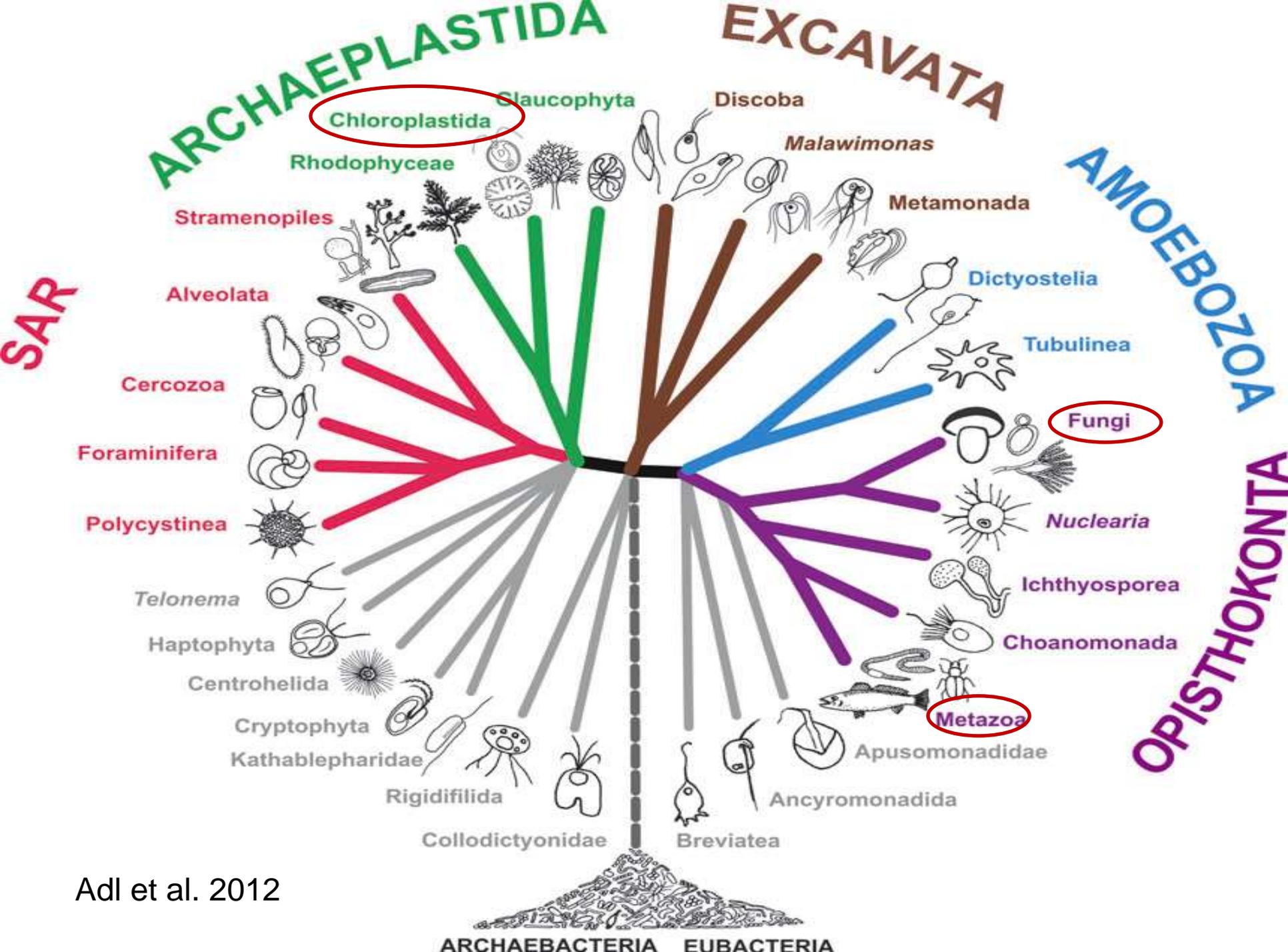


ПРОТИСТЫ И ГРИБЫ – ГДЕ ГРАНИЦА?

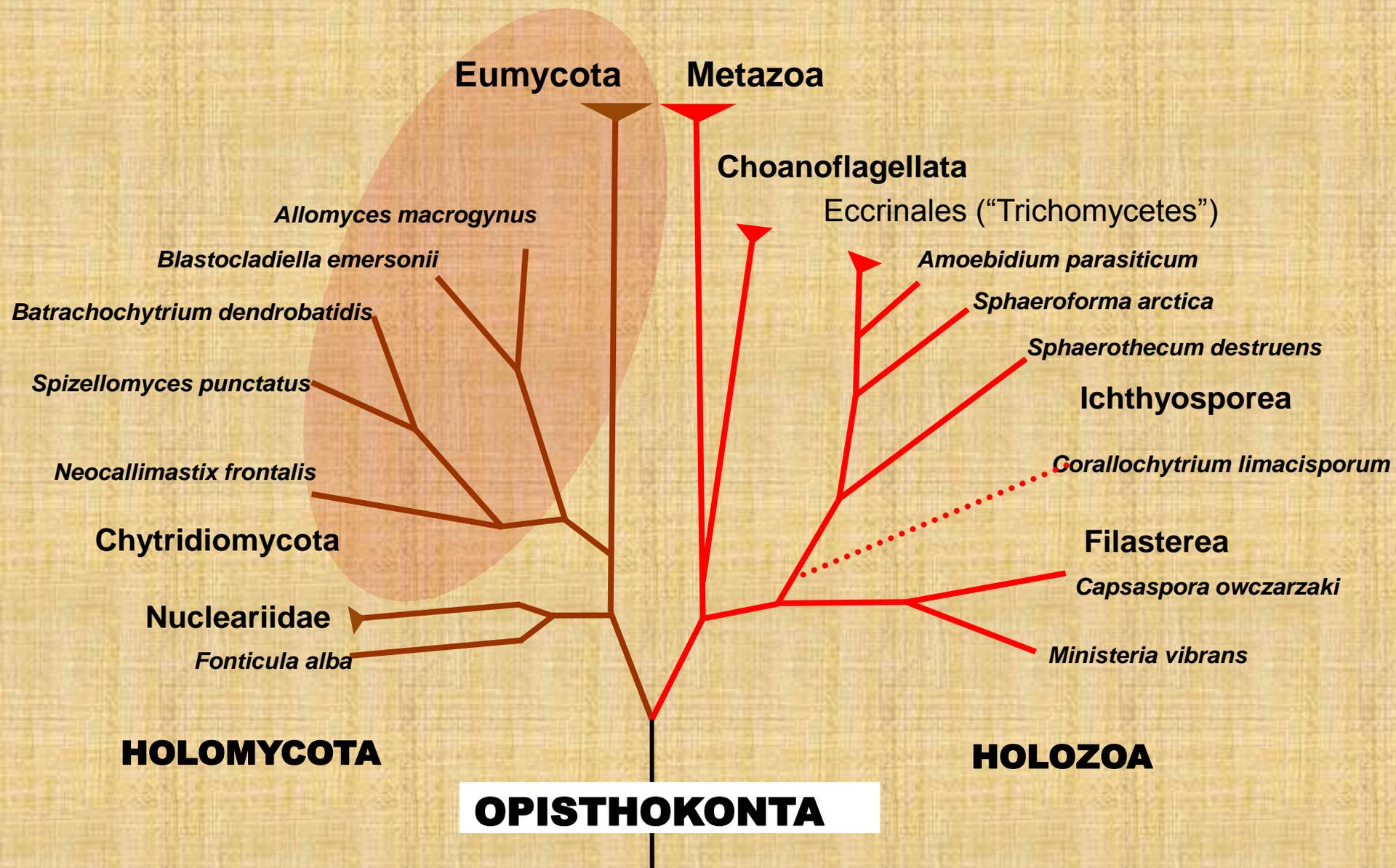
С.А. Карпов

Зоологический институт РАН

Санкт-Петербургский государственный университет



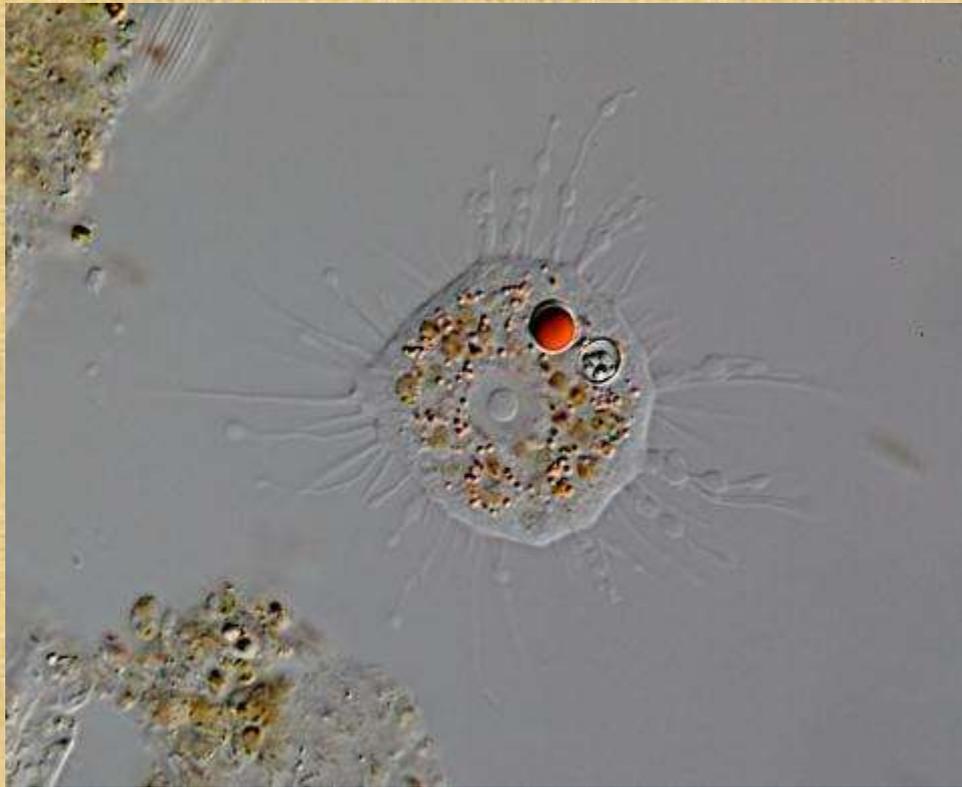
Adl et al. 2012



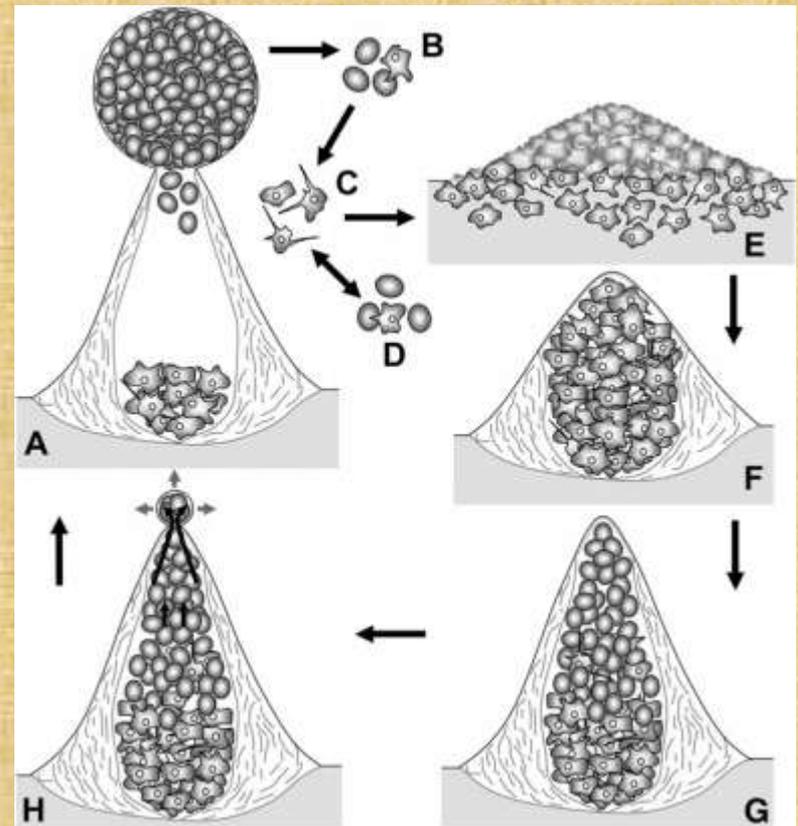
По: Mikhailov et al. (2009)

Nucleariida

Nuclearia sp.



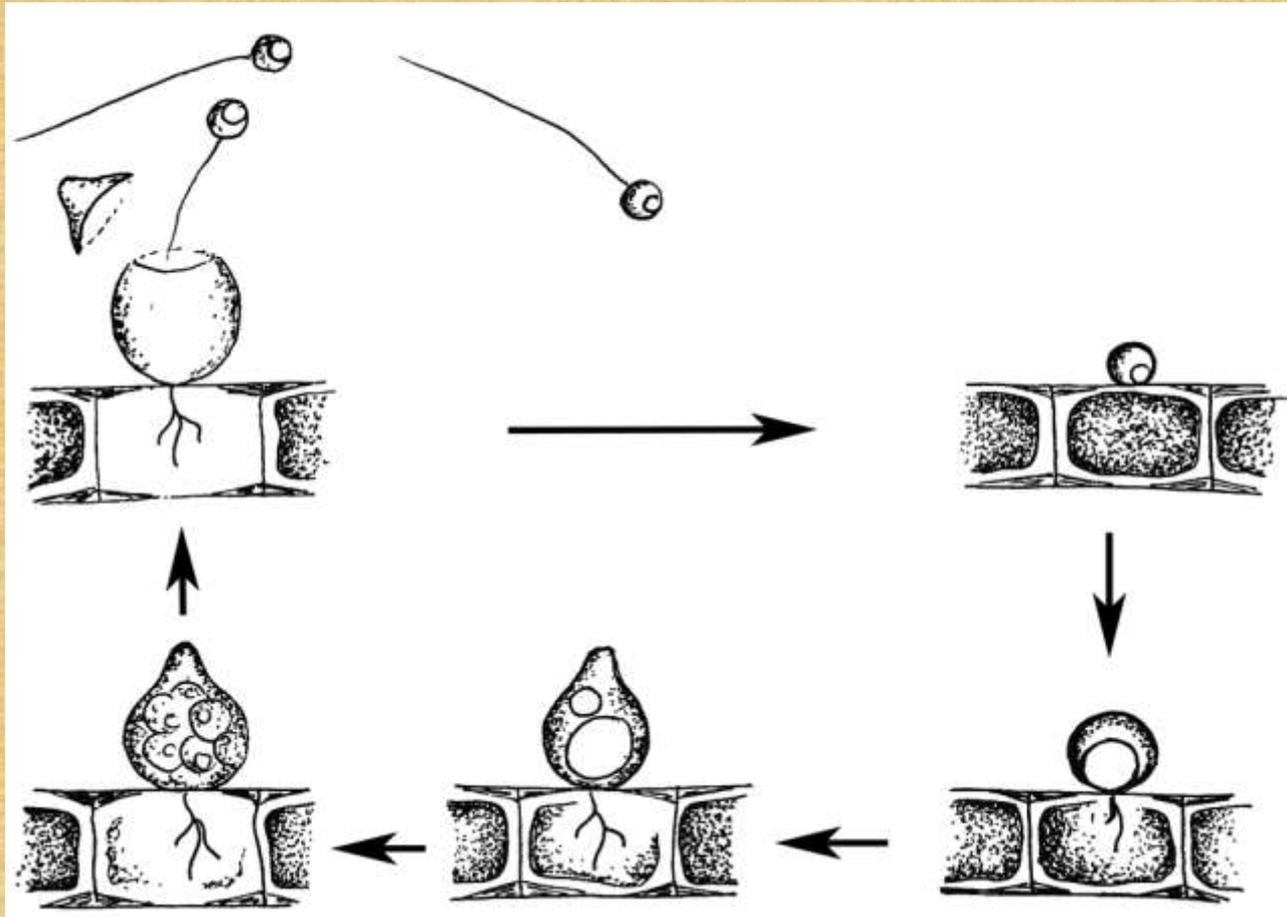
Fonticula alba



<http://www.penard.de/>

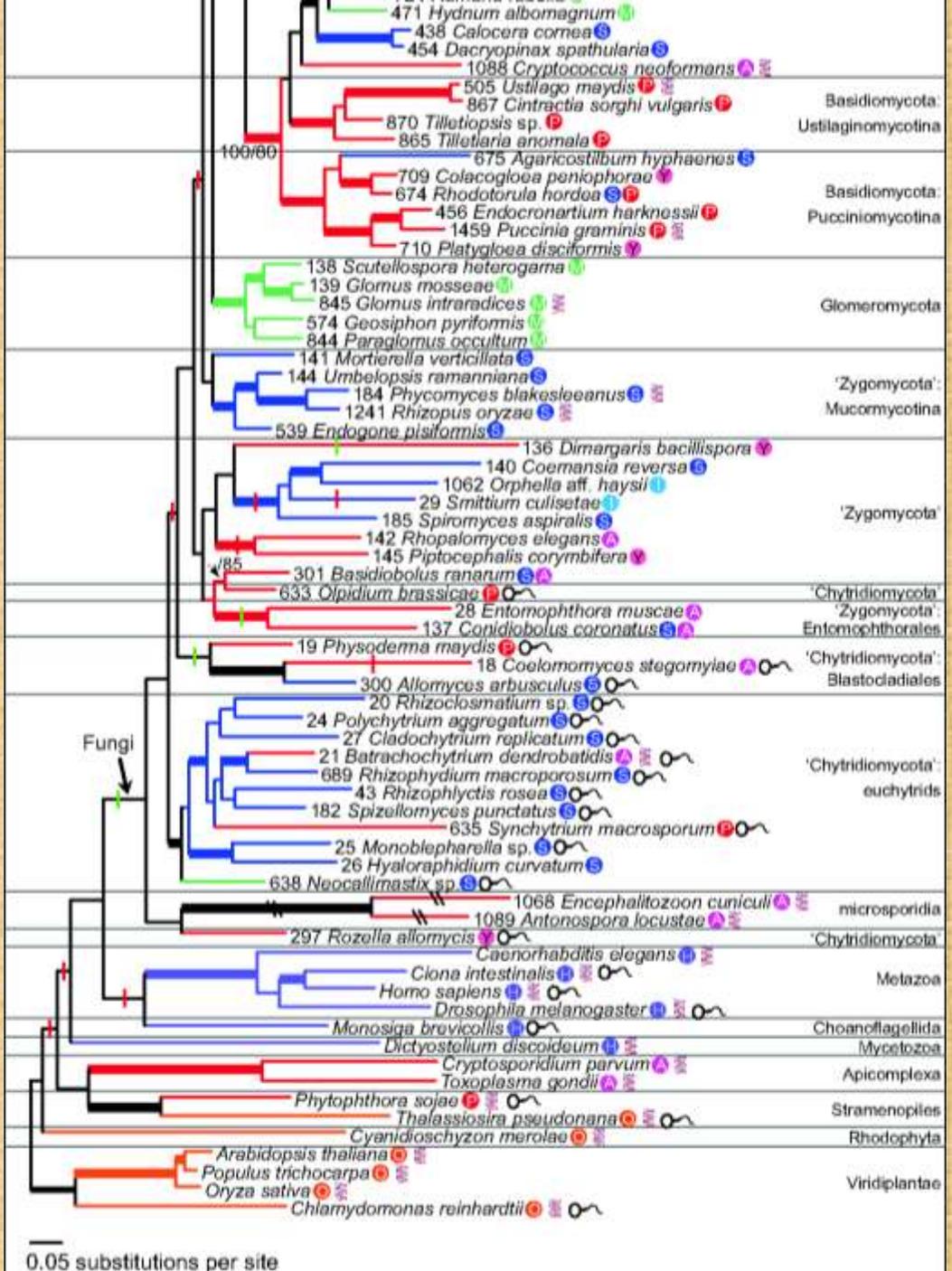
Brown et al. (2009)

