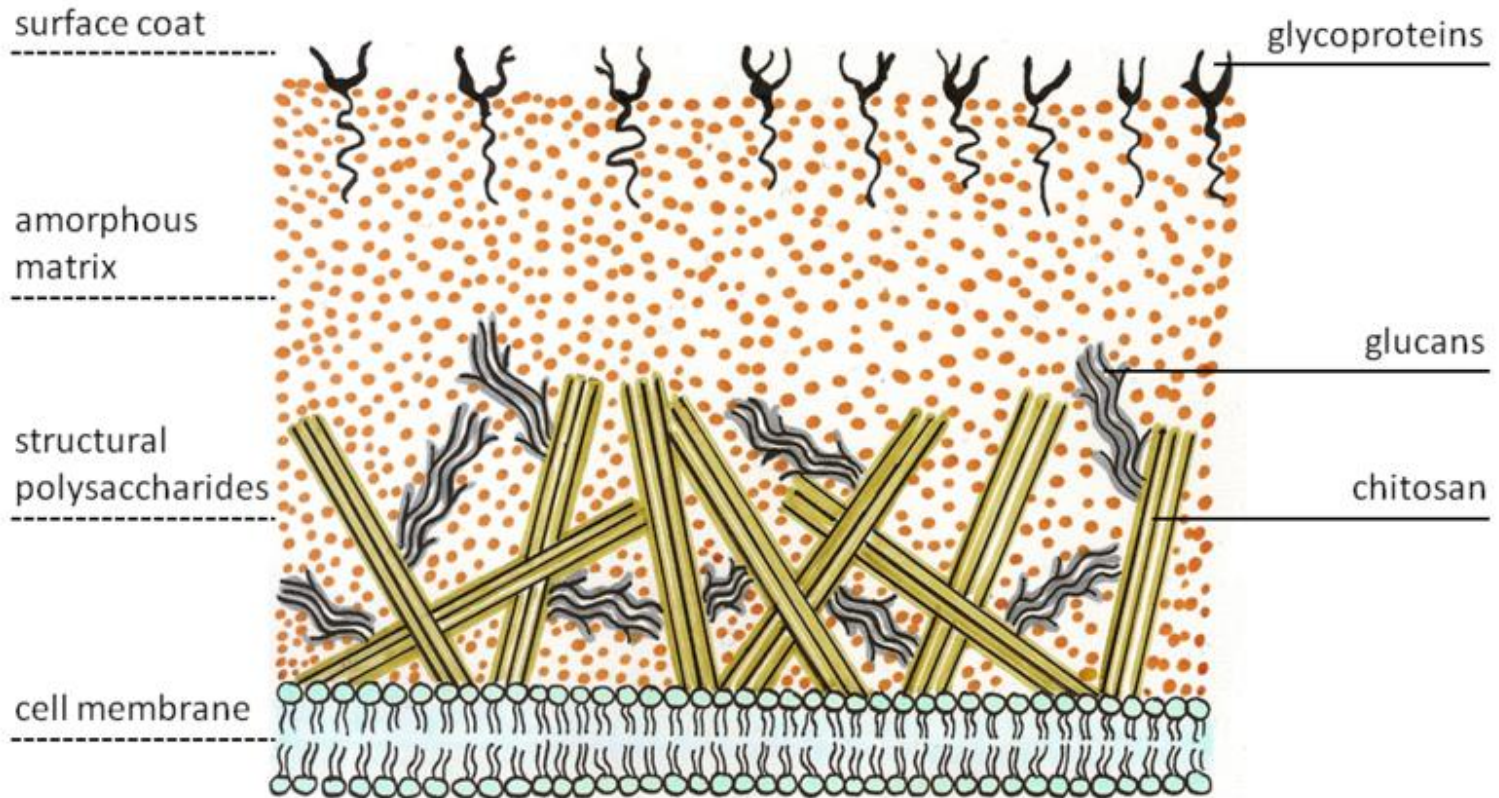
# 1. Загальна характеристика

Головні таксономічні ознаки:

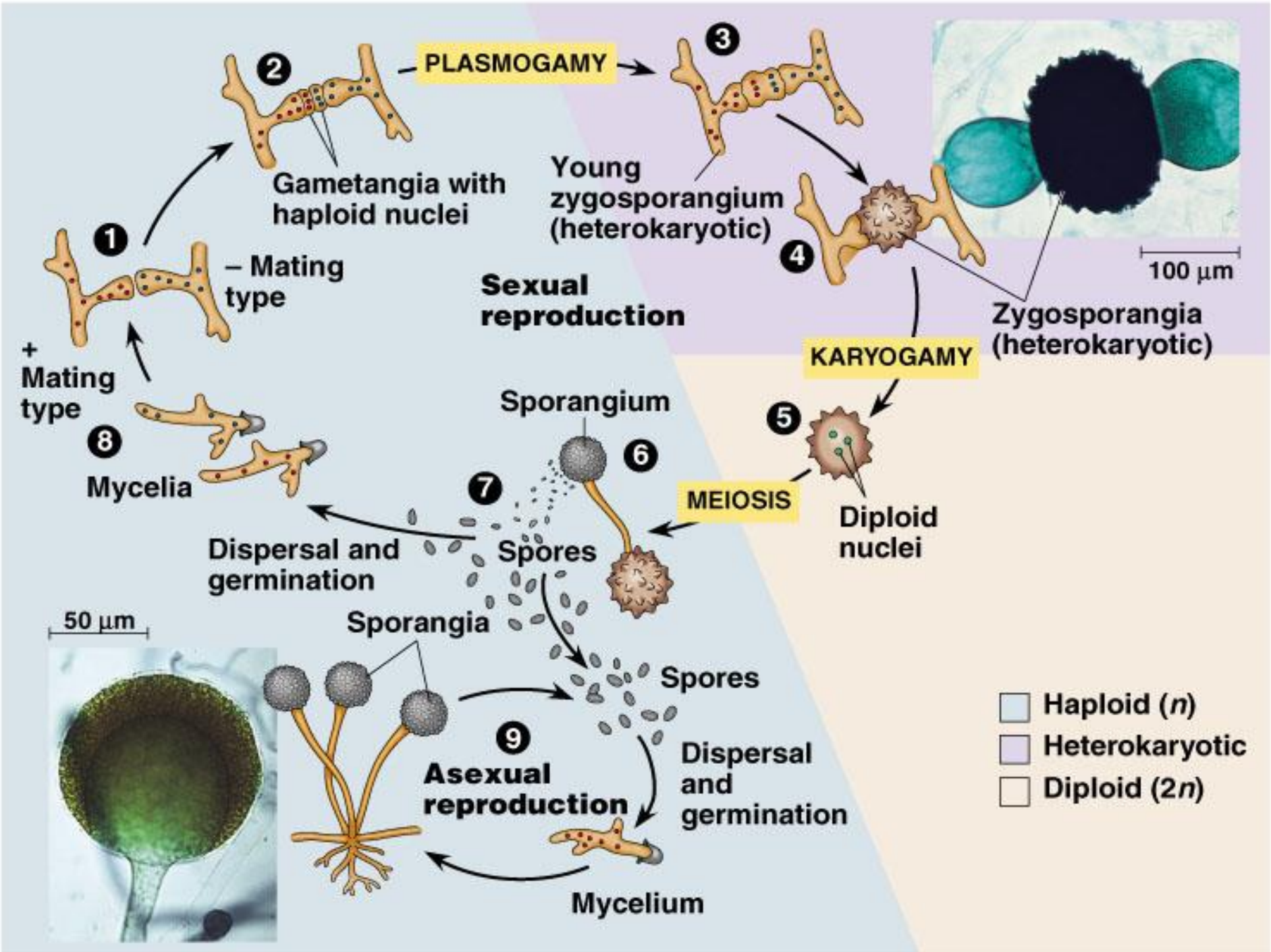


*Mucor mucedo* (Mucorales).

- 1) Вегетативне тіло представлено багатоядерним, розгалуженим міцелієм.
- 2) Звичайно гіфи без септ, або утворюються мікропорові або доліпорові септи.
- 3) Безстатеве розмноження відбувається за рахунок нерухливих одноклітинних спор, які розвиваються ендогенно, в спорангіях, зрідка екзогенно, на конідієносцях.
- 4) Статевий процес – зигогамія, при якому зливається вміст двох клітин, які відокремлюються септою від вегетативних гіф.
- 5) Більшість зигомікотових грибів відомі тільки в стадії анаморфи.



## Будова клітинної стінки



# Особливості життєвого циклу

1. У життєвому циклі переважає гаплоїдна стадія.
2. Гетерокаріотична та диплоїдна стадія коротка. предсталена в зигоспорі.
3. Мейоз відбувається перед проростанням зигоспори в спорангій.
4. Статевий процес зигогамія.
5. Розмноження відбувається в стадії анаморфи спорангіоспорами, що розвиваються ендогенно в спорангії.

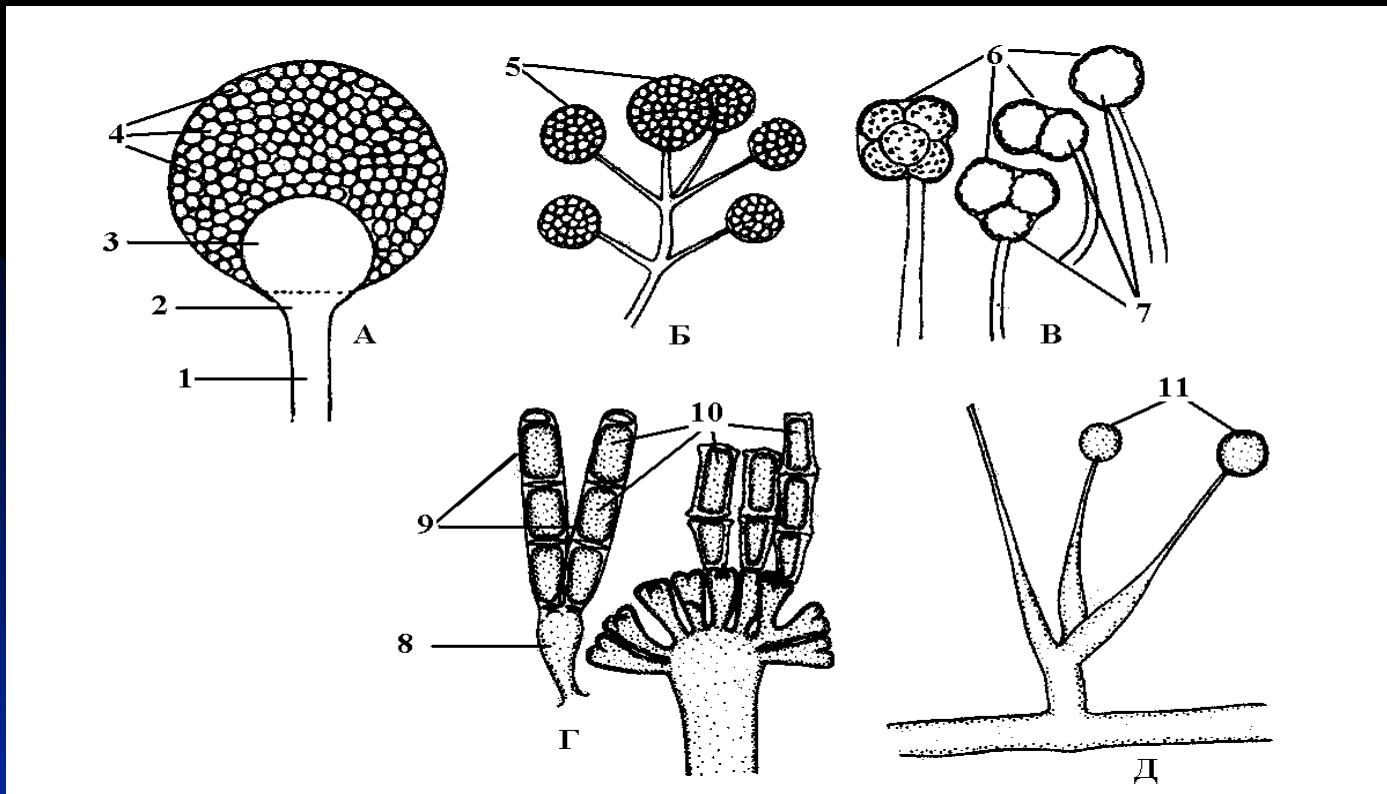


Рис. Форми анаморф у *Zygomycota*: А – *Rhizopus* (1 – спорангієносець; 2 – апофіза; 3 – колонка; 4 – спорангієспори); Б – *Mortierella biramosa* (5 – спорангії без колонки); В – *M. angustata* (6 – спорангіоли; 7 – спорангіоспори); Г – *Syncephalis ruscosperma* (8 – колонка; 9 – мероспорангії; 10 – мероспори); Д – *Harposporangium fasciculatum* (11 – односпорові спорангіоли).

**спорангіола** – спорангії з невеликою кількістю спор;

**мероспорангій** – спорангії з розташованими в один ряд спорами.

## 2. Класифікація відділу Zygomycota

Відділ Zygomycota був описаний у 1954 році С. Moreau.