Жизненный цикл хитридиомицетов



Бесполоя часть жизненного цикла *Chytridium lagenula*, паразитирующего на *Tribonema gayanum*

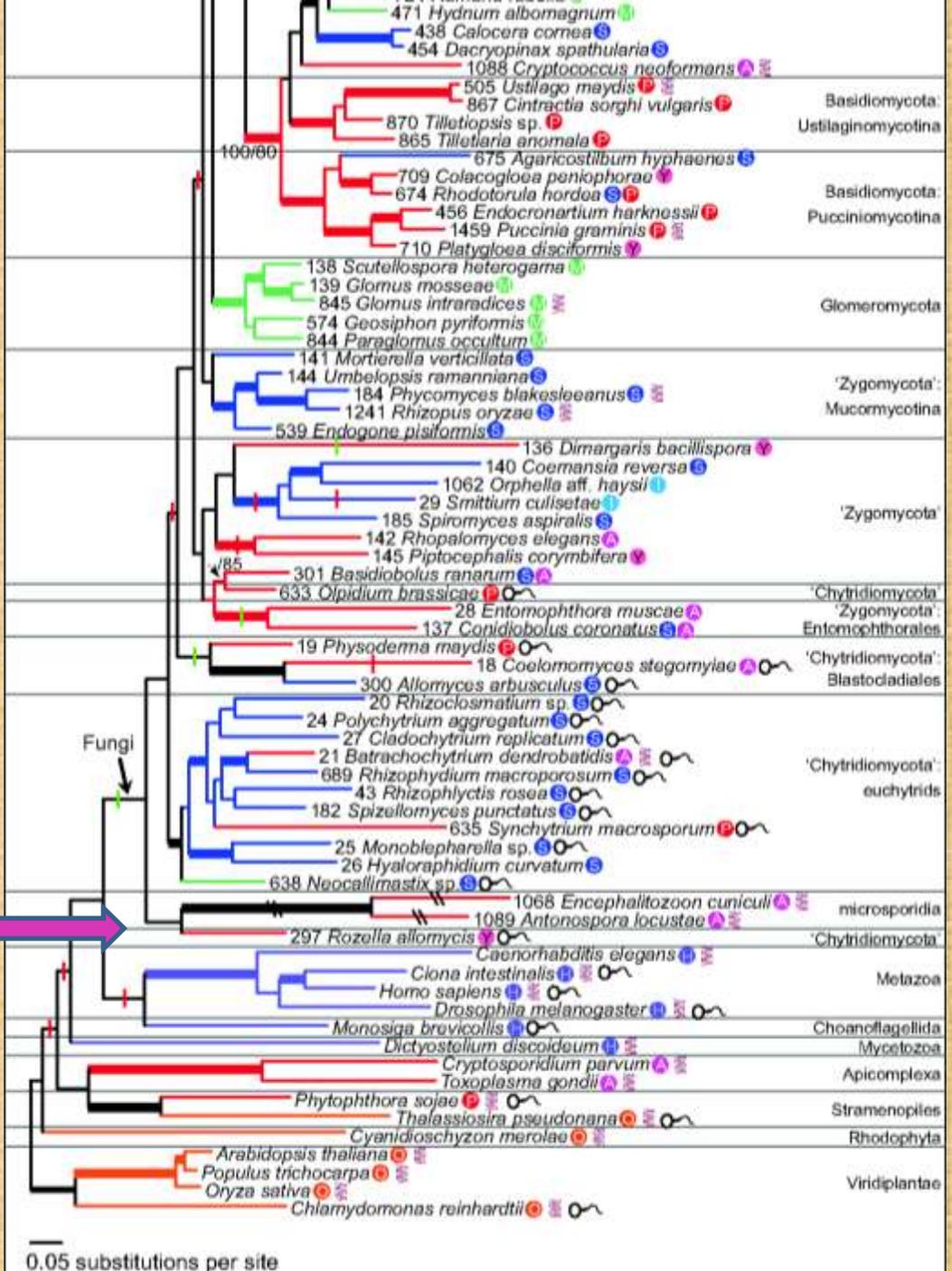
Первая глобальная молекулярная филогения грибов



James et al. (2006)

0.05 substitutions per site

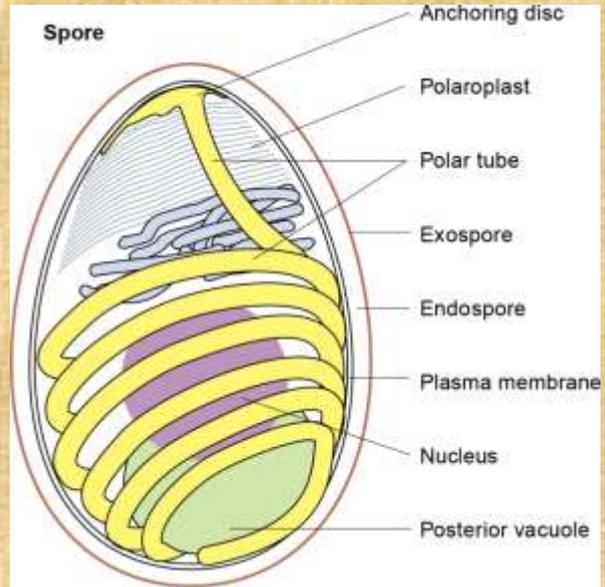
Первая глобальная молекулярная филогения грибов



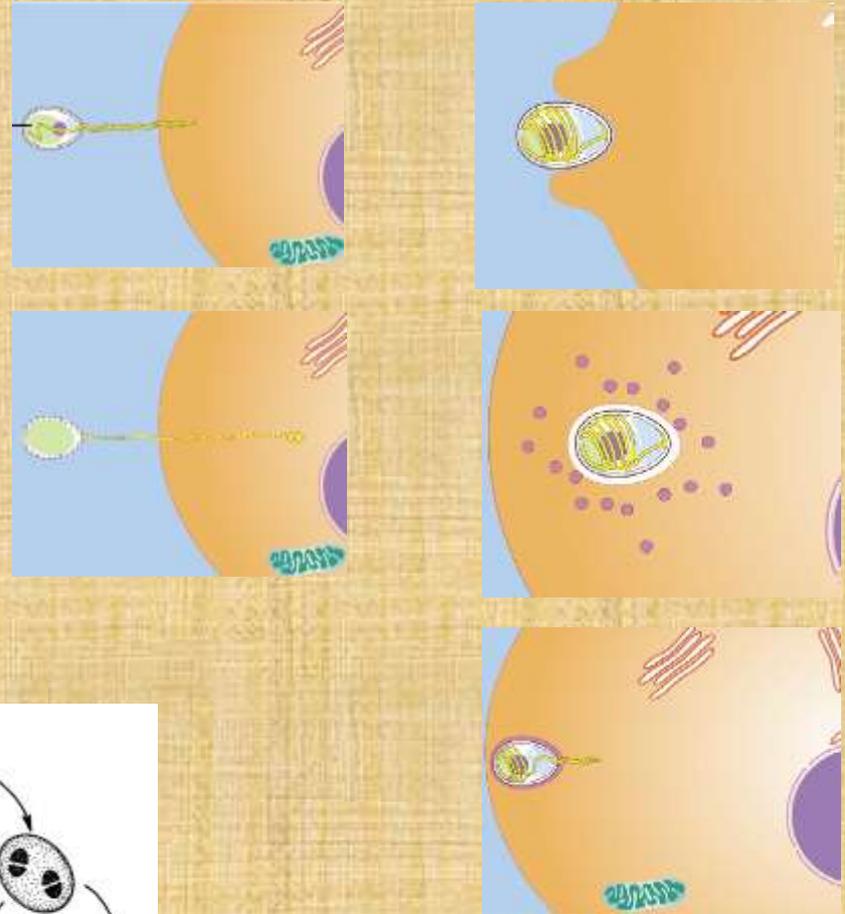
James et al. (2006)

Микроспоридии

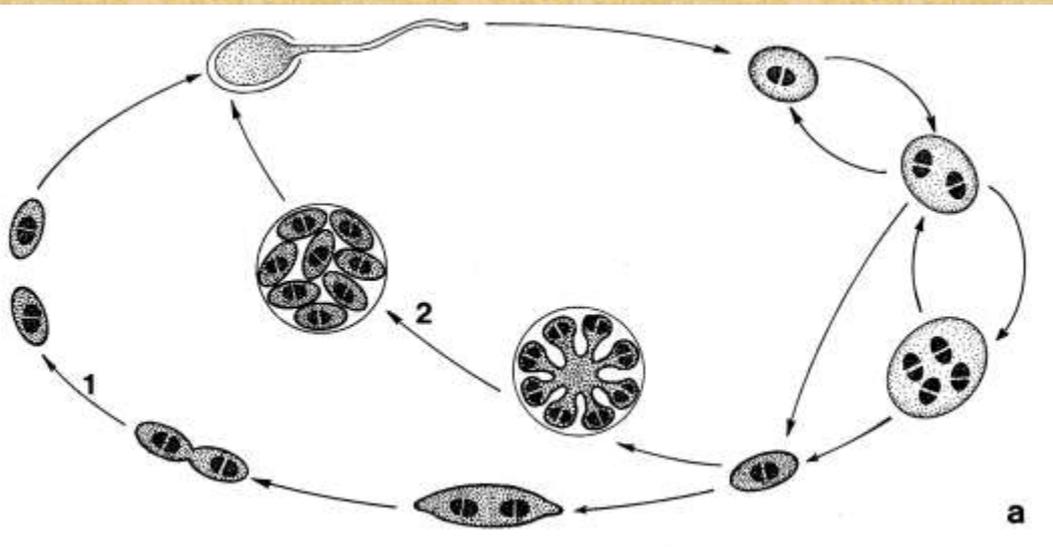
Строение споры

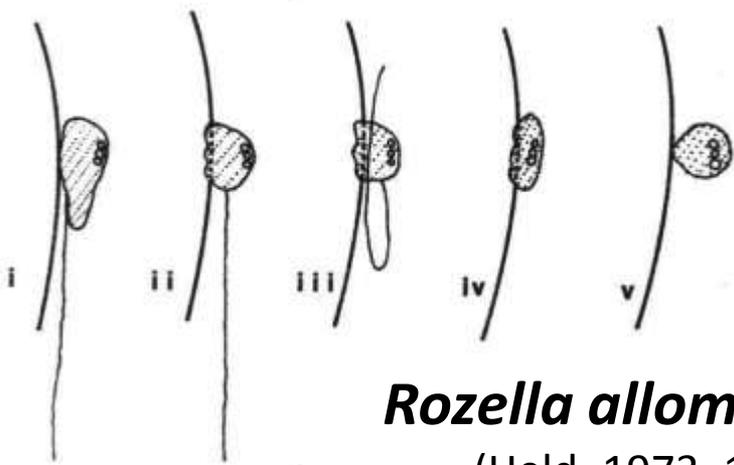


заражение



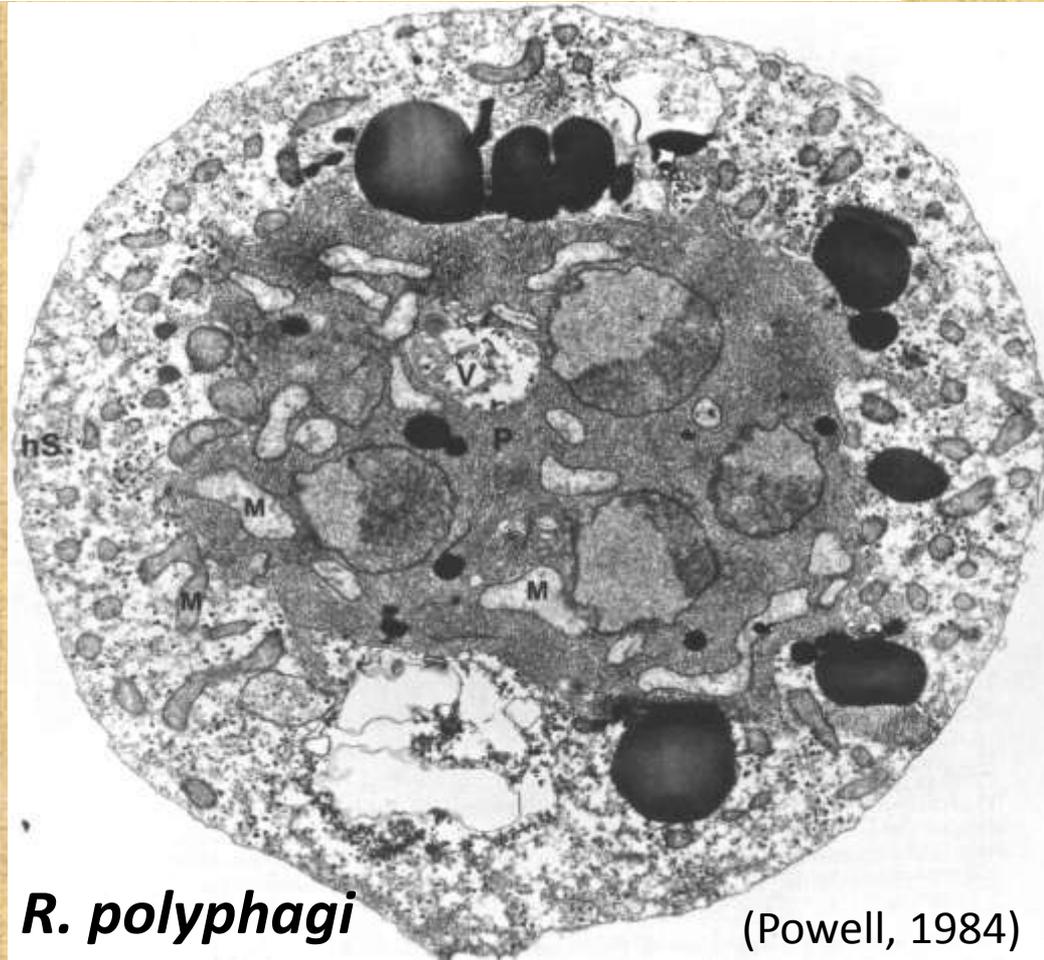
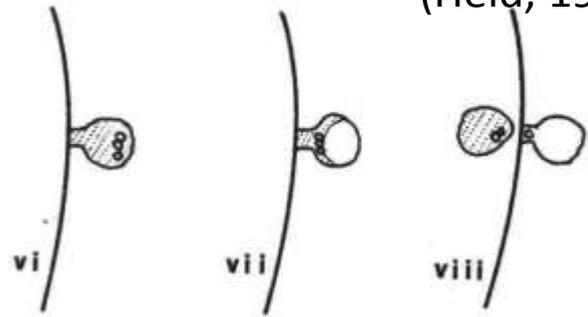
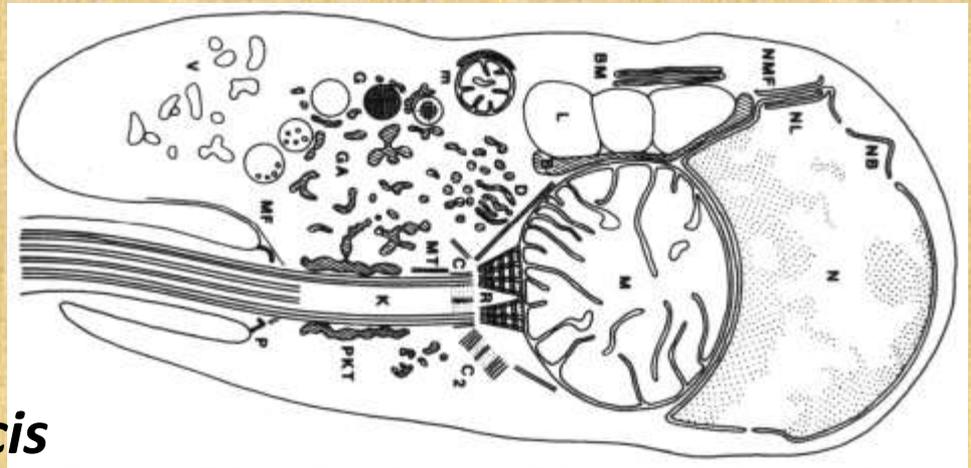
Жизненный цикл