Відомо 1050 видів

До кінця 20 століття відділ традиційно поділявся на два класи

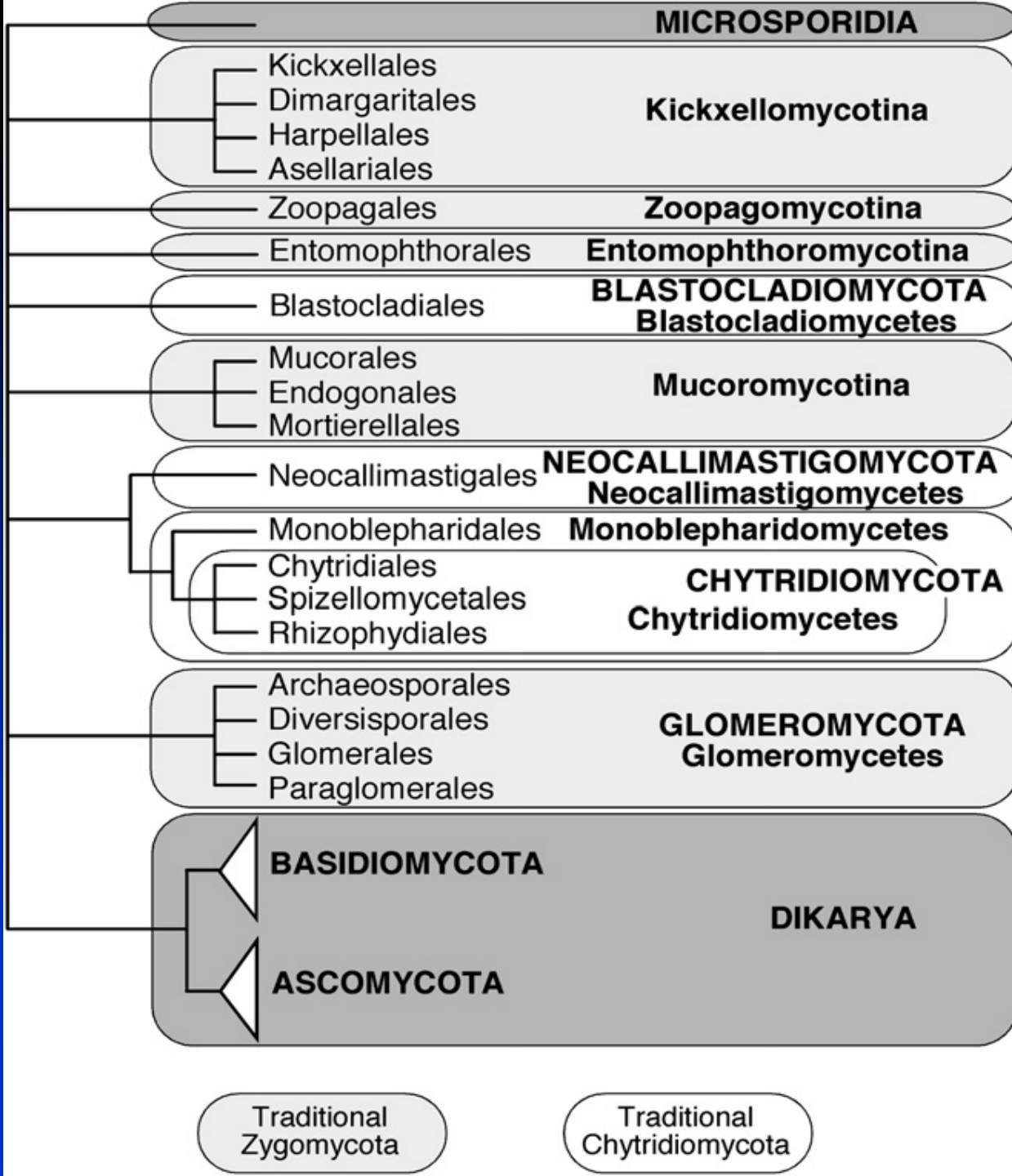
Клас Zygomycetes

Клас Trichomycetes

(Мюллер, Лефлер, 1995)

Молекулярні дані показали поліфілетичність відділу.





Філогенетична  
 класифікація  
 зигомікотових  
 грибів (за  
 Hibbert et al.,  
 2007)

## Підвідділ Mucoromycotyna (2007)

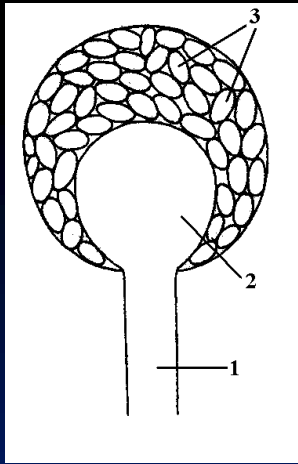
Статевий процес – зигогамія.

До підвідділу входять 2 порядки Mucorales, Endogonales

### Порядок мукоральні (Mucorales).

Гіфи звичайно несептовані, септи з мікропорами, утворюються рідко (відділяють безстатеві або статеві спороношення).

Анаморфи представлені багатоспоровими спорангіями з колонками або без них.

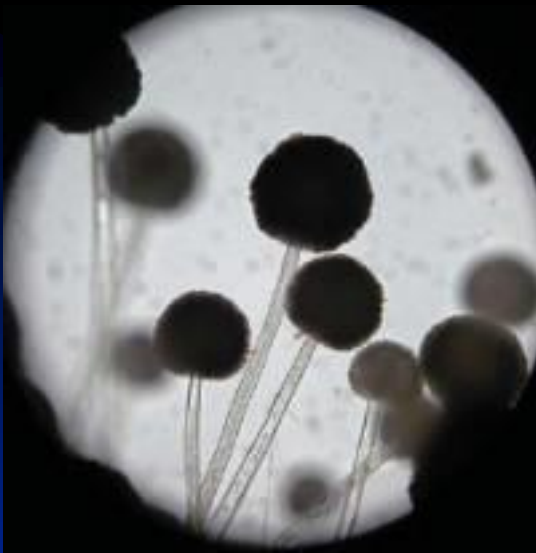


Будова спорангія  
Mucor: 1 –  
спорангієносець  
; 2 – колонка; 3 –  
спори.



Зигогоспора під  
електронним та  
світловим  
мікроскопами





*Rhizopus nigricans*



*Mucor mucedo*



*Pilobulus cristallinus*

## Порядок ендогональні (Endogonales)

Для представників порядку характерними є особливі підземні плодові тіла (від кількох міліметрів до кількох сантиметрів у діаметрі), які розвиваються у результаті сплетення гіф міцелію. Всередині них знаходяться декілька багатоспорових спорангіїв без колонок, зиготи або хламідоспори. Гіфи звичайно несептовані, септи з мікропорами, утворюються рідко.

Багато ендогональних утворює ендомікоризу з судинними рослинами: томатом, суницею, яблунею, пшеницею, іншими злаками та трав'янистими рослинами.

Найбільш поширеним є вид *Endogone laciflua*, який містить блідо-рожеву рідину у плодовому тілі.



*Endogone lactiflua*



## Підвідділ *Mortierellomycotina* (2011)

### Порядок Мортіереляльні (Mortierellales)

Представники характеризуються односпоровими або малоспроовими спорангіолами.



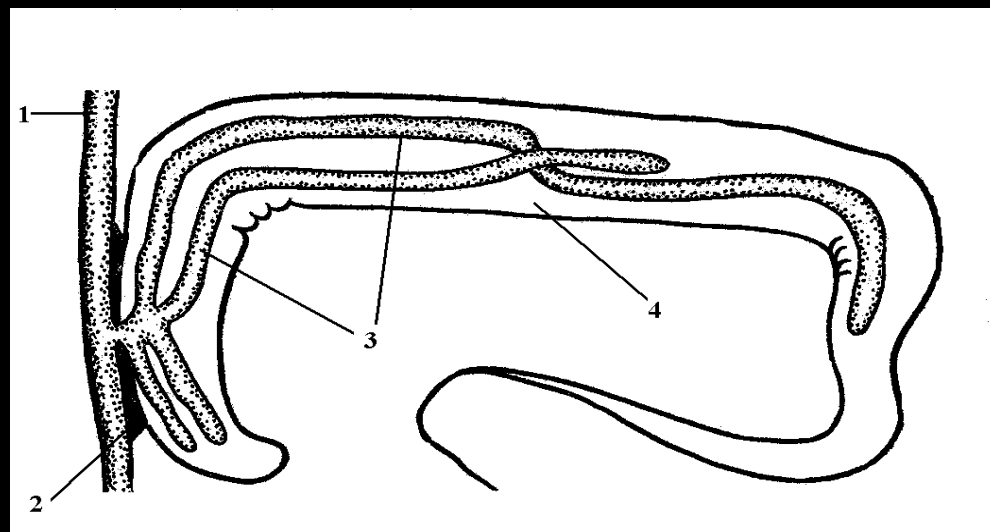
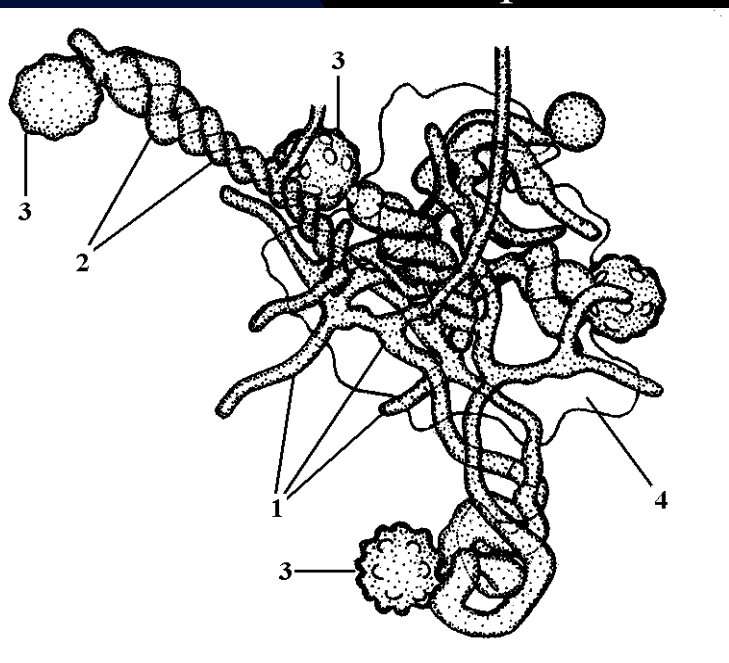
*Mortierella bisporalis*

# Підвідділ Zooramycotyna (2007)

## Порядок зоопагальні (Zooramogales)

Спеціалізовані гіфи мають простий апарат для захвату дрібних тварин, який складається з клітин, що мають краплі слизу на кінчиках.