Rozella allomycis

(Held, 1973, 1975)

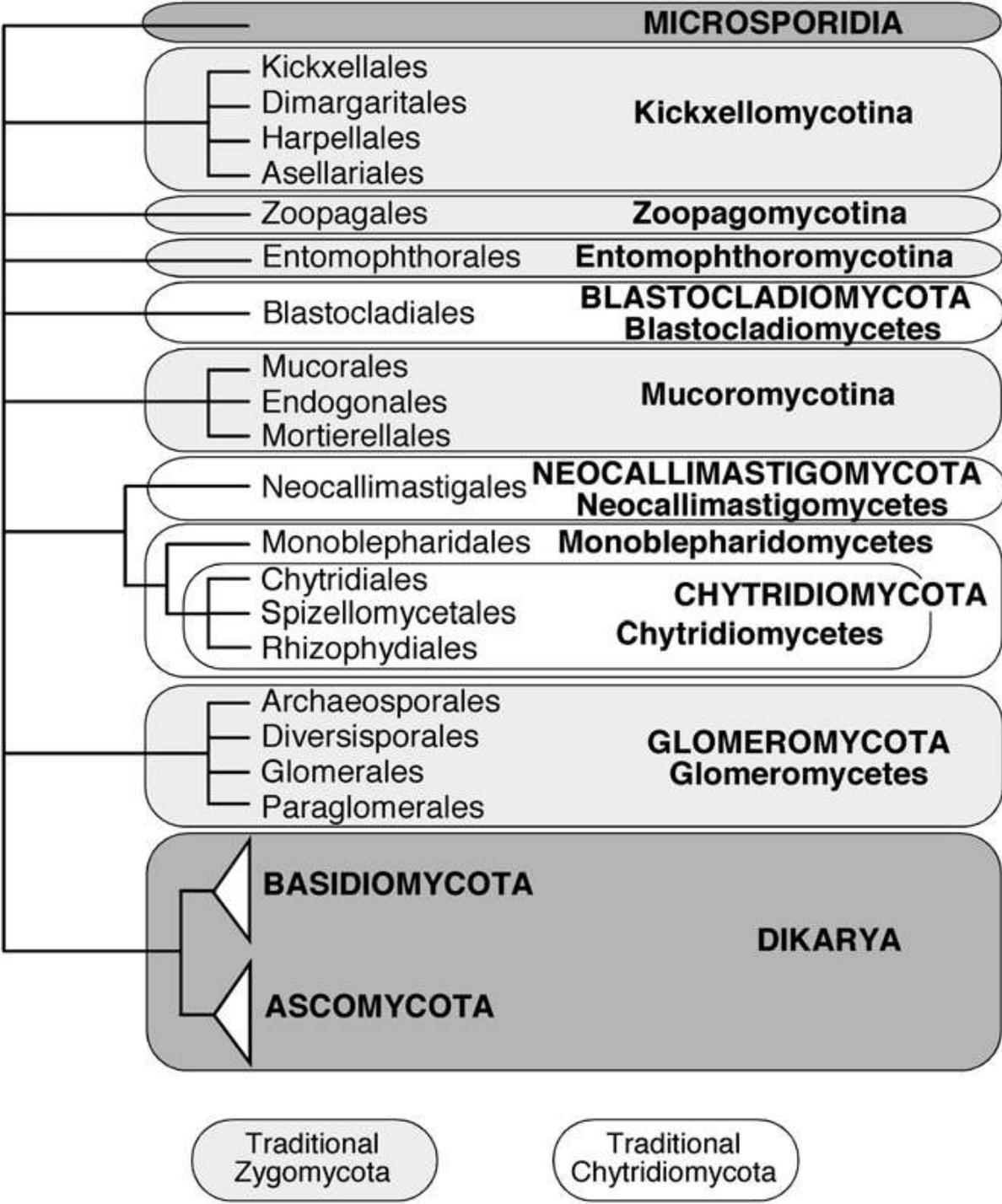


R. polyphagi

(Powell, 1984)



Классификация царства Fungi (по Hibbett et al. 2007)

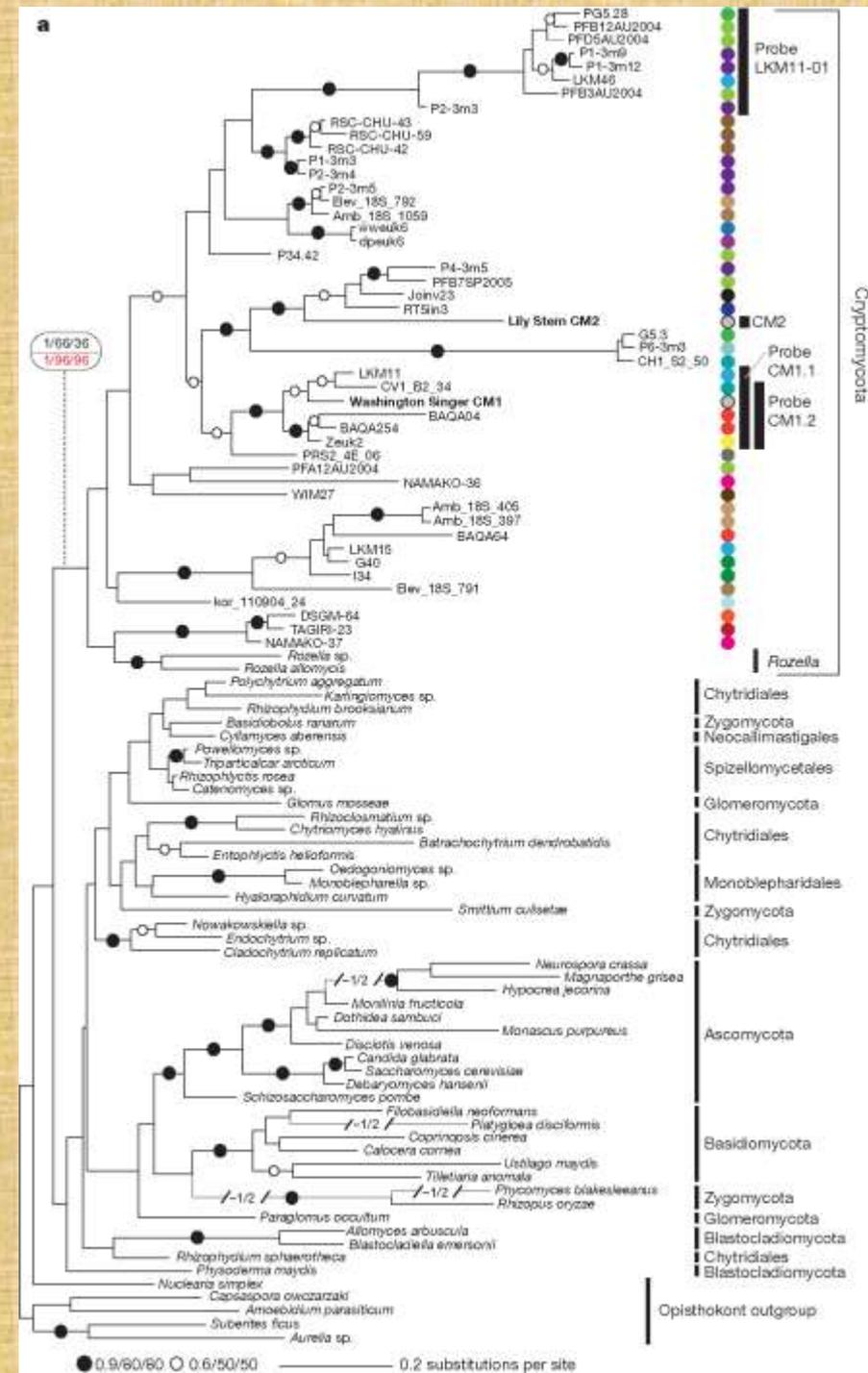


Jones et al. (2011a)

Jones et al. (2011b):

Cryptomycota phyl. nov.

(Rozellomycota)



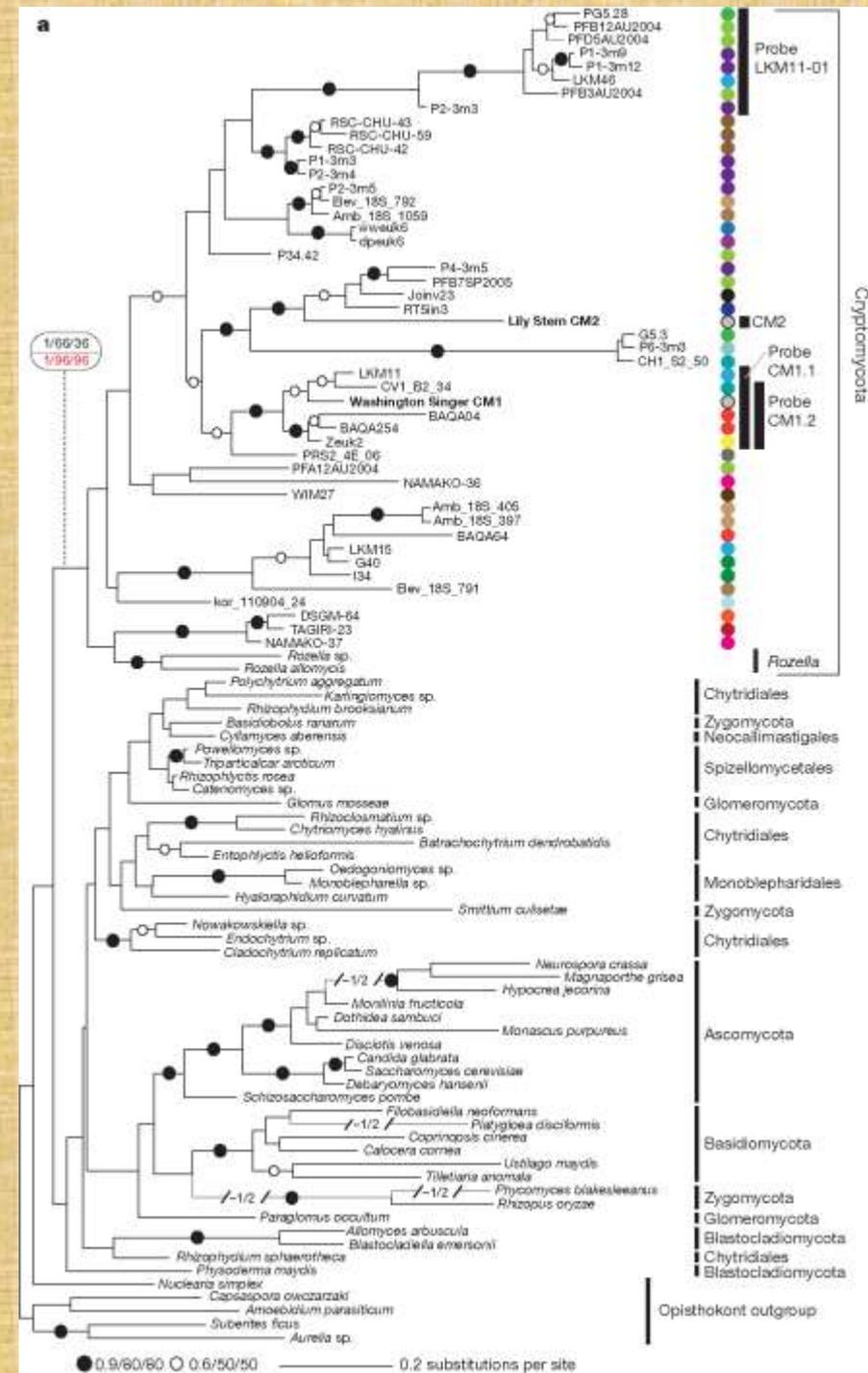
Jones et al. (2011a)

Jones et al. (2011b):

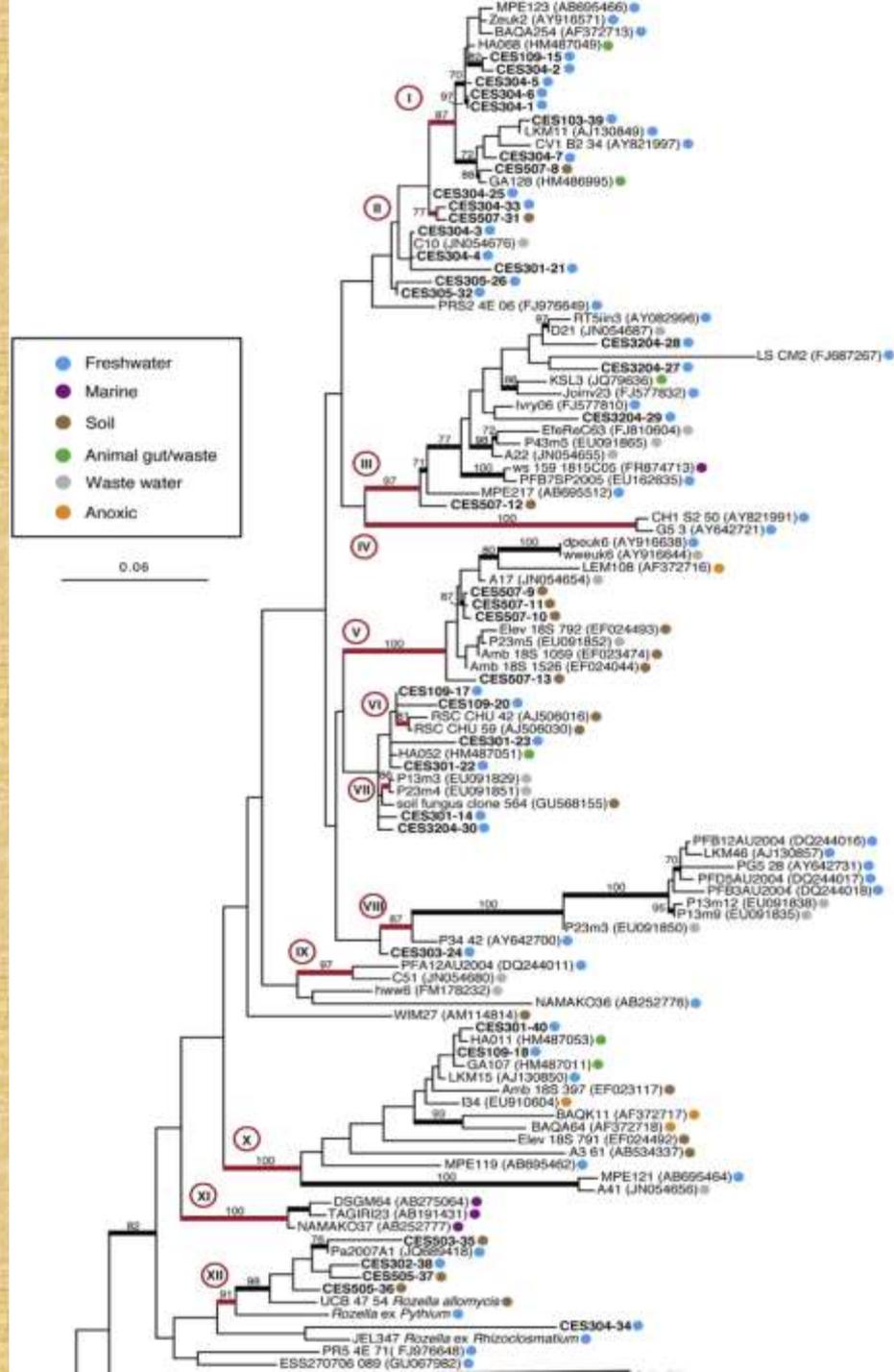
Cryptomycota phyl. nov.

(Rozellomycota)

- Внутриклеточные паразиты хитридиомицетов, оомицетов и зеленых водорослей
- Инвазионная циста с короткой проникающей трубкой
- Зооспоры - одножгутиковые опистоконты
- Кристы митохондрий пластинчатые/мешковидные
- Фаготрофное питание трофонта



Разнообразие криптомикот

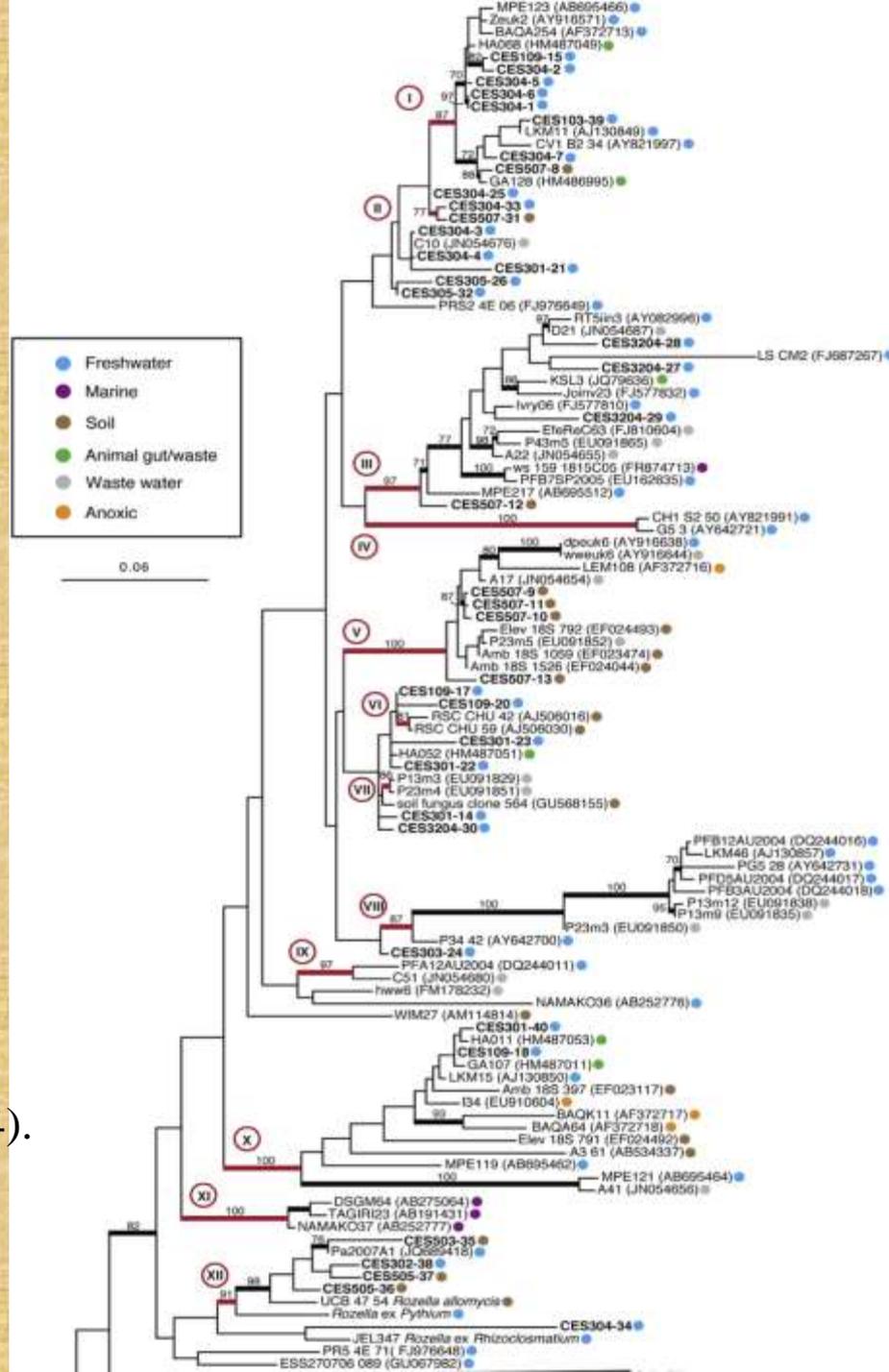


Разнообразие криптомикот

Число описанных видов грибов
100,000
(Kirk et al., 2008).

По природным сиквенсам ДНК
предполагается **5,100,000**
(Blackwell 2011; Taylor et al. 2014).

Lazarus and James (2015)

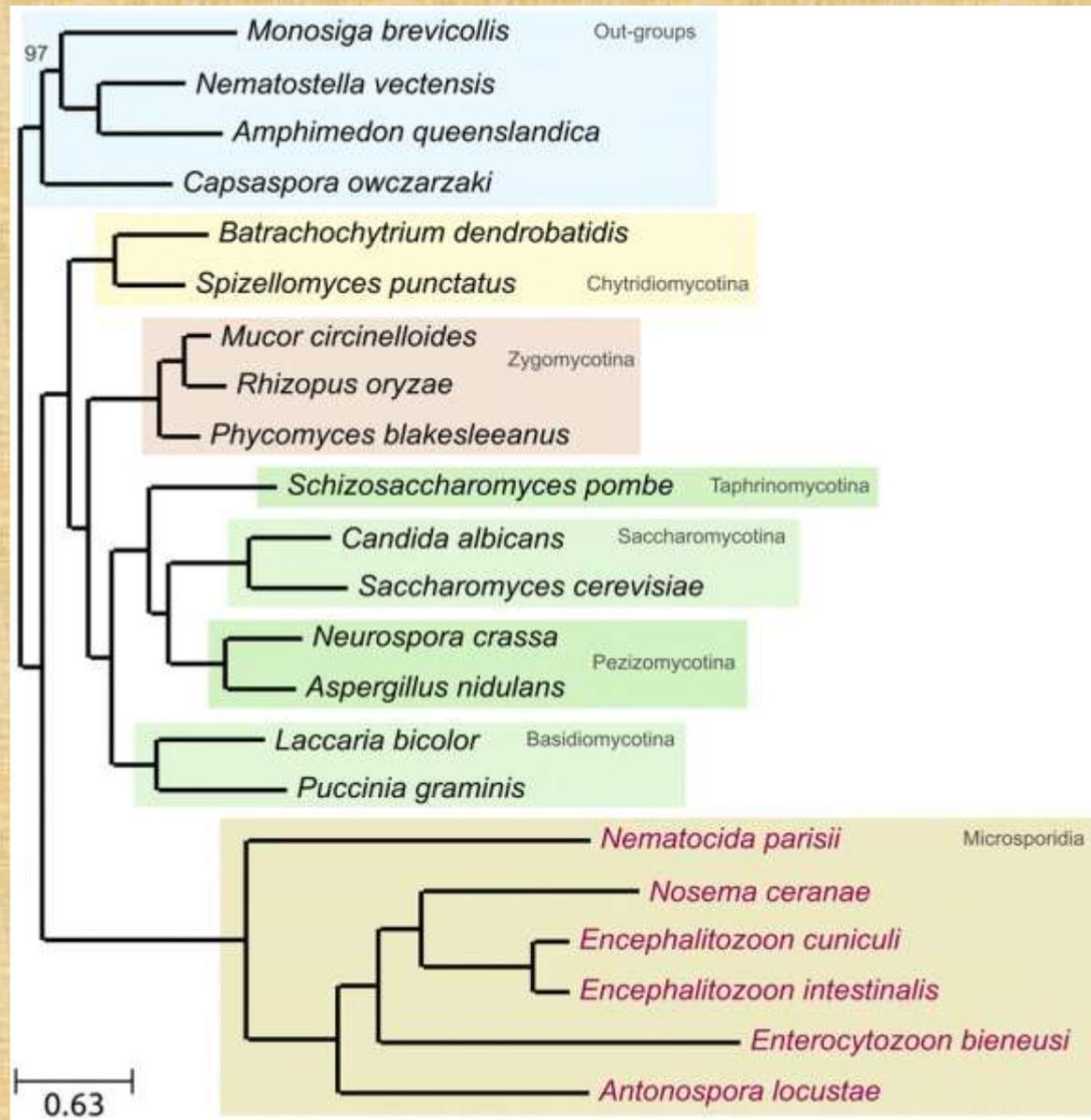


Cryptomycota

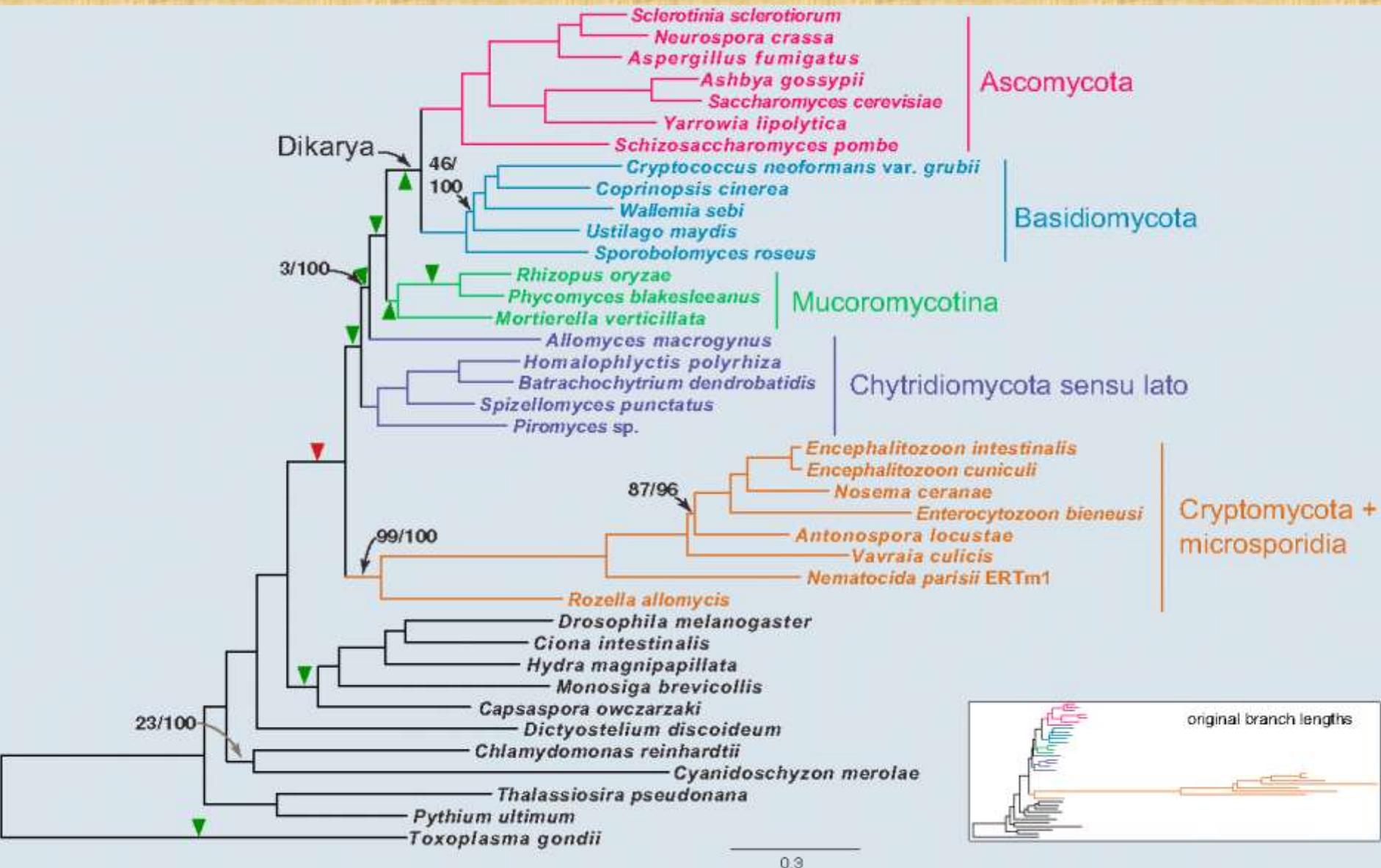
Микроспоридии – не грибы

Capella-Gutiérrez et al. 2012:

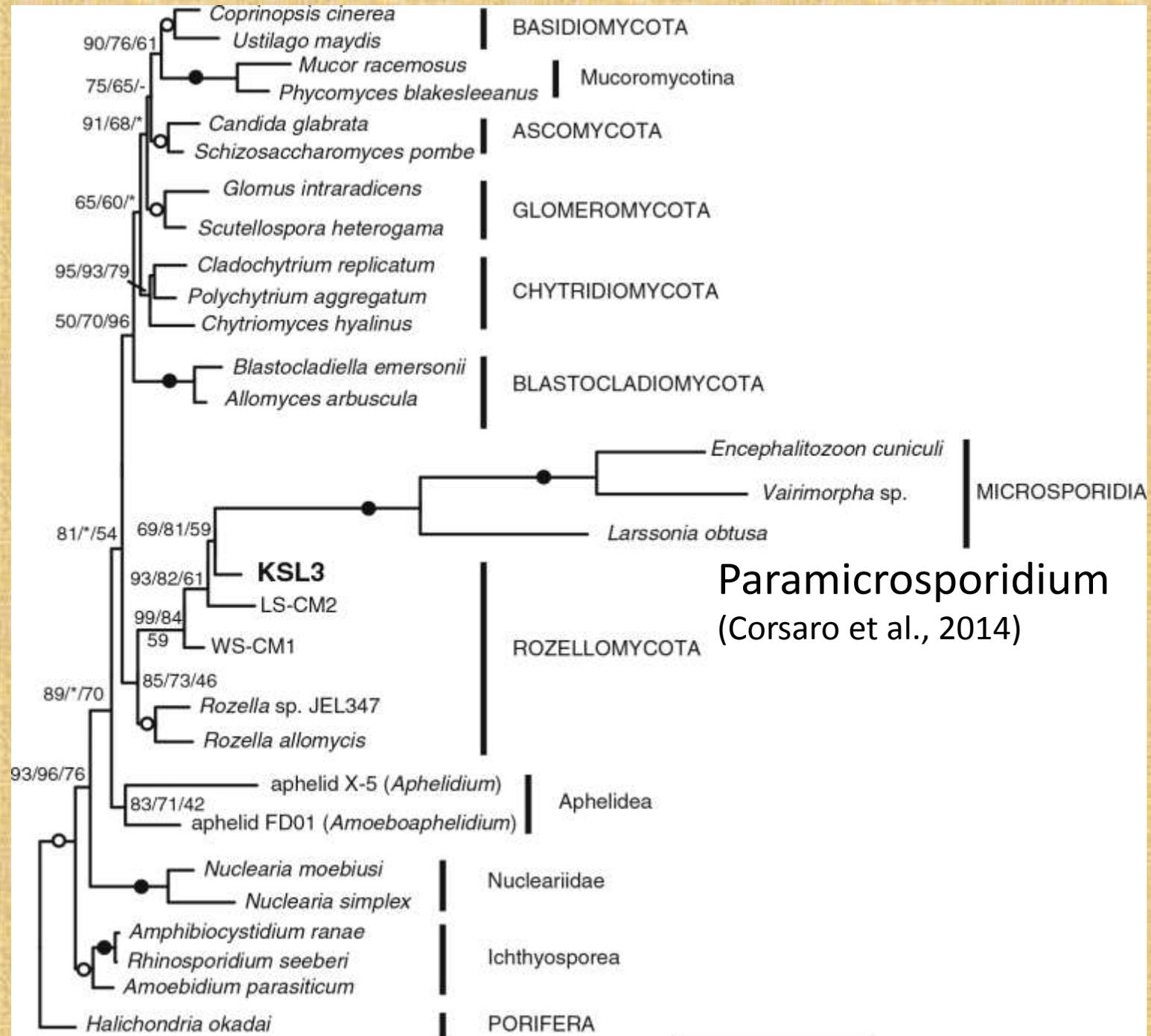
МФ древо по 53 генам
дает ветвь
микроспоридий
сестринскую грибам, а
не внутри грибов.



James et al. 2013: геном *Rozella allomycis*

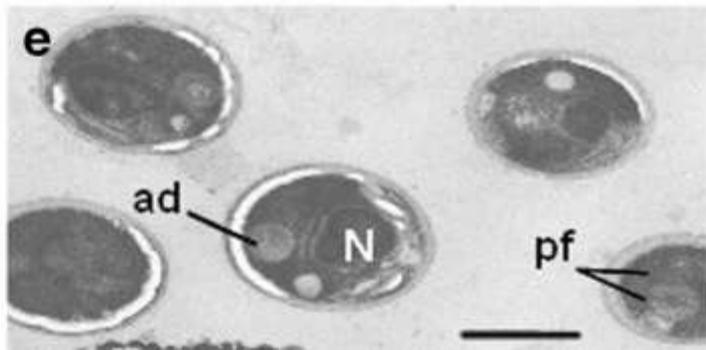
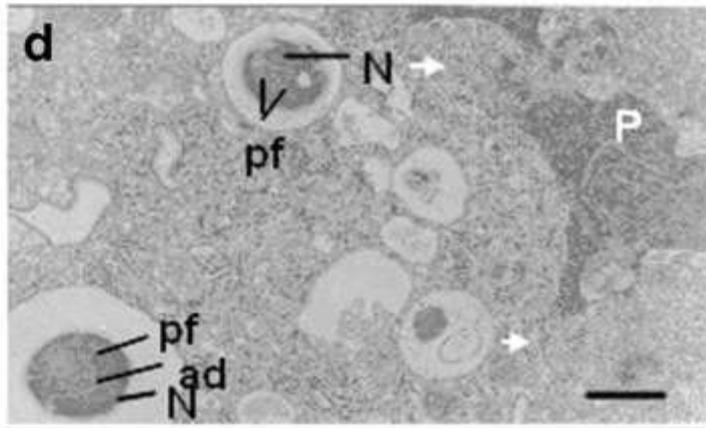
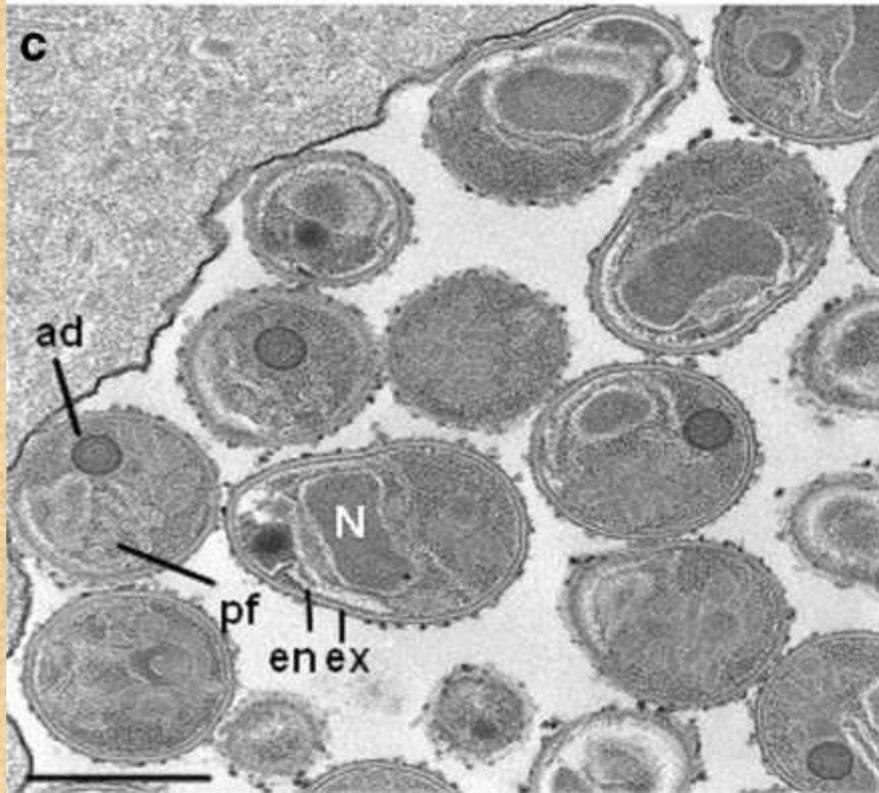
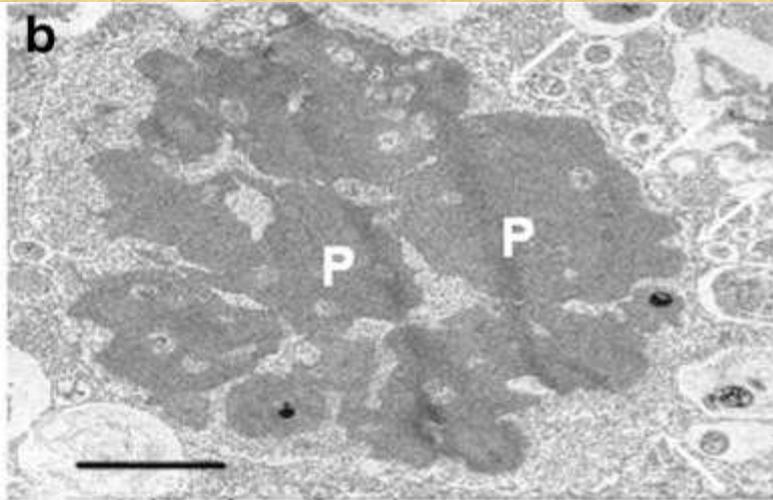
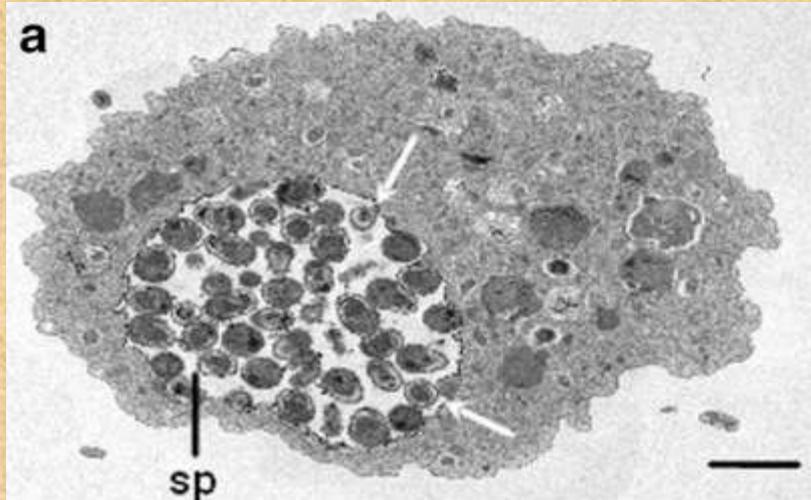