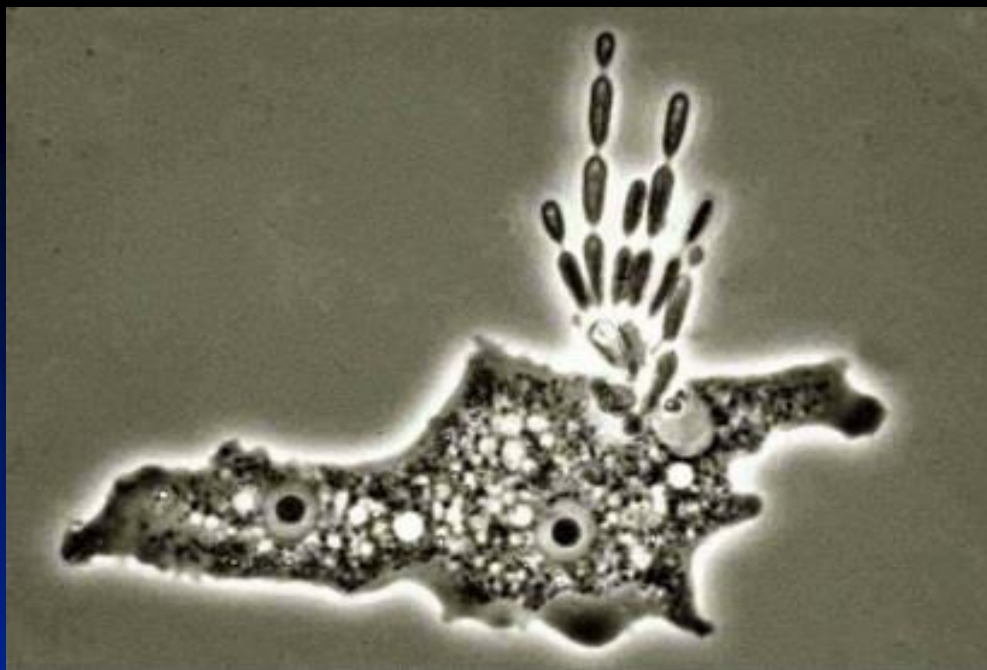
Представники є паразитами тварин та грибів.



*Stylopaga grandis*: 1 – ловча гіфа; 2 – клейка речовина; 3 – інфекційні гіфи всередині нематоди; 4 – нематода.

*Colchoneta symplocum* (Zooramogales): 1 – вегетативні гіфи; 2 – спірально заручені зигоспори; 3 – зигоспора; 4 – амеба, в якій паразитує гриб.





### *Amoebophilus simplex*

*«Коли вимучена безплідними спробами жертва припиняє рухатись, гриб кінчиком нитки протикає її покрив і починає всередині рости, поки не заповнить черва зсередини, до оболонки, по ходу всмоктуючі її тілесні соки та тканини»*

29.03.2020

С.Т. Верховенський



*Stylopage* sp.

15

## Підвідділ Entomophthoromycotyna (2007)

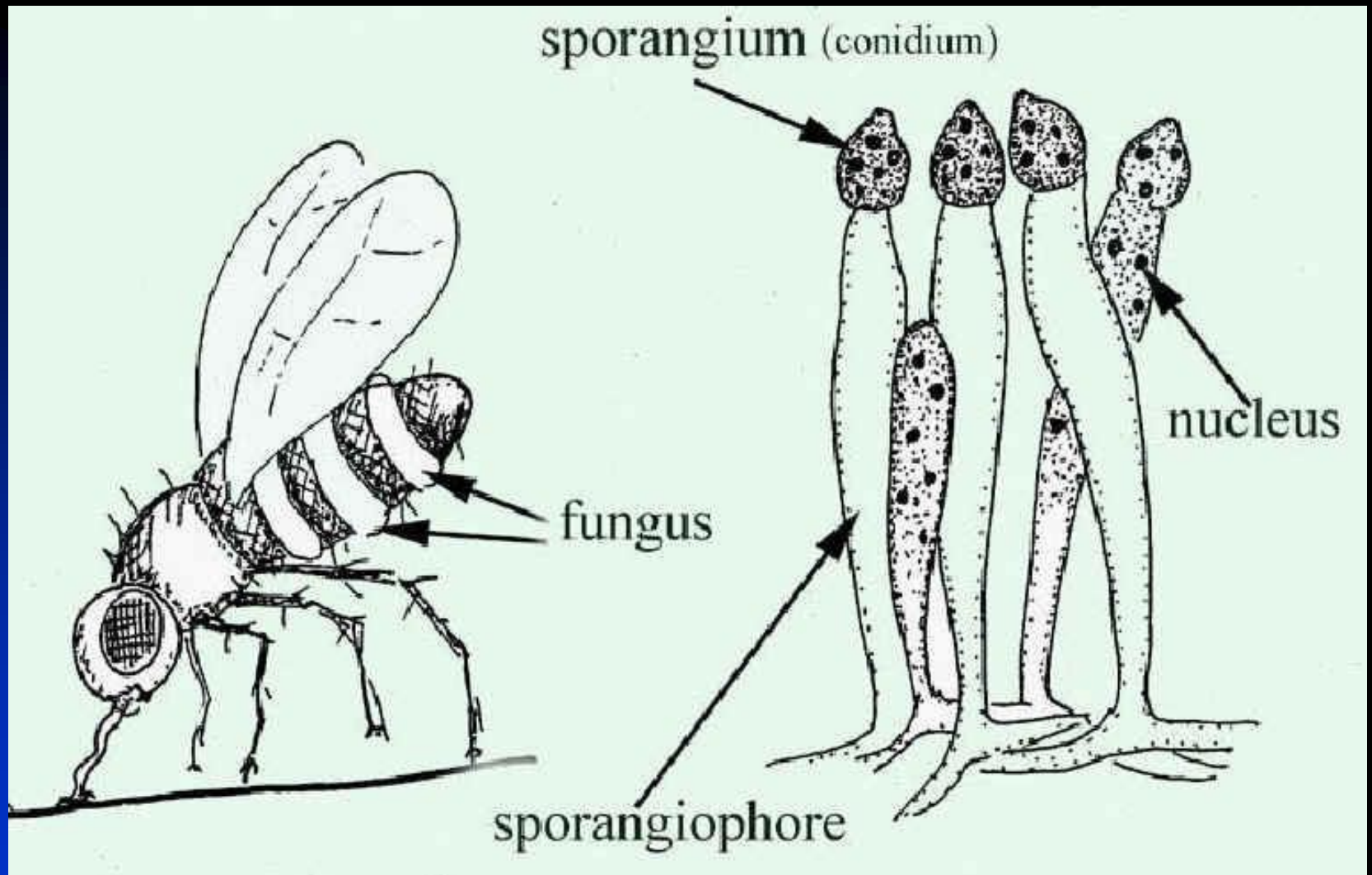
### Порядок ентомофторальні (Entomophthorales)

Анаморфи представлені односпоровими спорангіолами, що активно відкидаються. Гіфи з нерегулярними септами, які розпадаються на сегменти. Септи мікропорові. Паразити тварин (частіше членистоногих) та сапротрофи.

Найбільш відомі види роду ентомофтора (*Entomophthora*), серед яких збудник осінньої хвороби мух – *E. muscae*.

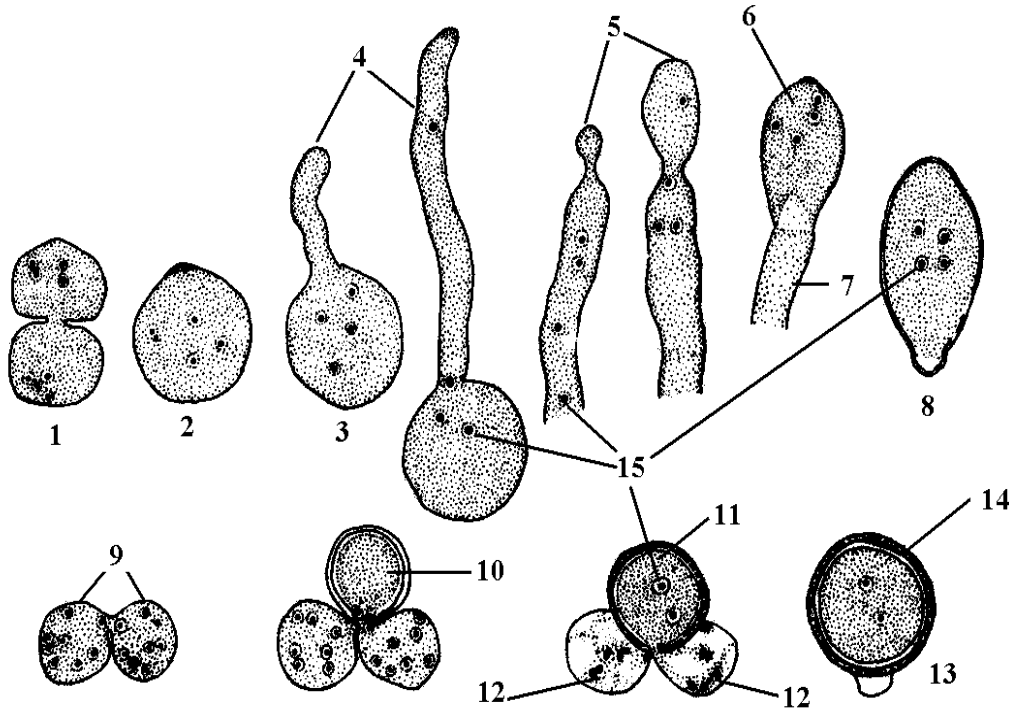


*E. muscae*: зовнішній вигляд, спорангіофори з спорангіями (спорангіолами).



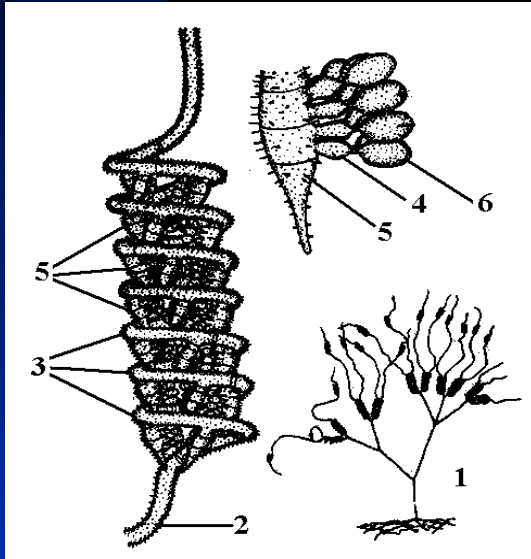
*Entomophthora muscae*

*Entomophthora fumosa*  
 (Entomophthorales): 1 – поділ вегетативної гіфи на два гіфальних тільця; 2 – вегетативне тільце; 3 – утворення паросткової гіфи; 4 – паросткові гіфи; 5 – формування спорангіоли; 6 – спорангіола з єдиною спорангіоспорою, що функціонує як конідія; 7 – спорангіофор; 8 – відкинута спорангіола з спорангіоспорою; 9 – гіфальні тільця, що зливаються; 10 – молода зигоспора; 11 – двоядерна зигоспора; 12 – ядра, що дегенерують; 13 – дозріла зигоспора; 14 – клітинна оболонка; 15 – ядра.



## Підвідділ Kickxellomycotina (2007)

Описаний на основі молекулярних даних, утворює окрему філогенетичну гілку, близьку до зоопагових грибів.

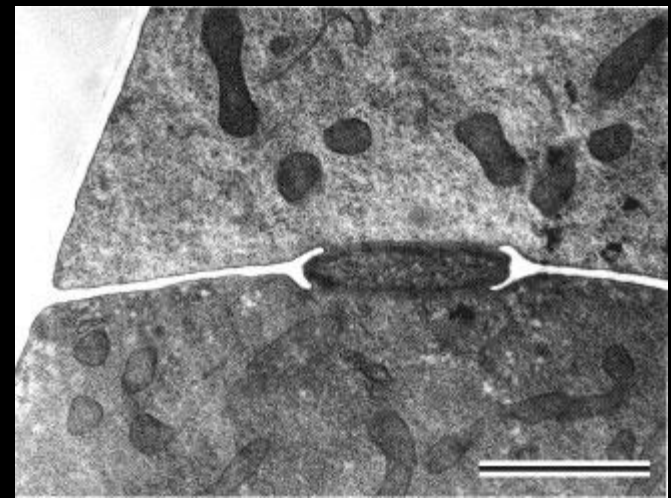


*Spirodactylon aureum* (Kickxellales):

1 – зовнішній вигляд; 2 – вегетативна гіфа; 3 – фертильна, спіралью закручена гіфа; 4 – фіаліда; 5 – спорокладії; 6 – односпорова спорангіола.

### Порядок Кікселяльні (Kickxellales).

Гіфи з регулярними доліпоровими септами, що не мають хрестовидних пробок. Анаморфи представлені односпоровими спорангіолами, що відходять від здутих виростів – фіалід, які у свою чергу прикріплюються до спорокладієв – спеціалізованих фертильних гіф. Сапротрофи або паразити грибів (*Spirodactylon aureum*, *Martensiomycetes pterosporus*).



**Kicksella (доліпорова септа).**  
**Мірило: 0,5 мкм**

*Spirodactylon aureum*

29.03.2020



## Порядок димаргаритальні (Dimargaritales).

Гіфи з регулярними доліповорними септами, що містять хрестовину пробку. Анаморфи представлені двоспоровими спонгіолами. Паразити грибів. Серед представників відомий *Dispira cornuta*.



## Порядок Харпеляльні (Harpellales).

Гіфи з регулярними доліповорими септами, що не мають хрестовидних пробок. Анаморфи у вигляді односпорових нитковидних спорангіол з придатками, що утворюються на клітинах вегетативних гіф. Ендосимбіонти або сапробіонти членистоногих, розвиваються головним чином в кишечнику комах.