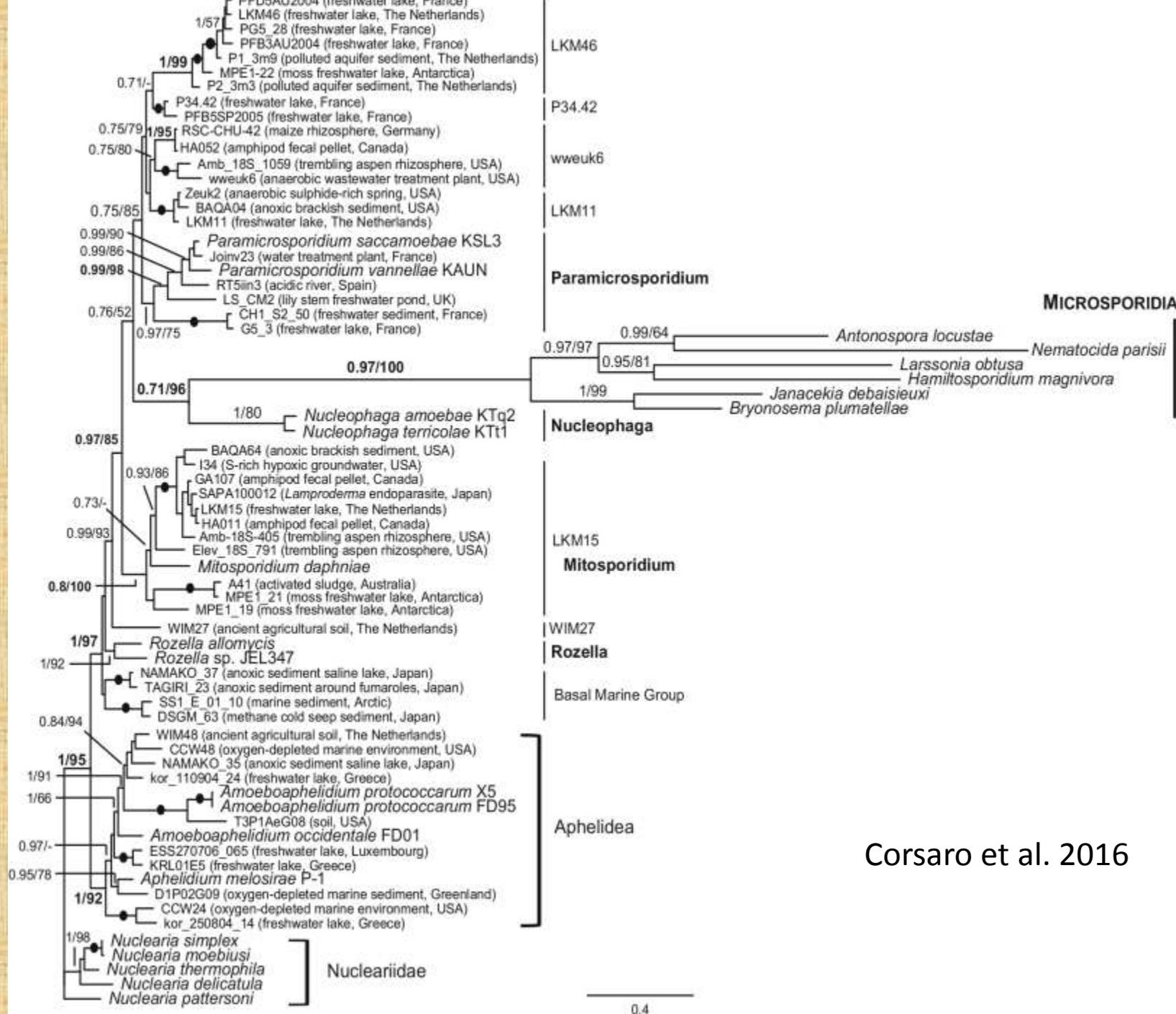
Филогения грибов по 200 генам



Paramicrosporidium
(Corsaro et al., 2014)

Paramicrosporidium saccamoebae (Corsaro et al., 2014). Паразит *Vannella* sp.

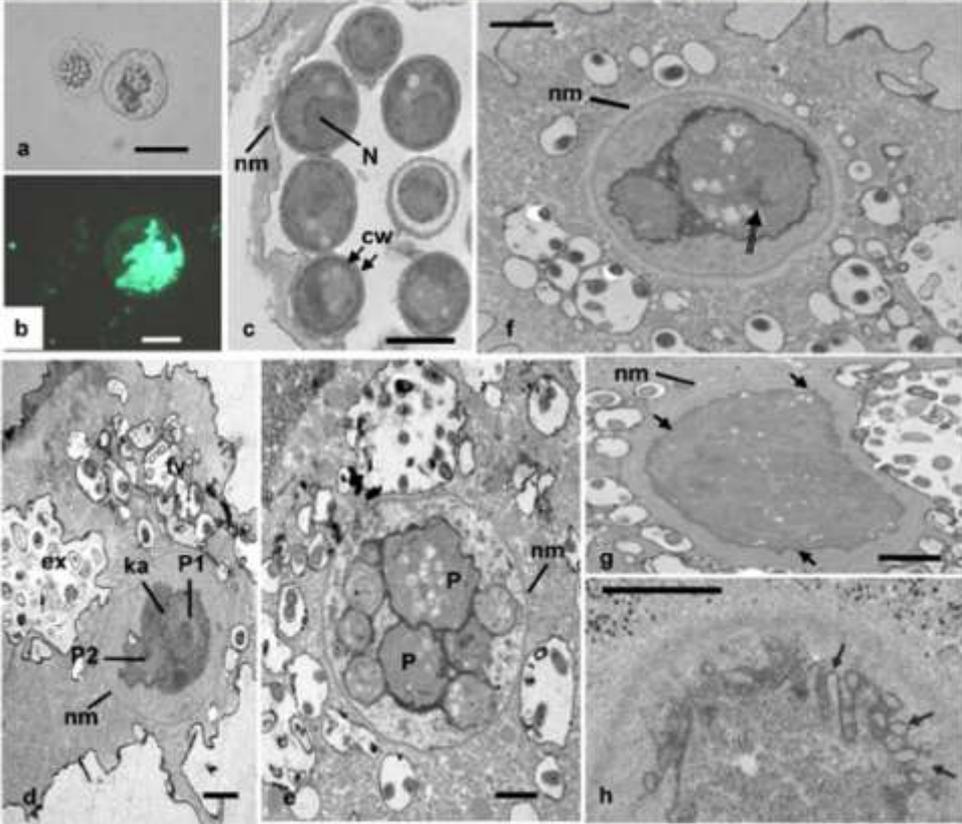




Corsaro et al. 2016

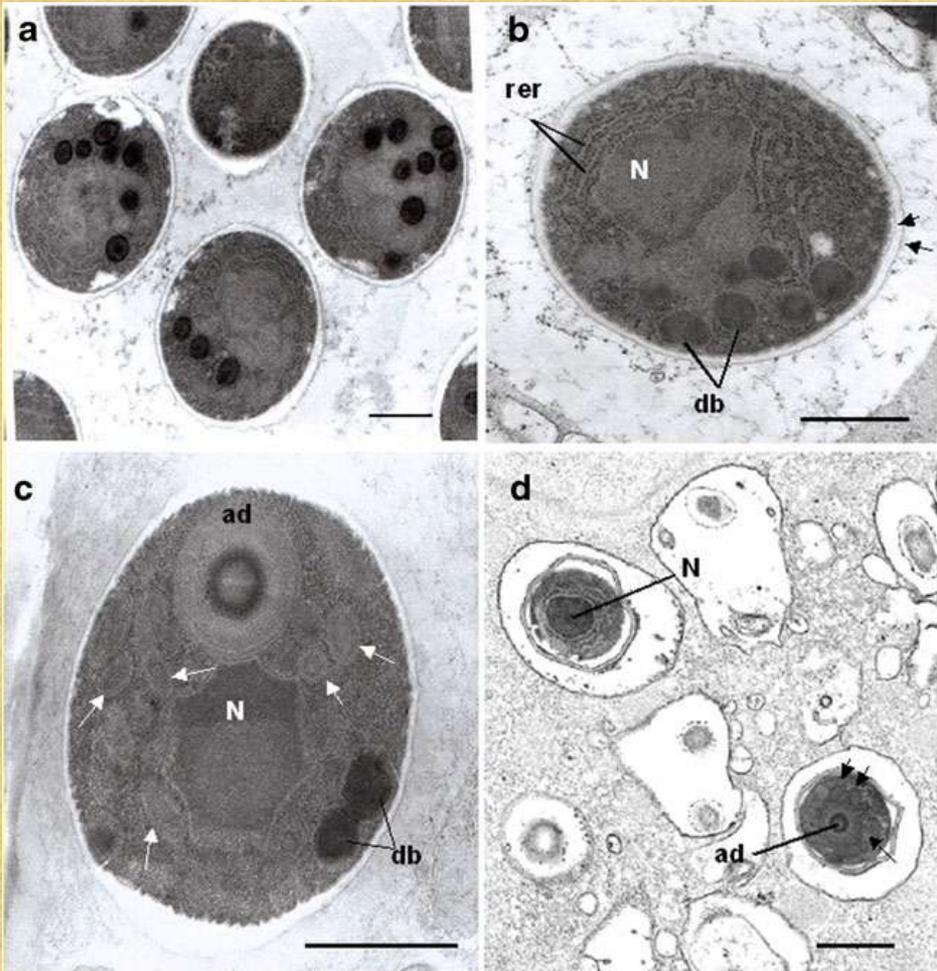
Nucleophaga amoebae

Corsaro et al. 2014



Nucleophaga terricolae

Corsaro et al. 2016



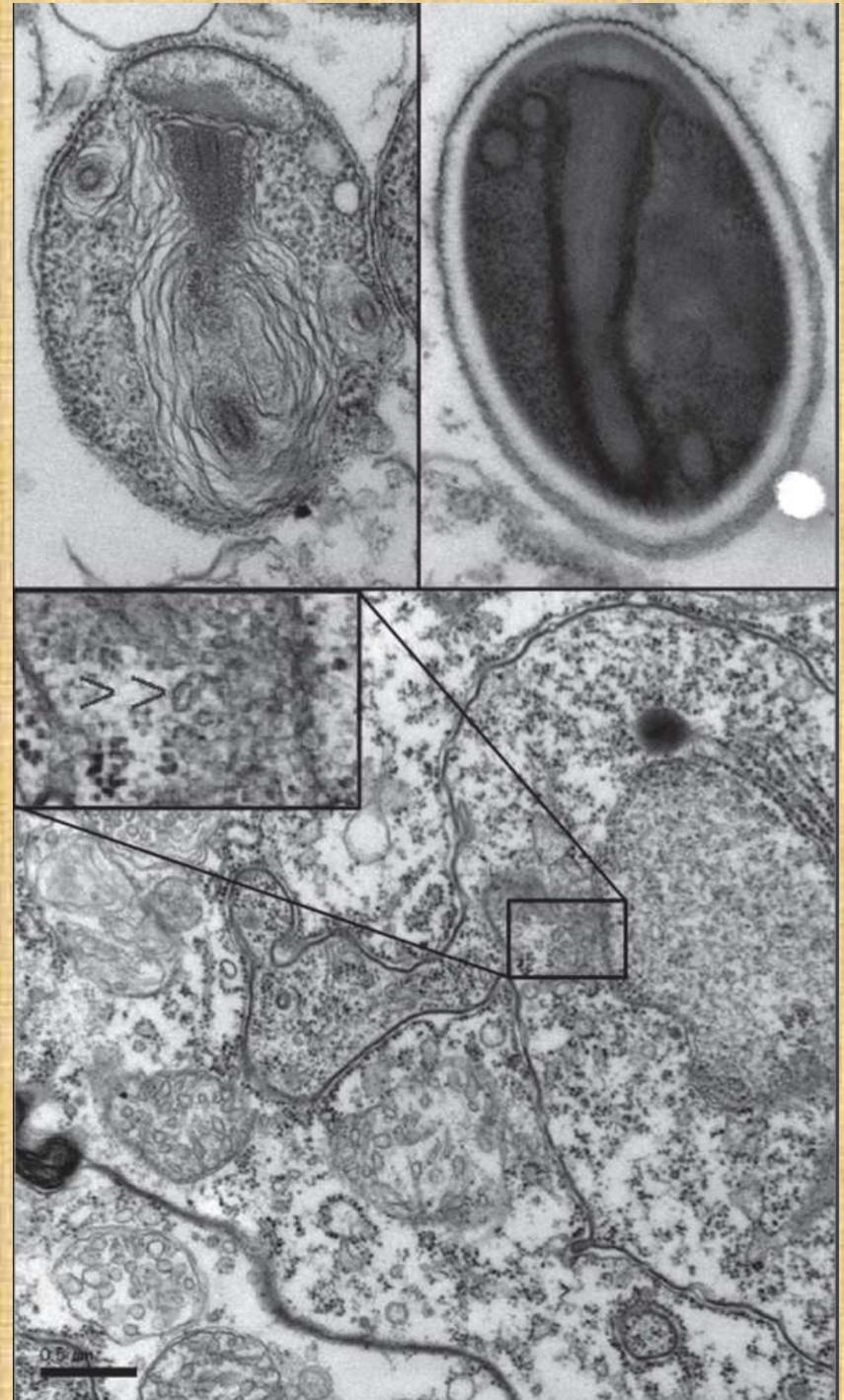
Mitosporidium daphniae

Имеет характерные черты микроспоридий:

Шизогонию и полярную трубку.