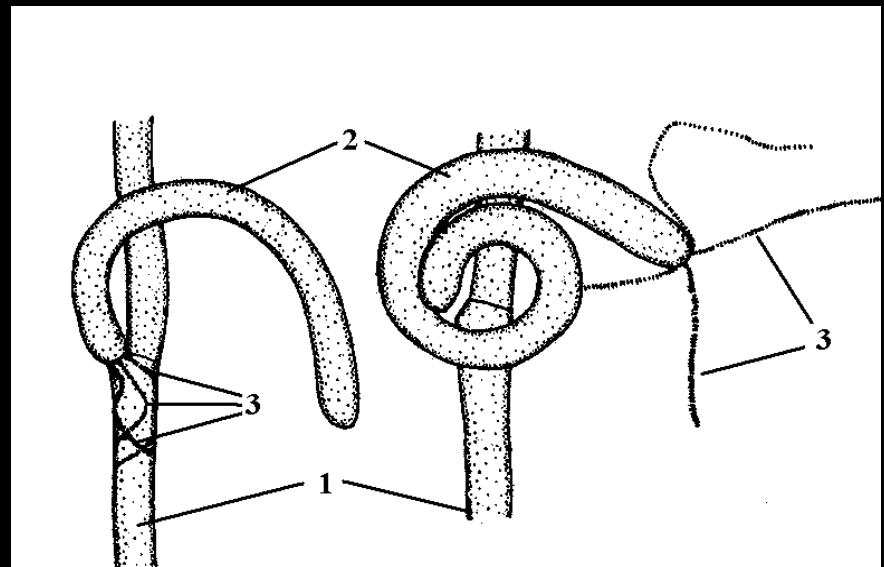
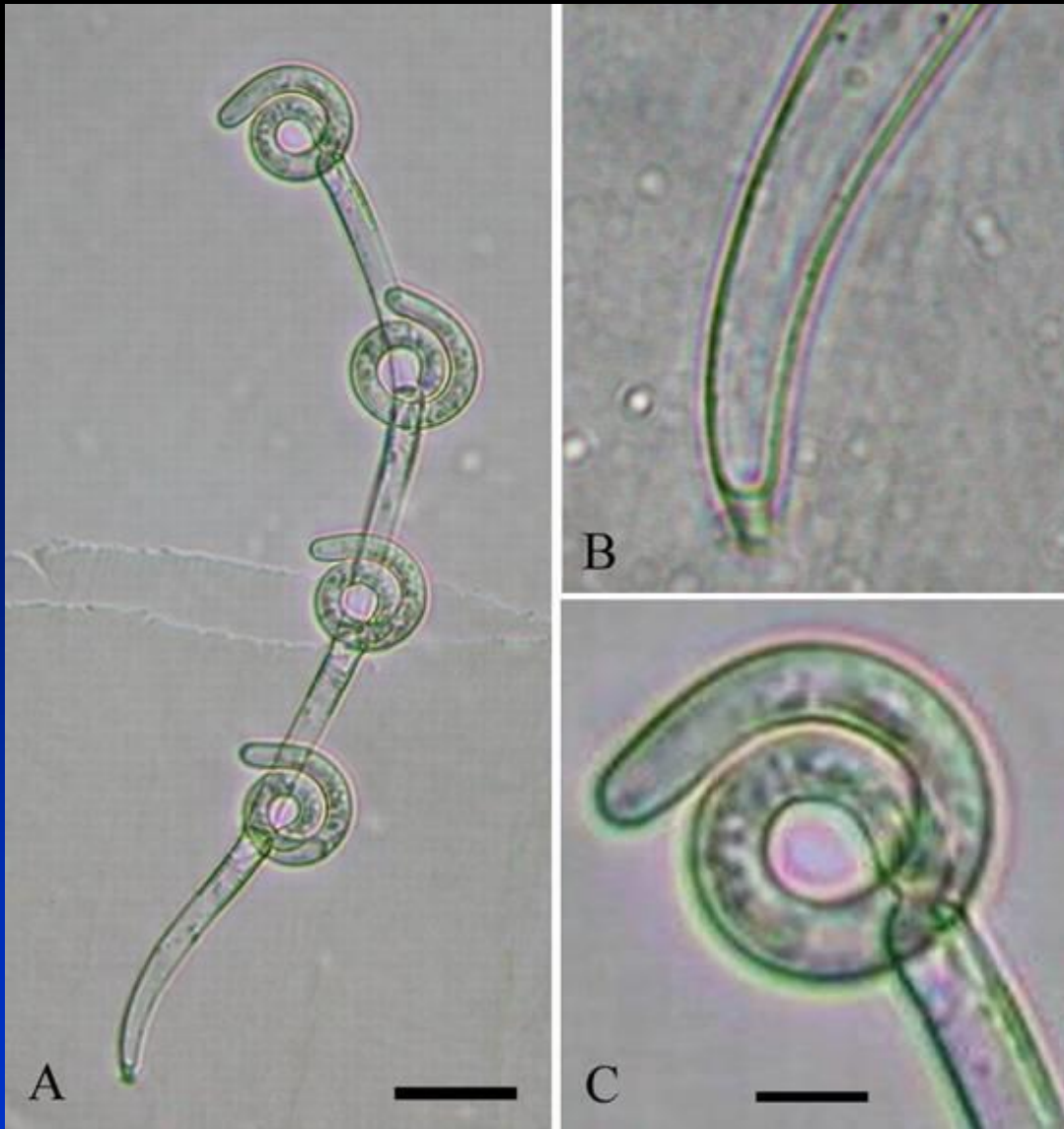


Рис. *Harpella melusinae* (Harpellales): 1 – вегетативні гіфи; 2 – спорангіола з єдиною спорангіоспорою (трихоспора); 3 – нитковидні придатки.





## *Harpella meridionales*

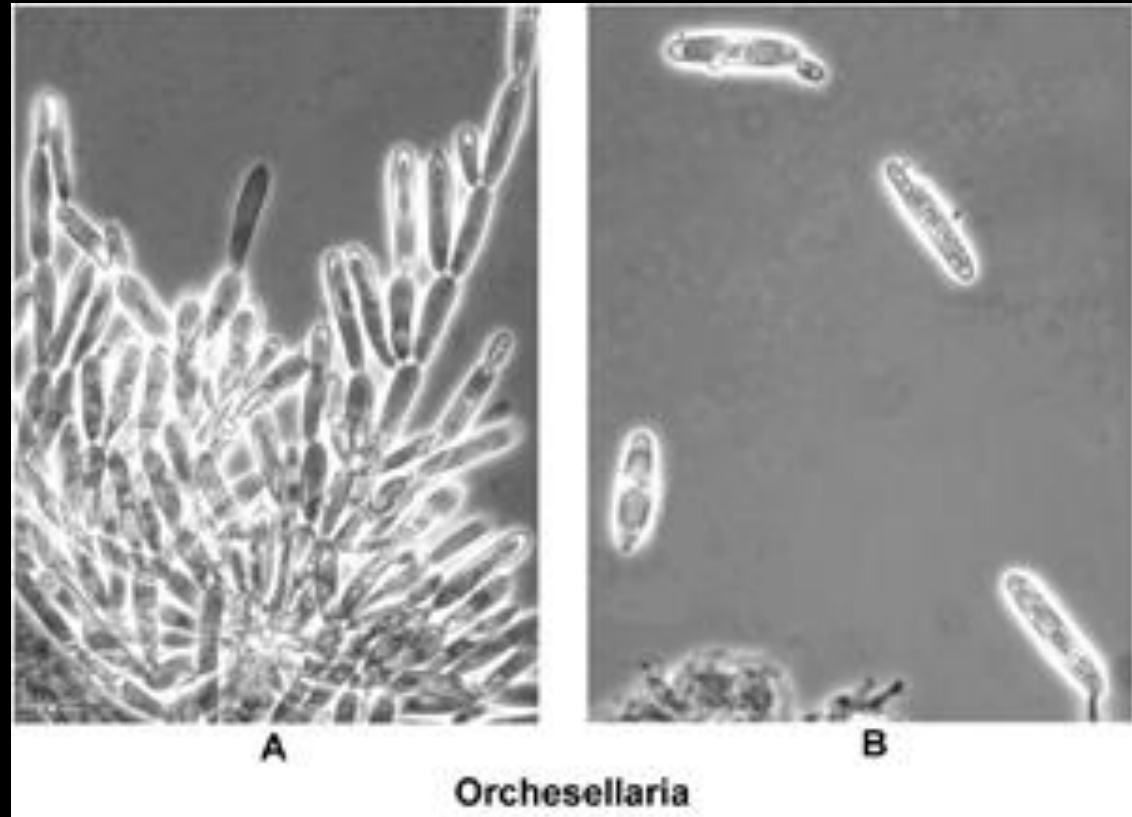
Ендосимбіонт комах роду *Simulium* (чорні мухи). укуси останніх викликає хворобу - лихоманку чорної мухи.



## Порядок Аселяріальні (Asellariales).

Гіфи з регулярними  
доліпоровими септами, що не  
мають хрестовидних пробок.  
Спороношення представлені  
одно споровими  
спорангіолами, що  
розташовані ланцюжками.  
Телеоморфи невідомі.