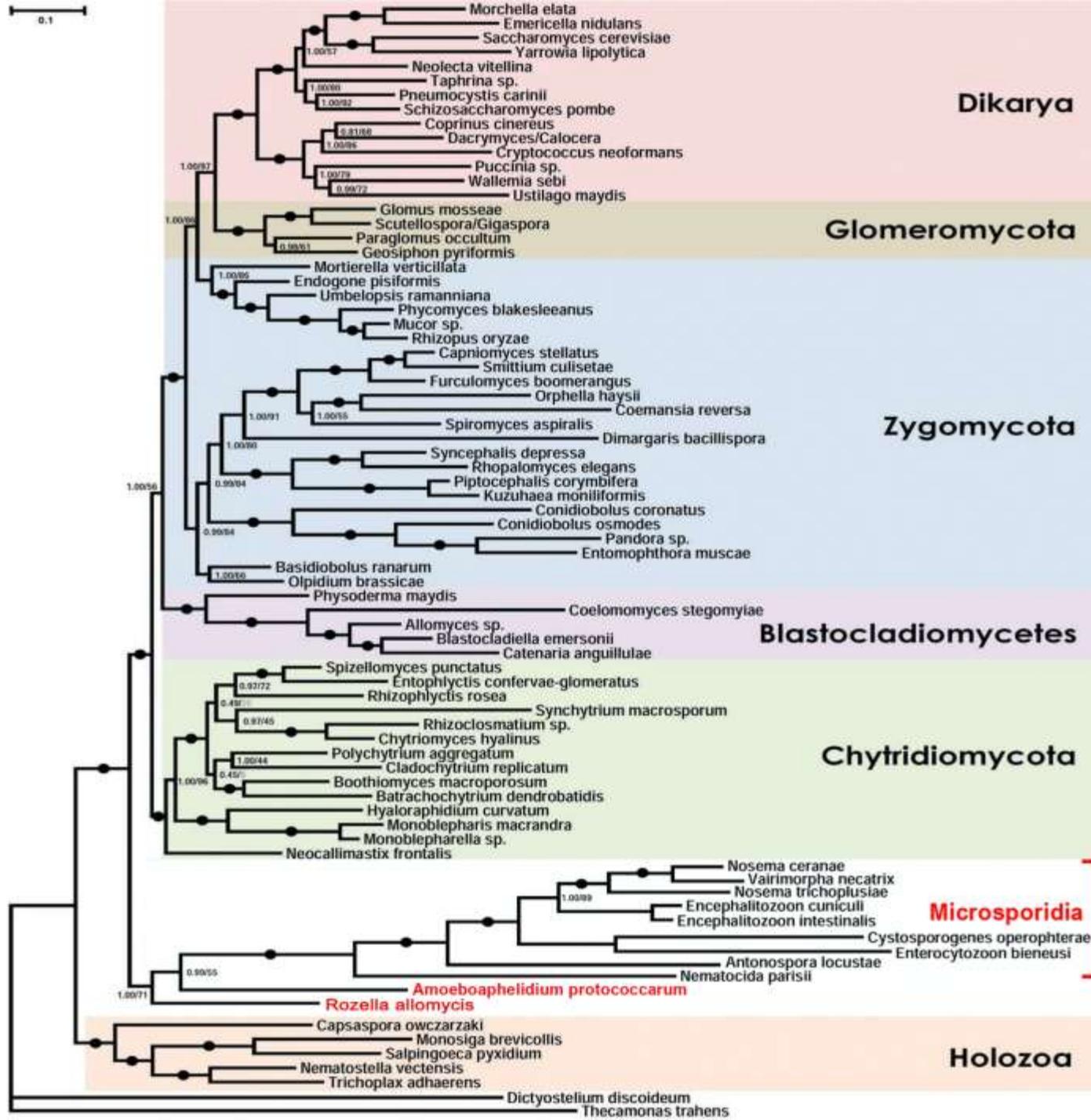
У него сохранился митохондриальный геном и гены необходимые для обеспечения синтеза АТФ (Naag et al. 2014).

В целом, *Paramicrosporidium*, *Nucleophaga* и *Mitosporidium* много ближе к микроспоридиям по строению спор и молекулярной филогении, чем *Rozella*.



Aphelidea

Мультигенная
филогения
(18S, 5.8S, 28S,
RPB1, RPB2)





10 μm

Жизненный цикл афелидей

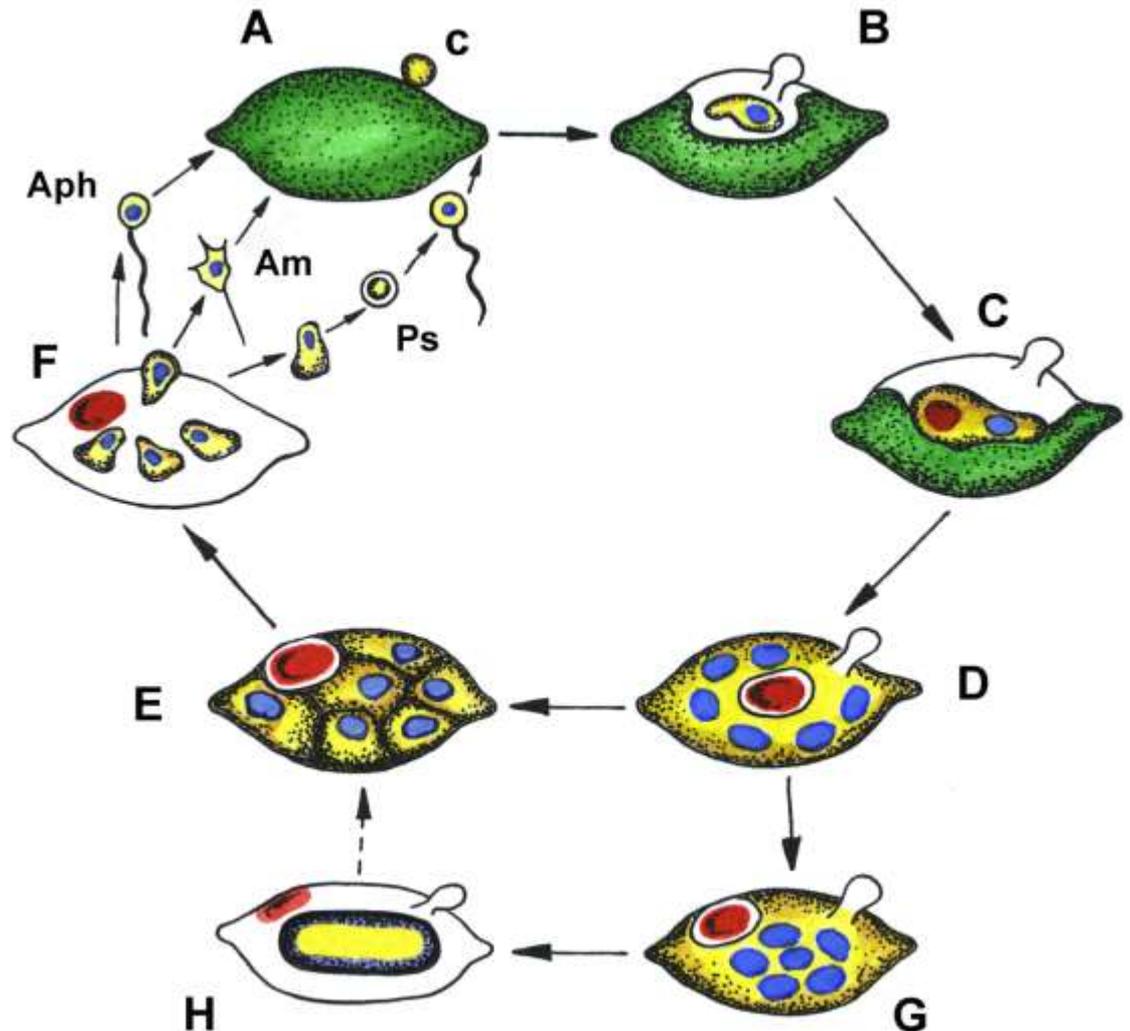
Aphelidium
Amoebaphelidium
Pseudaphelidium
Paraphelidium

Внутриклеточные паразитоиды зеленых, желто-зеленых и диатомовых водорослей

Фаготрофное питание

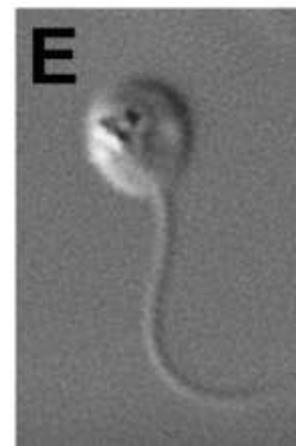
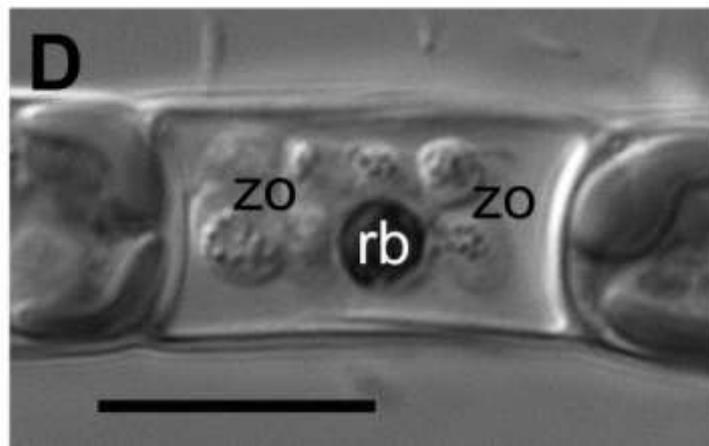
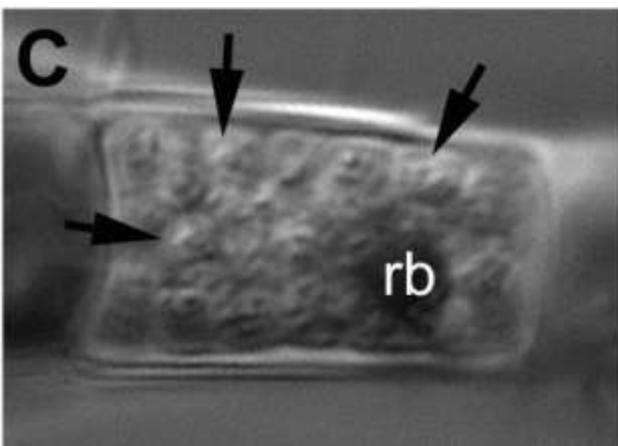
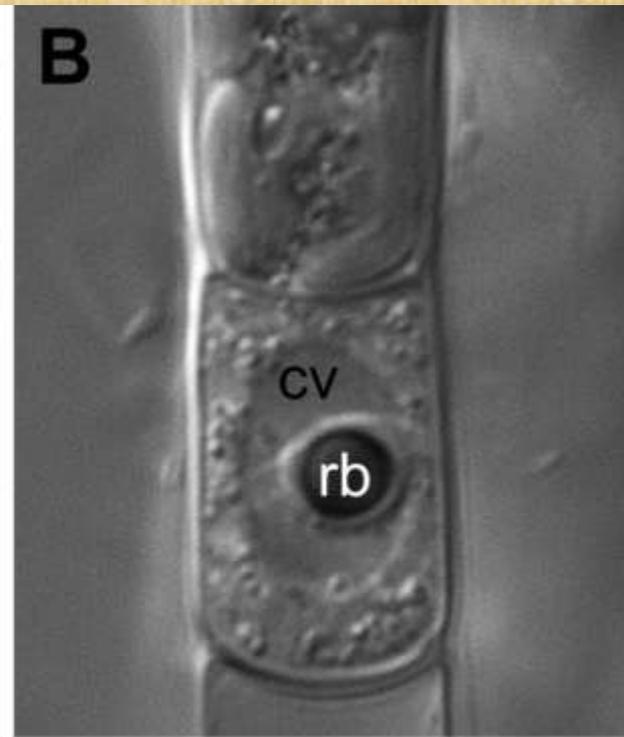
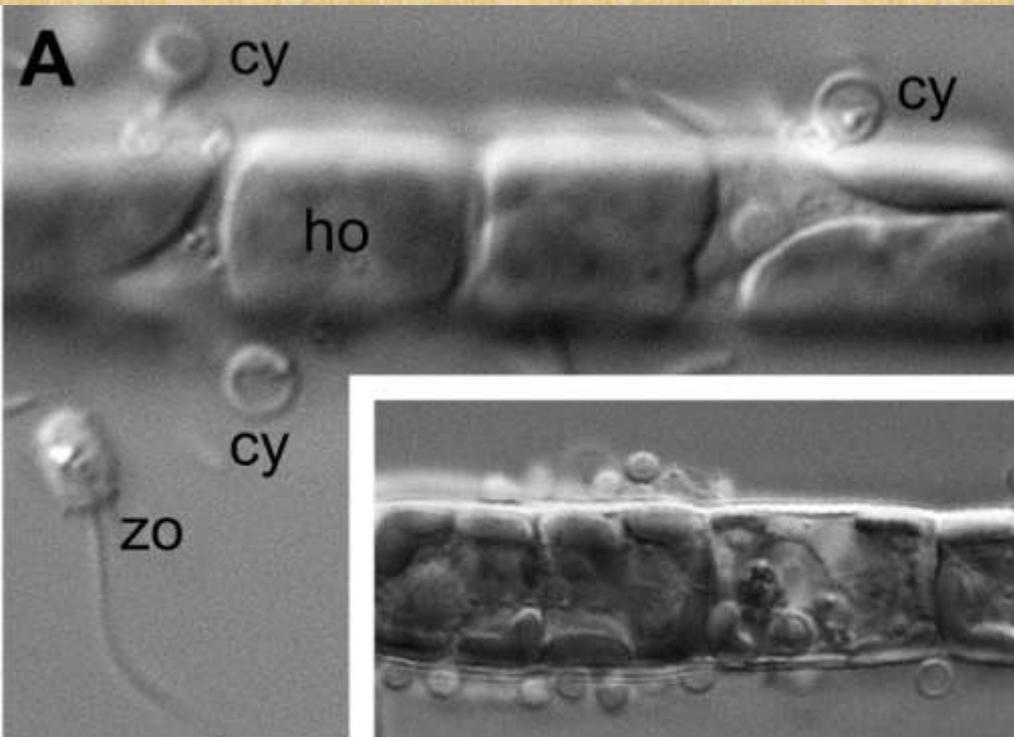
Экскреторное тело

Зооспоры амебоидные и жгутиковые

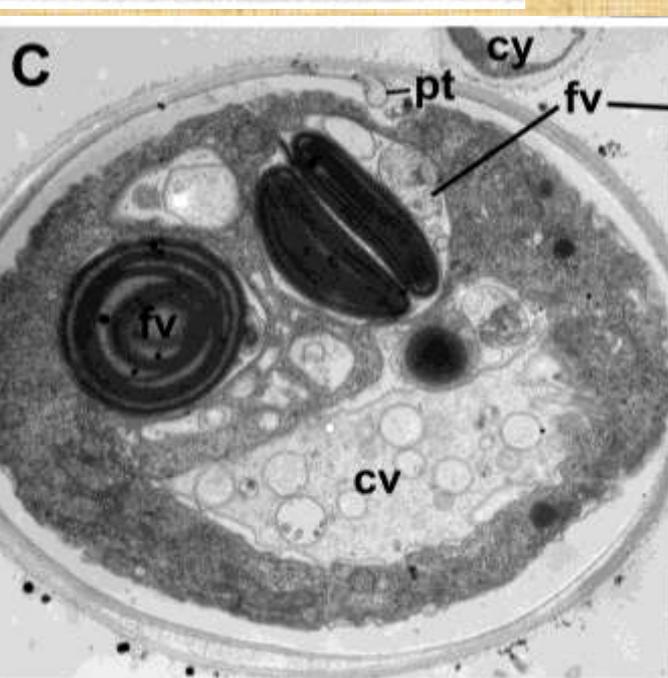
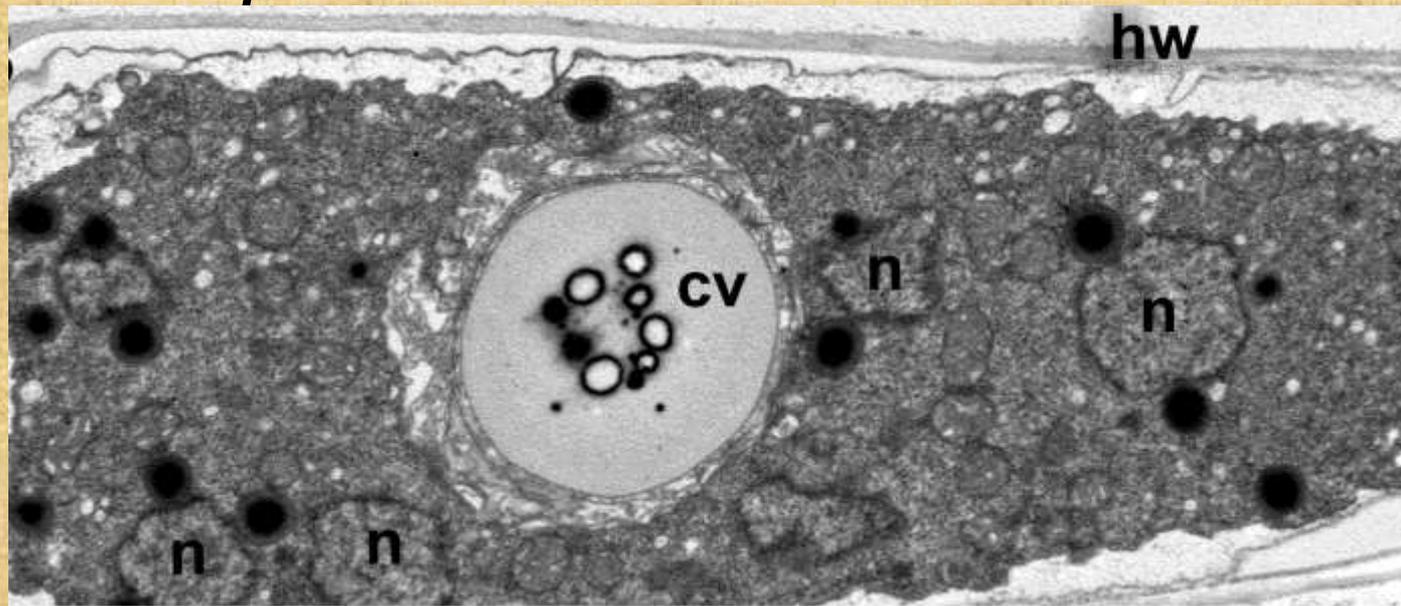
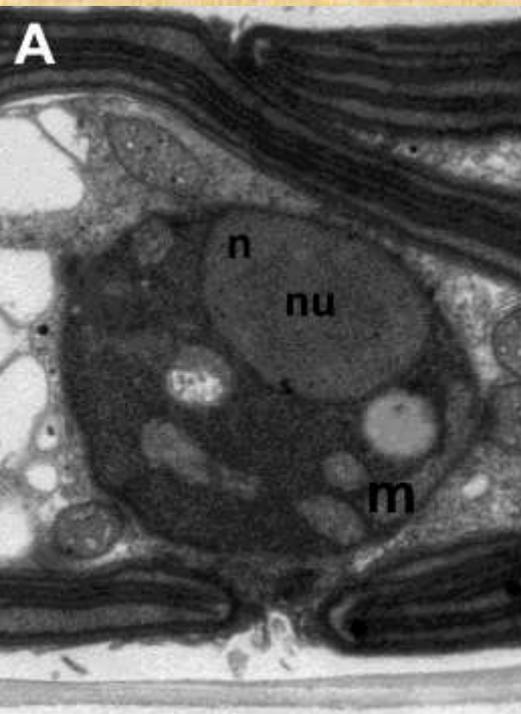


Род *Arhelidium*

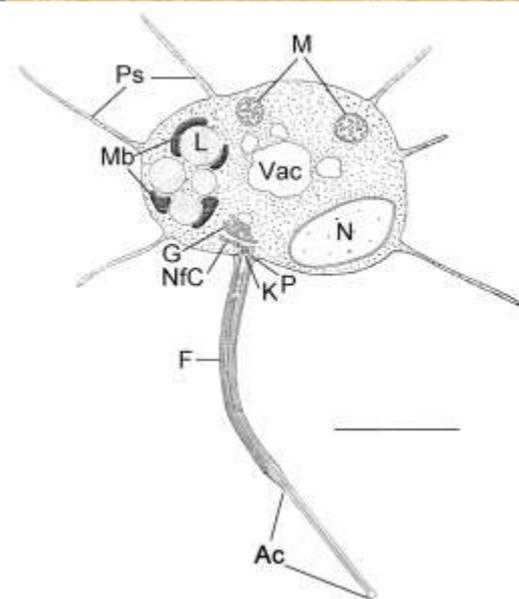
A. melosirae (Karpov et al., 2014)



Aphelidium melosirae

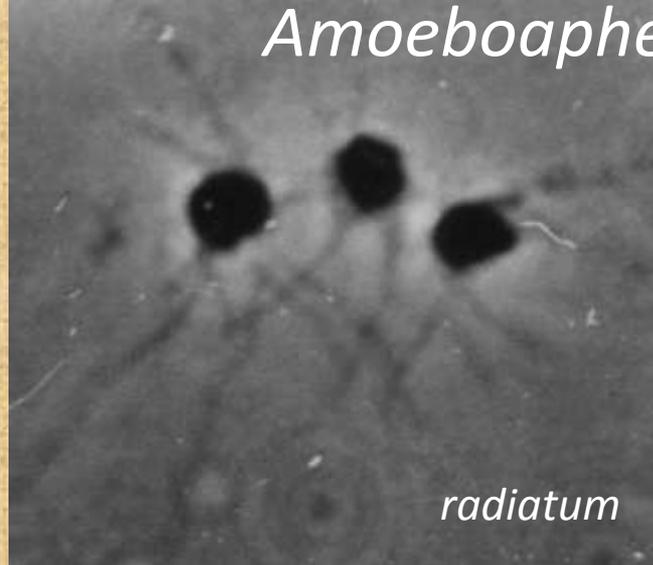


A. desmodesmi (Letcher et al. 2017)



Зооспоры афелид

Amoebophilidium

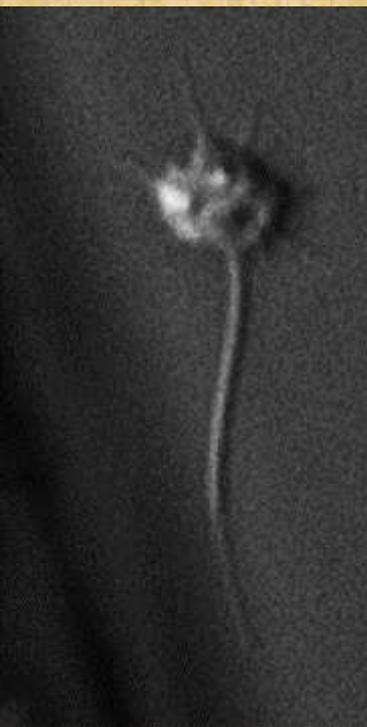


radiatum

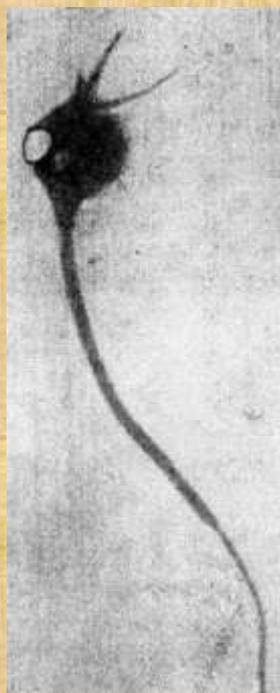


protococcalium

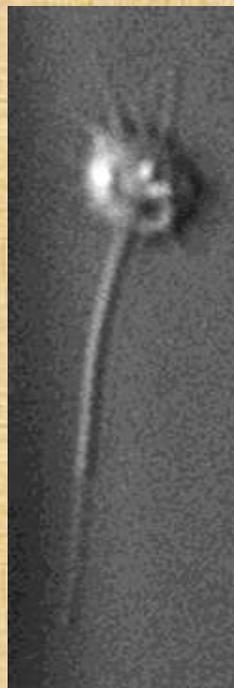
Aphelidium



A. tribonematis

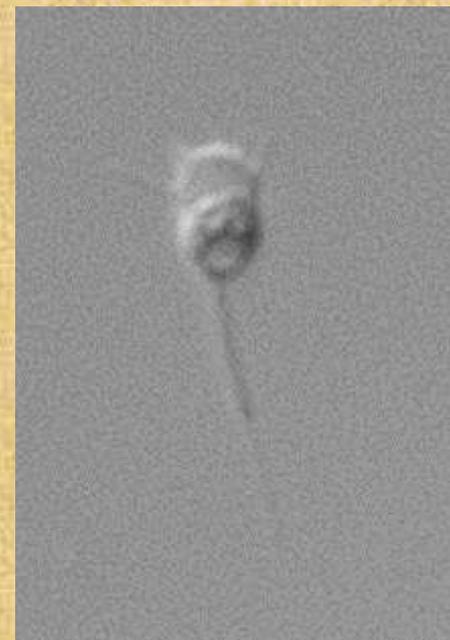
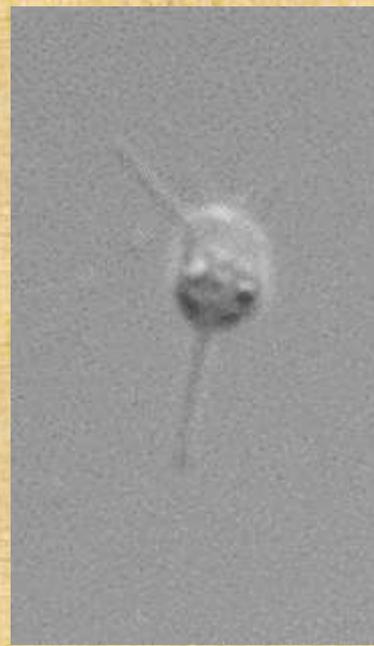