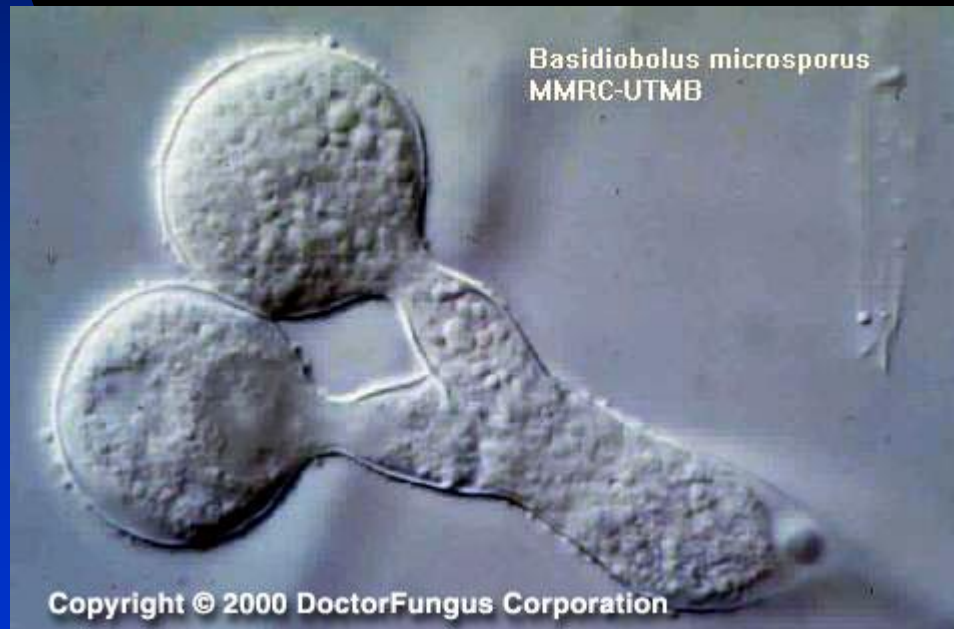
Ендосимбіонти  
членистоногих (*Orchesellaria  
mauguioi*).



*Orchesellaria mauguioi* (Asellariales): A –  
слань; B – артроспори.

Incertae sedis

## Порядок Базидіоболяльні (Basidiobolales)



## **Відділ Zygomycota (1954)**

### **Підвідділ Mucoromycotyna (2007)**

**Порядок Mucorales (1832)**

**Порядок Endogonales (1931)**

### **Підвідділ Mortierellomycotina (2011)**

**Порядок Mortierellales (1998)**

### **Підвідділ Zoopagomycotyna (2007)**

**Порядок Zoopagales (1979)**

### **Підвідділ Entomophthoromycotyna (2007)**

**Порядок Entomophthorales (1880)**

### **Підвідділ Kickxellomycotina (2007)**

**Порядок Kickxellales (1979)**

**Порядок Dimargaritales (1979)**

**Порядок Harpellales (1978)**

**Порядок Asellariales (1978)**

**Incertae sedis**

**Порядок Basidiobolales (1931)**

# 3. Відділ GLOMEROMYCOTA

160 видів

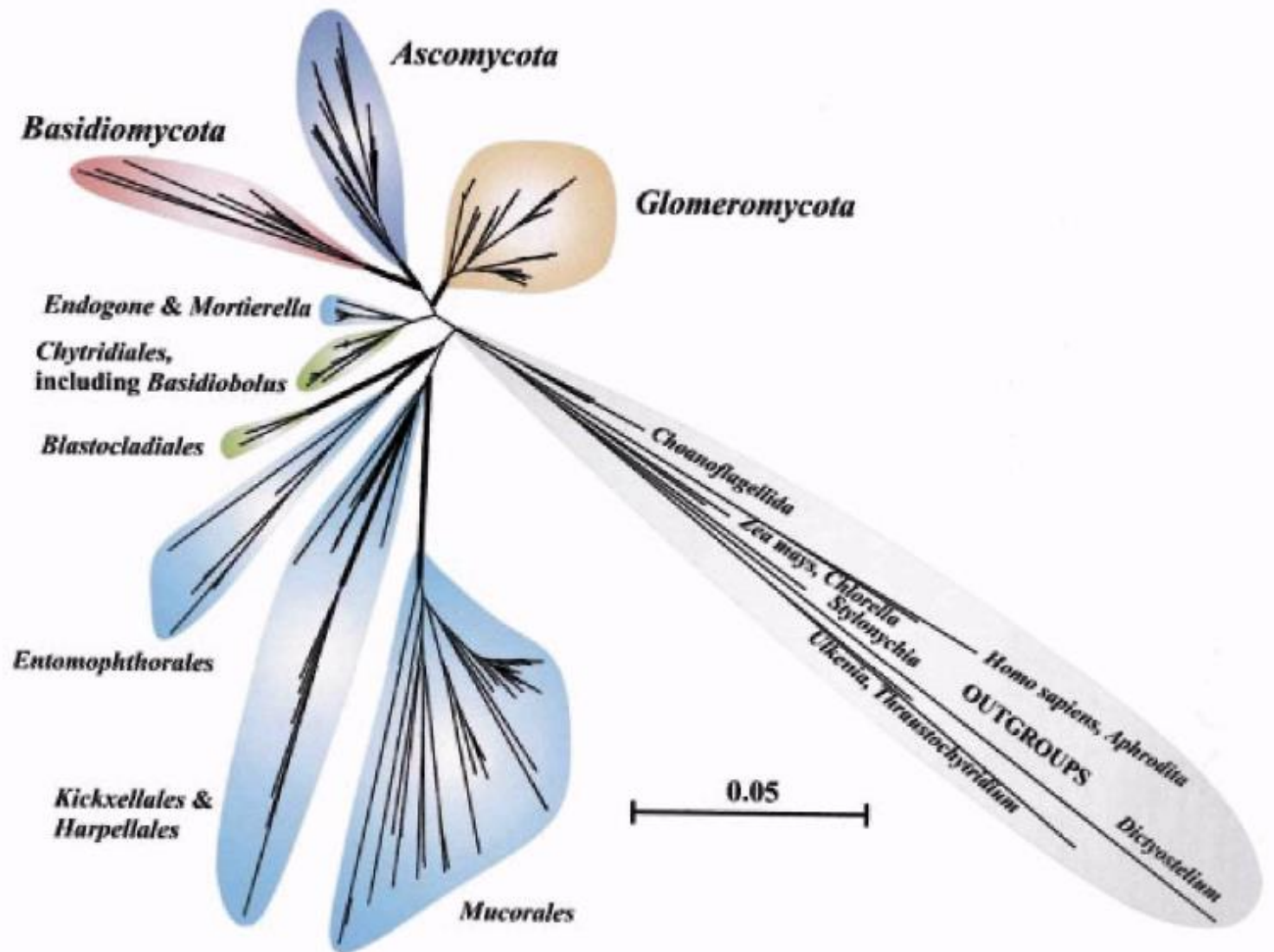
Порядки: Archeosporales,  
Diversisporales, Glomerales,  
Paraglomerales.

Для більшості виділених порядків  
немає чітких морфологічних ознак.

Порядки виділені на основі сіквенса  
SSU rRNA (РНК малої субодиниці  
рибосоми).

Головні таксономічні ознаки:

- 1) Утворюють підземну розгалужену (арбускулярну) та везикулярно-арбускулярну мікоризу з рослинами.
- 2) Гіфи несептовані, ценоцитні.
- 3) Статеві процеси невідомі.
- 4) Безстатеві спороношення представлені головним чином термінальними хламідоспорами.



Філогенія царства гриби, яка базується на сиквенсі рРНК малої субодиниці рибосом (SSU rRNA).