A. chlorococcalium

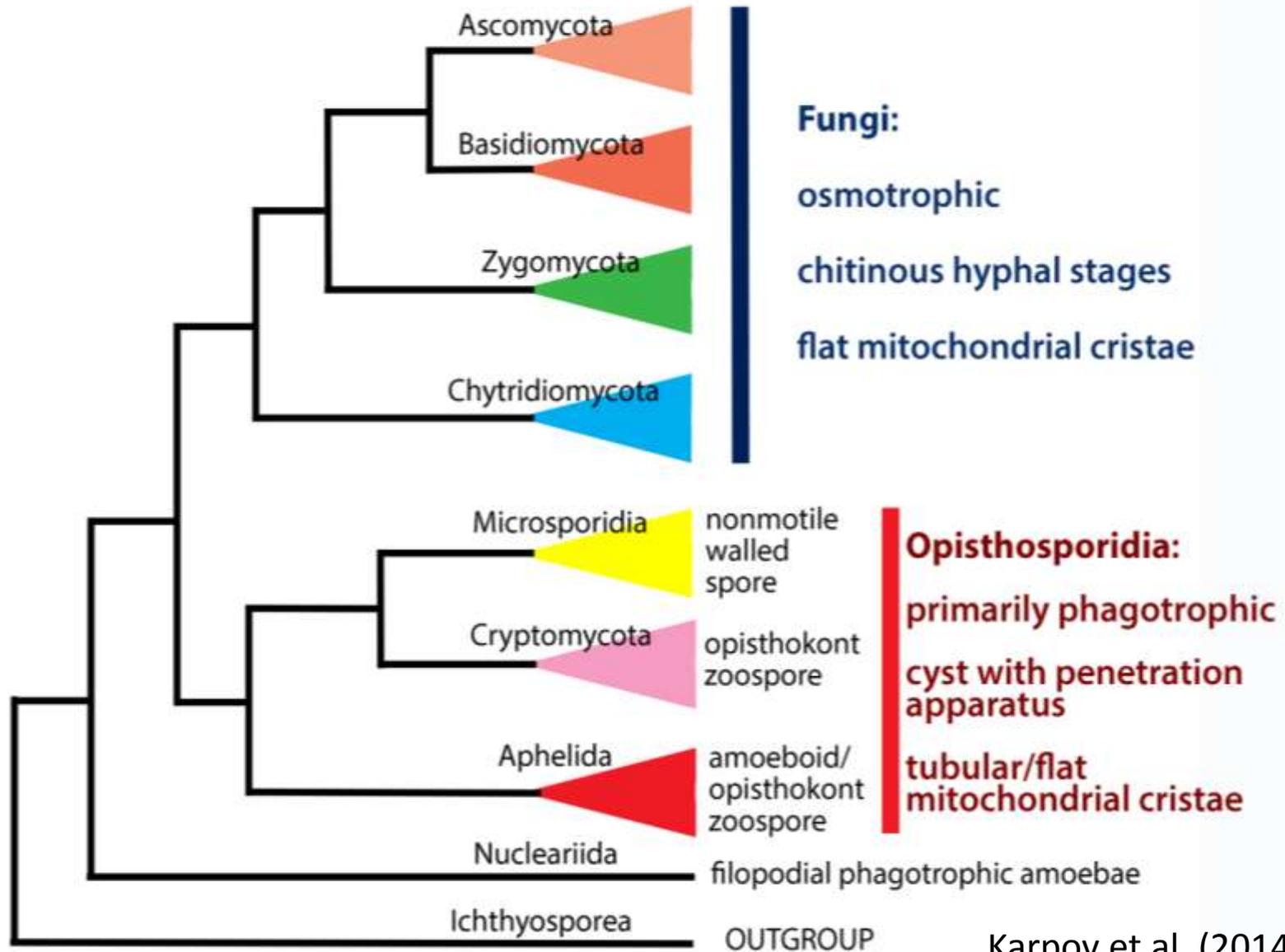


A. melosirae

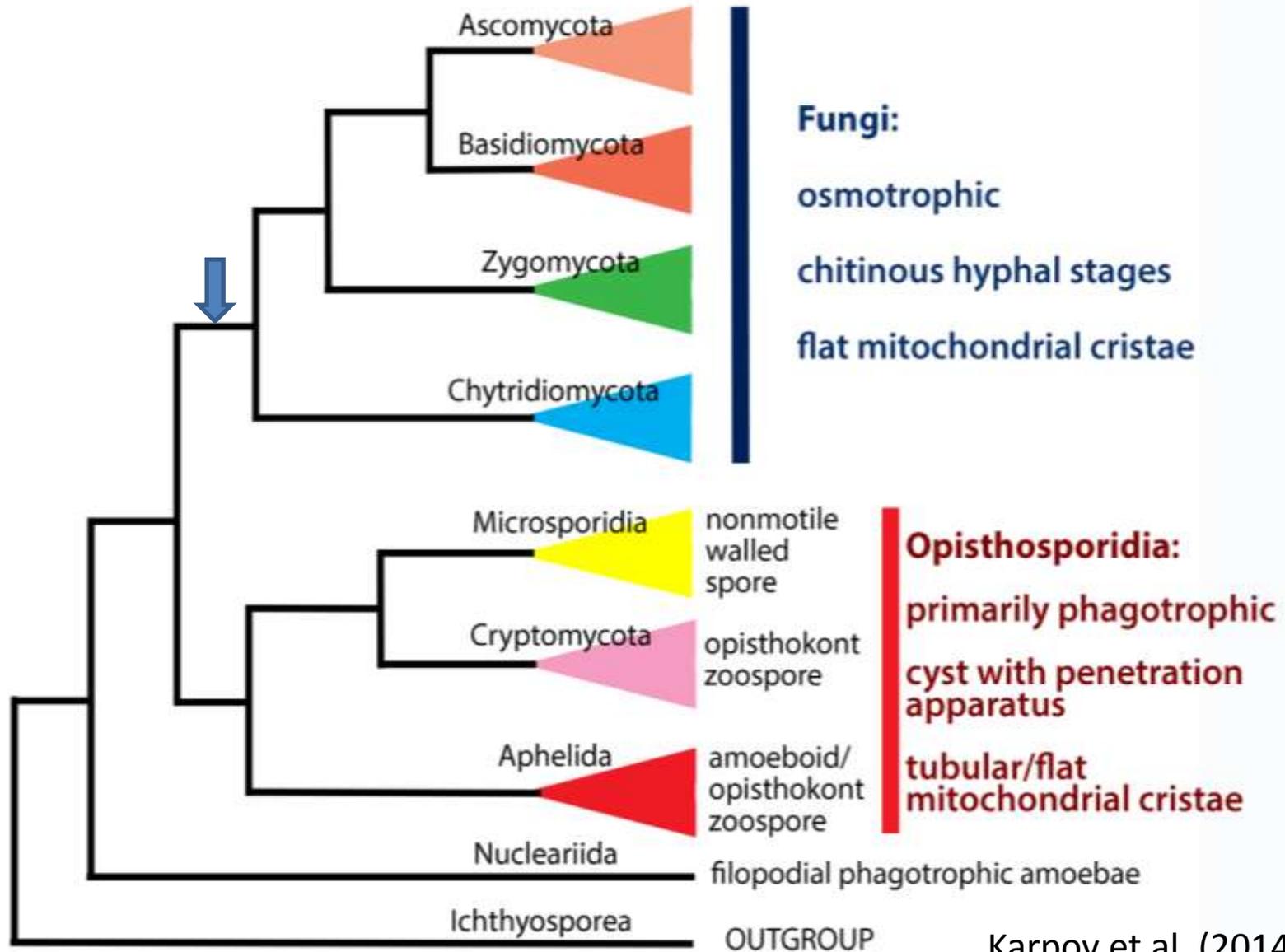
Paraphelidium



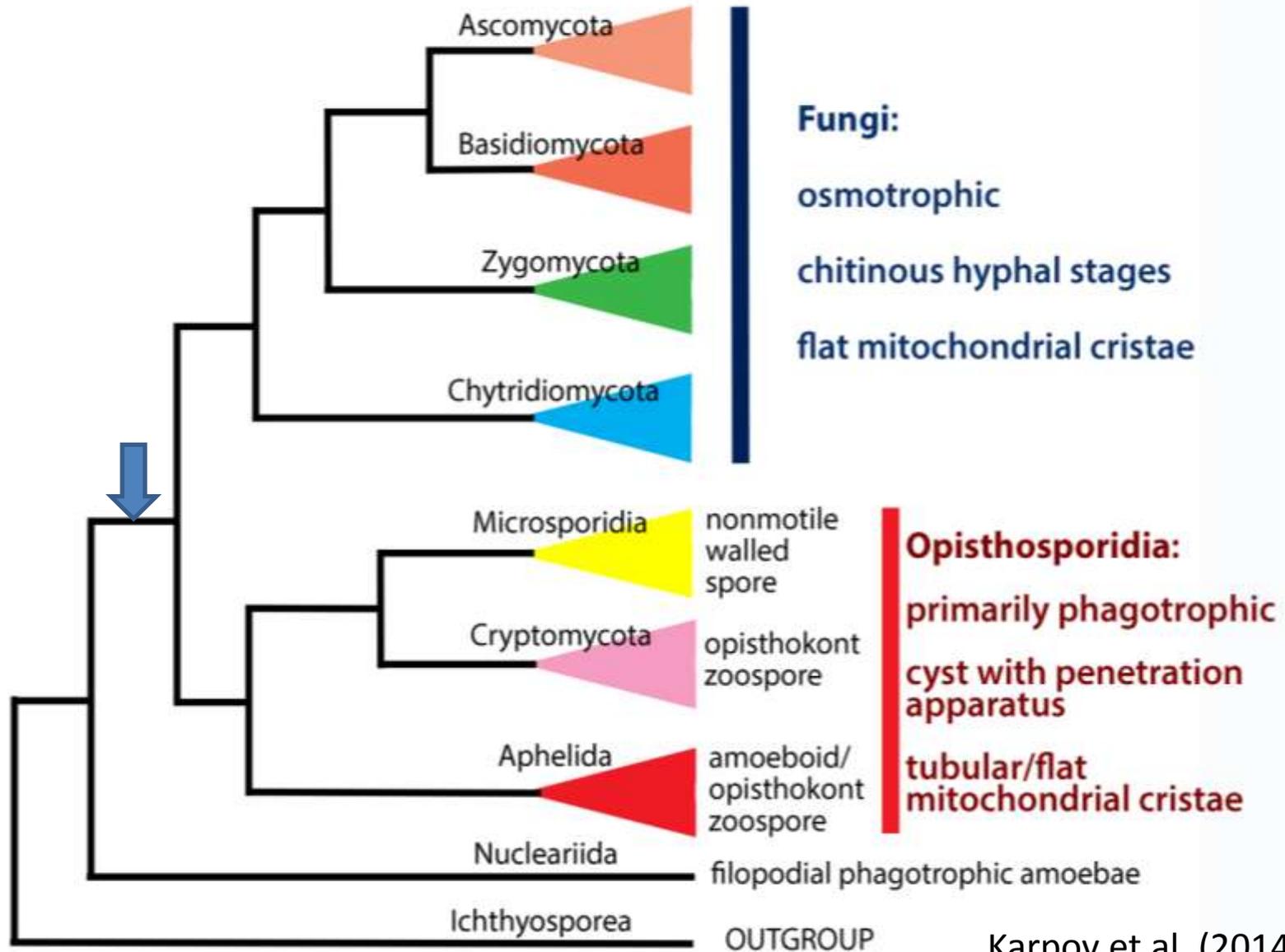
Holomycota



Holomycota



Holomycota



Opisthokonta

Holomycota

Superphylum Opisthosporida

Karpov, Aleoshin et Mikhailov 2014

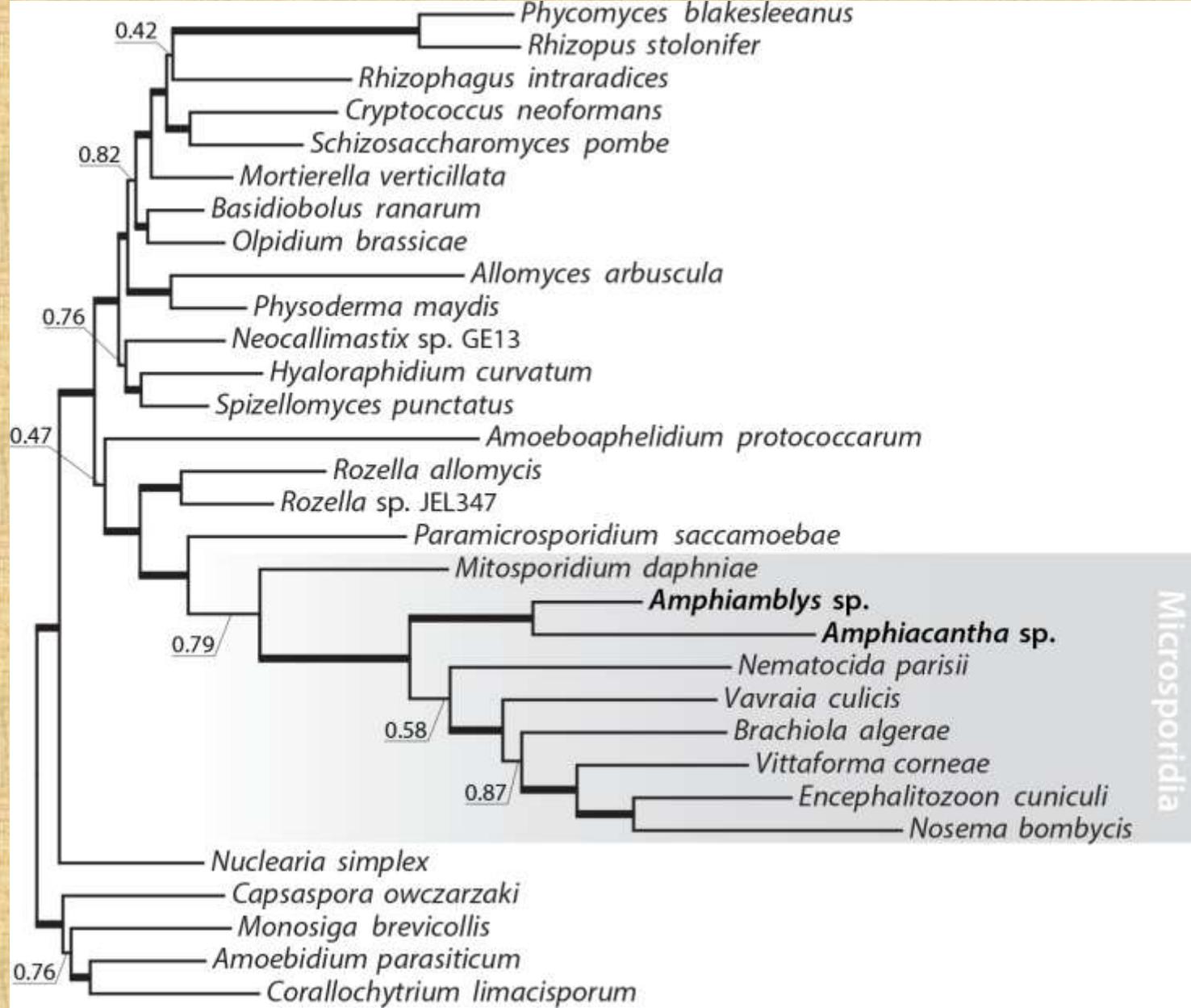
Phylum Aphelida Karpov, Aleoshin et Mikhailov 2014

Phylum Microsporidia Balbiani 1882

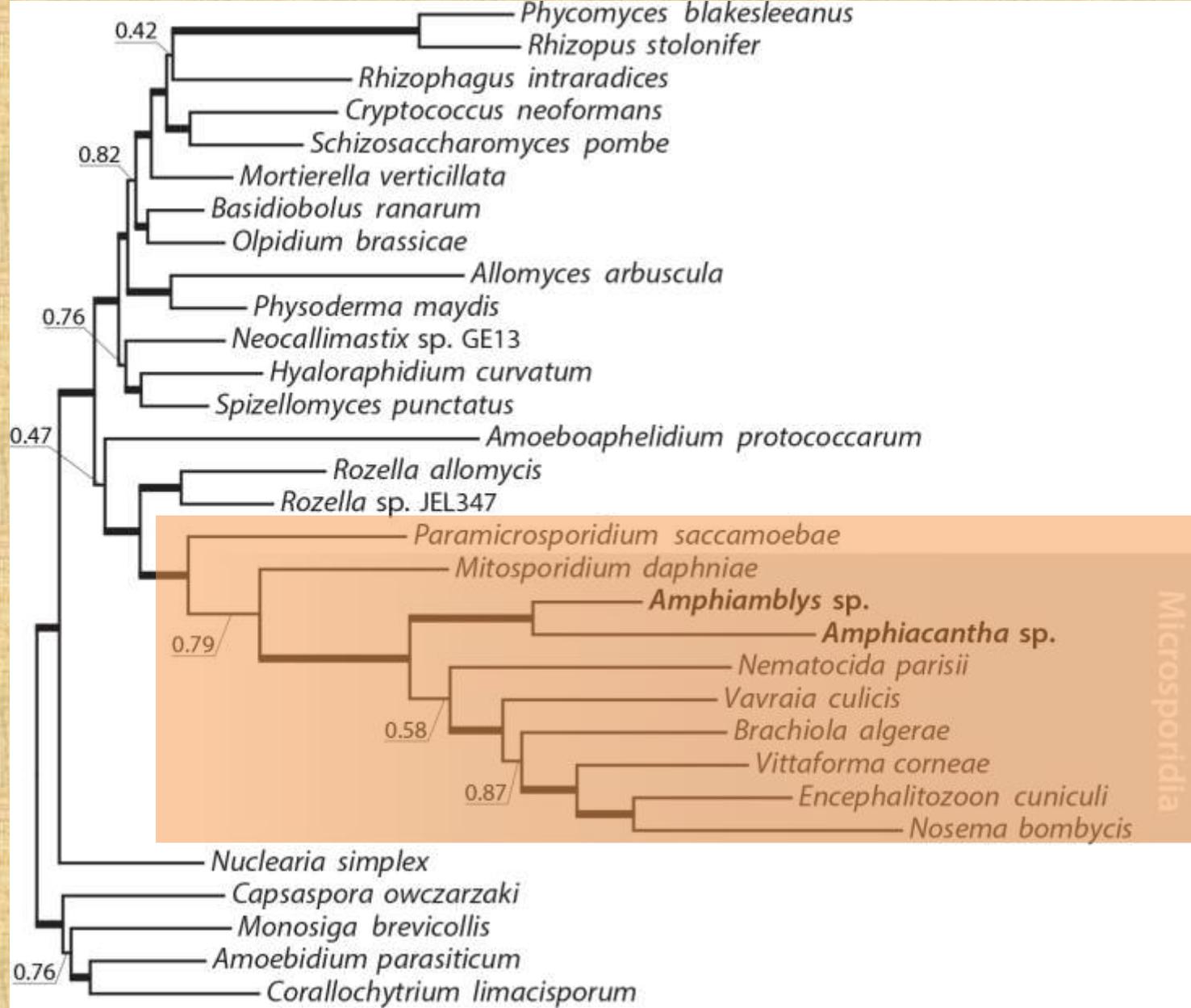
Phylum Rozellosporidia Karpov, Torruella, Moreira, Mamkaeva et
López-García 2016

(=Cryptomycota (Jones et Richards 2011) Karpov et Aleoshin 2014;

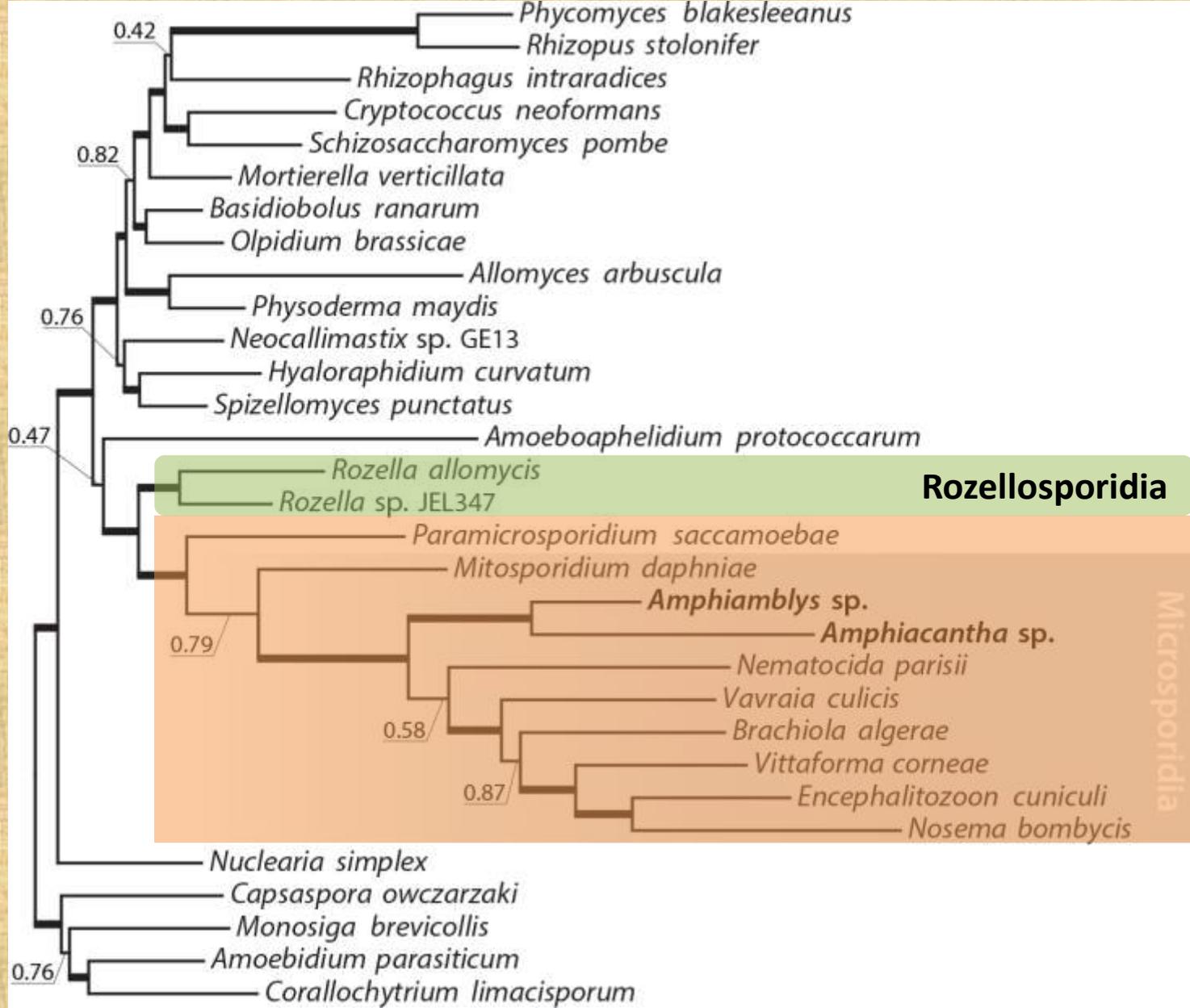
=Rozellomycota James et Berbee 2011)



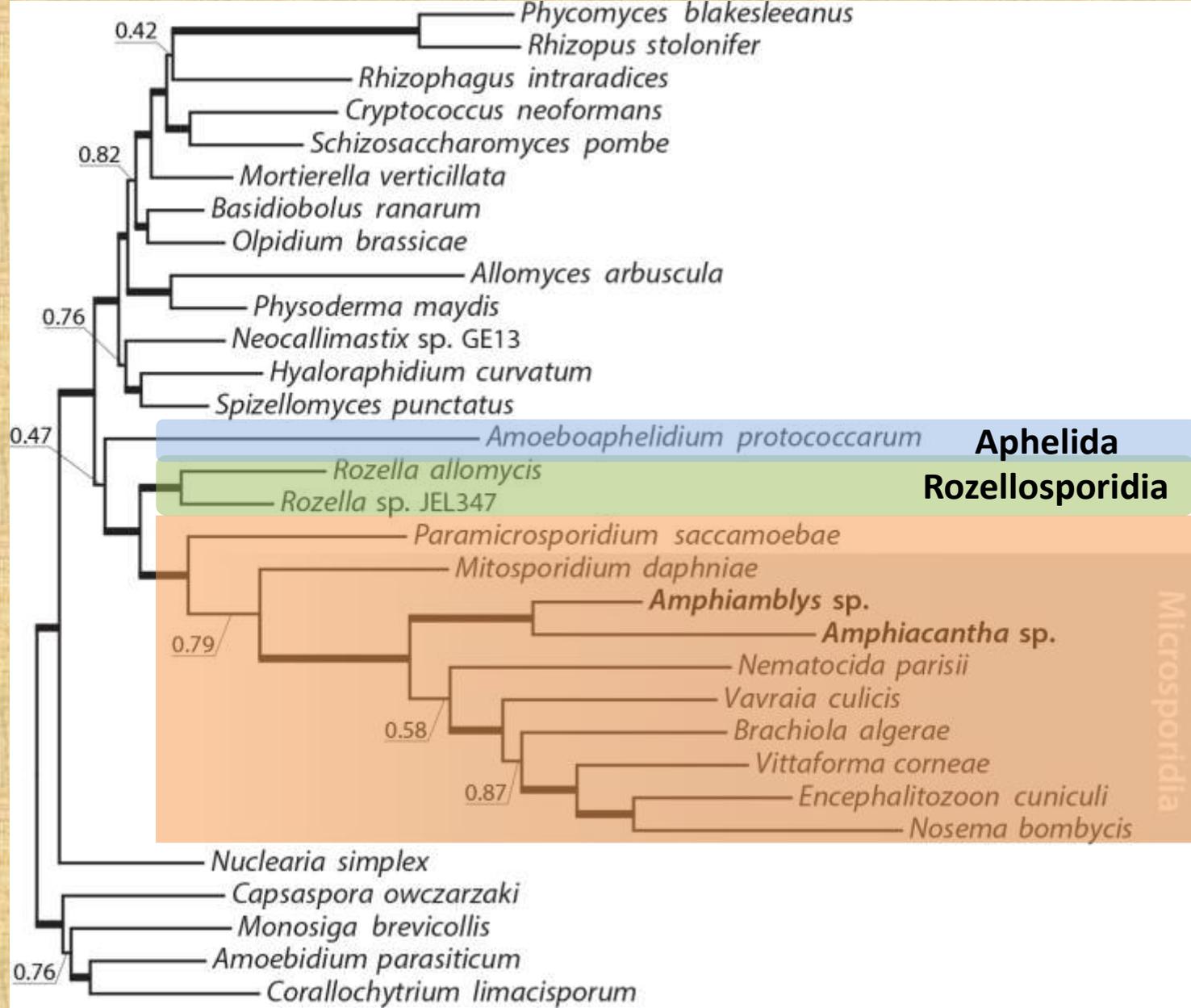
Mikhailov et al. (2016): по сиквенсам генов SSU+LSU



Mikhailov et al. (2016): по сиквенсам генов SSU+LSU с изменениями



Mikhailov et al. (2016): по сиквенсам генов SSU+LSU с изменениями



Mikhailov et al. (2016): по сиквенсам генов SSU+LSU с изменениями

Что «грибного» у опистоспоридий:

- 1) MLC - комплекс липид-микротельце, который позволяет эффективно получать энергию из липидов
- 2) хитин
- 3) вероятно, сходный способ формирования многоядерного плазмодия

Отличия опистоспоридий от грибов:

- 1) фаготрофия, нет клеточной стенки у трофонта
- 2) способ проникновения в клетку хозяина
- 3) всегда эндогенное развитие
- 4) кристы митохондрий разной формы от трубчатой до пластинчатой, чаще, ромбовидные

Благодарности

- Владимиру Алешину мгу
- Кириллу Михайлову мгу
- Марии Мамкаевой спбгу
- Purificacion Lopez-Garcia Paris-Sud University
- David Moreira Paris-Sud University

Фондам:

- программа "Jean d'Alembert" (Paris-Saclay University)
- программа президиума РАН «Эволюция биосферы»

Спасибо за внимание