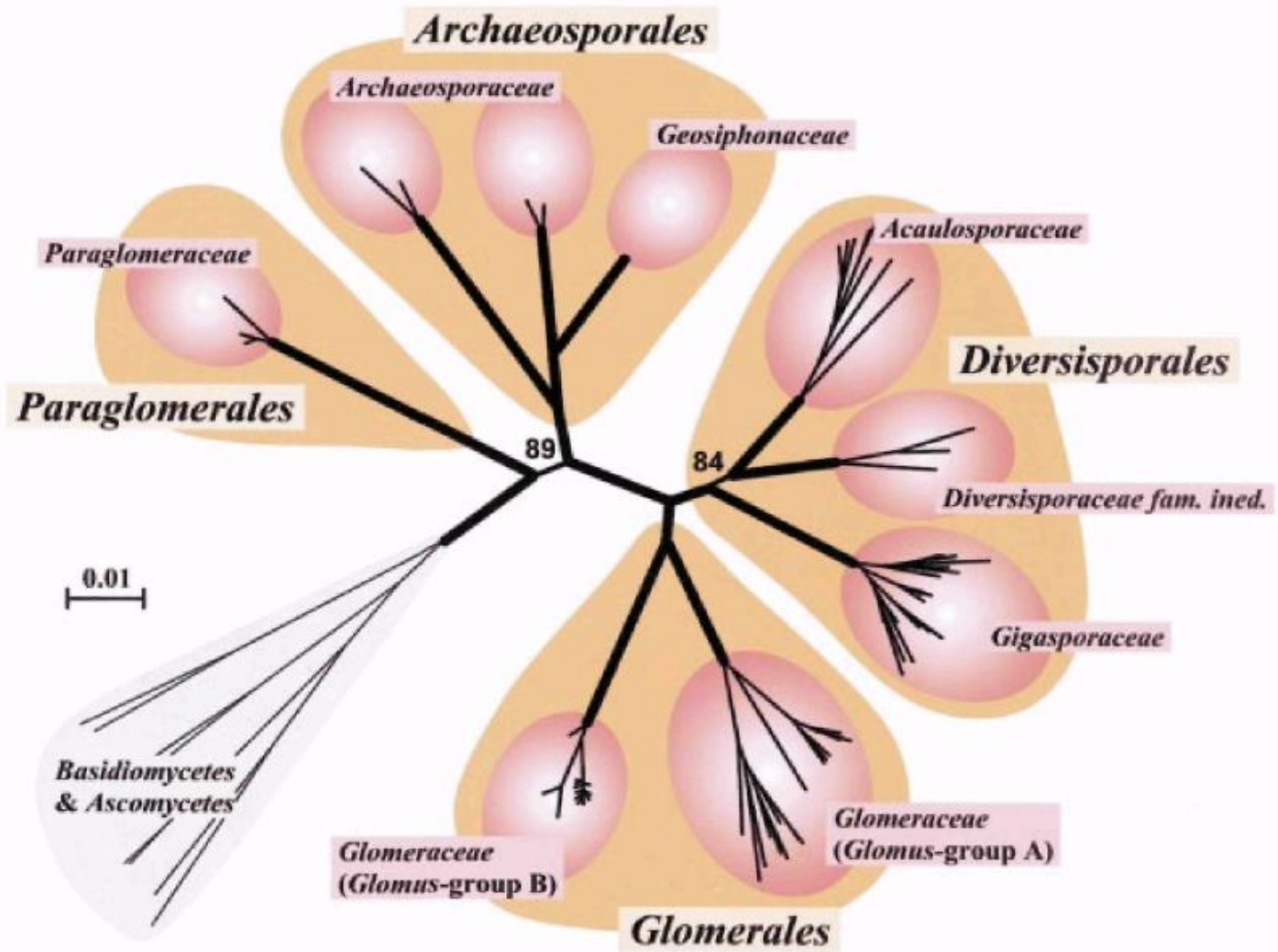


Fig. 2. Proposed generalized taxonomic structure of the AM and related fungi (*Glomeromycota*) based on SSU rDNA gene sequences.

Таксономічна структура відділу *Glomeromycota*, основана на молекулярних даних.

## ФІЛОГЕНЕТИЧНІ ЗВ'ЯЗКИ

Для багатьох представників зигомікотових грибів проведений детальний аналіз сиквенсів маркерних послідовностей ДНК (nSSU rDNA).

- 1) Зигомікотові гриби виявились поліфілетичною групою, яка принаймні має декілька відокремлених монофілетичних гілок: відділ **Glomeromycota**, підвідділи **Mucoromycotyna**, **Mortierellomycotina**, **Zoopagomycotyna**, **Entomophthoromycotina** та **Kickxellomycotina**.
- 2) Монофілетичними та досить близькими виявились Dimargaritales, Harpellales, Kickxellales, Asellariales. Члени усіх порядків мають особливу будову септи з лентикулярним потовщенням – біфуркатна септа.
- 3) Наявність гіалінових зигоспор у Kickxellales та Harpellales зближує ці порядки більше ніж з Dimargaritales.
- 4) В основі порядку Mucorales, на основі односпорових спорангіол, розглядався рід *Mortierella*. Молекулярний аналіз показав віддаленість цього роду від всіх інших мукоральних, що дало підставу для виділення підвідділу Mortierellomycotina.
- 5) Поліфілетичним виявився порядок Entomophthorales, що привело до виділення з останнього нового порядку Basidiobolales, місце якого в системі зигомікотових грибів уточнюється.



## **Рекомендована література:**

- 1. Мюллер Э., Леффлер В. Микология. - М.: Мир, 1995. – 343 с.**
- 2. Костіков І.Ю. та ін. Ботаніка. Водорості та гриби. – К.: Аристей. – 2006. – С. 225-442.**
- 3. Леонтьєв Д.В., Акулов О.В. Загальна мікологія. – Харків:Основа, 2007. – 228 с.**
- 4. Hibbert D. et al. A higher-level phylogenetic classification of the Fungi. – Mycological research. – 2007. – 111. – P. 509-547.**

## Питання для самостійної роботи:

1. Яка сукупність ознак відрізняє зигоміктові гриби від інших відділів грибів?
2. Чим відрізняються доліпорові від простих септ?
3. Що таке ценоцитні гіфії?
4. Які особливості зигогамного статевого процесу?
5. Особливості будови клітинної оболонки зигомікотових грибів.
6. На яких стадіях життєвого циклу зигомікотових грибів (на прикладі *Mucor*) відбувається плазмогамія, каріогамія та мейоз?
7. Чим відрізняються спорангії зигомікотових від інших типів анаморф.
8. Назвіть основні особливості структури мероспорангія та спорангіоли.
9. Класифікація зигомікотових грибів на основі молекулярних даних (Hibbert et al., 2007).
10. Основні ознаки підвіддіу *Mucoromycotyna*, представники та їх практичне значення.

11. Порядок Mucorales, представники та їх практичне значення.
12. Порядок Endogonales, представники та їх практичне значення.
13. Підгрунття для виділення підвідділу Mortierellomycotina.
14. Порядок Mortierellales, представники та їх практичне значення.
15. Підгрунття для виокремлення підвідділу Zoopagomycotyna.
16. Порядок Zoopagales, представники та їх практичне значення.
17. Підгрунття для виокремлення підвідділу Entomophthoromycotyna.
18. Порядок Entomophthorales, представники та їх практичне значення.
19. Особливості життєвого циклу *Entomophthora fumosa*.
20. Підгрунття для виокремлення підвідділу Kickxellomycotina.
21. Порядок Kickxellales, представники та їх практичне значення.
22. Порядок Dimargaritales, представники та їх практичне значення.
23. Порядок Harpellales, представники та їх практичне значення.
24. Порядок Asellariales, представники та їх практичне значення.
25. Характеристика відділу Glomeromycota.
26. Місце Zygomycota та Glomeromycota в філогенетичній системі грибів.
27. Філогенетичне значення відділу Glomeromycota.