

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Биологический факультет
Кафедра Микологии и альгологии

Литературная курсовая работа
«ЯВЛЕНИЕ ХИЩНИЧЕСТВА У ГРИБОВ:
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
ИССЛЕДОВАНИЙ»

Работу выполнил

Студент 3 курса Агроскин С.М.

Научный руководитель

к.б.н., м.н.с. Кудрявцева О.А.

Рецензент

д.б.н., в.н.с. Александрова А.В.

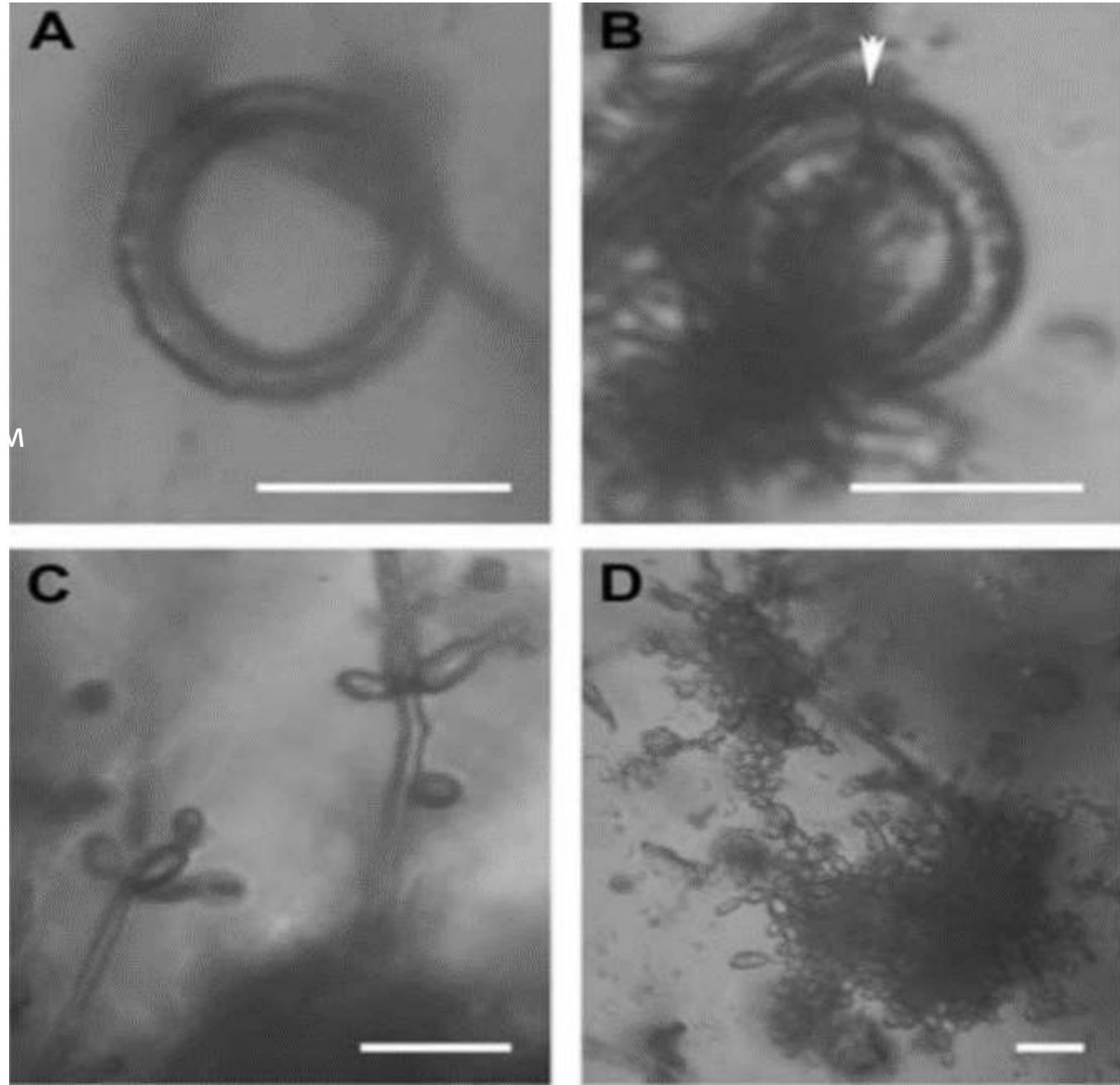
Цели данной работы:

- проанализировать литературу, отражающую эволюционную историю и таксономическое разнообразие хищных грибов морфологические и метаболические аспекты выработанных ими стратегий охоты;
- охарактеризовать набор методических подходов, которые используются для изучения грибов данной группы;
- показать возможные направления их практического использования.

Хищничество грибов – способность переключать свой метаболизм с сапротрофного на специфический охотничий, активируя механизмы обнаружения, захвата, умерщвления и переваривания живых организмов.

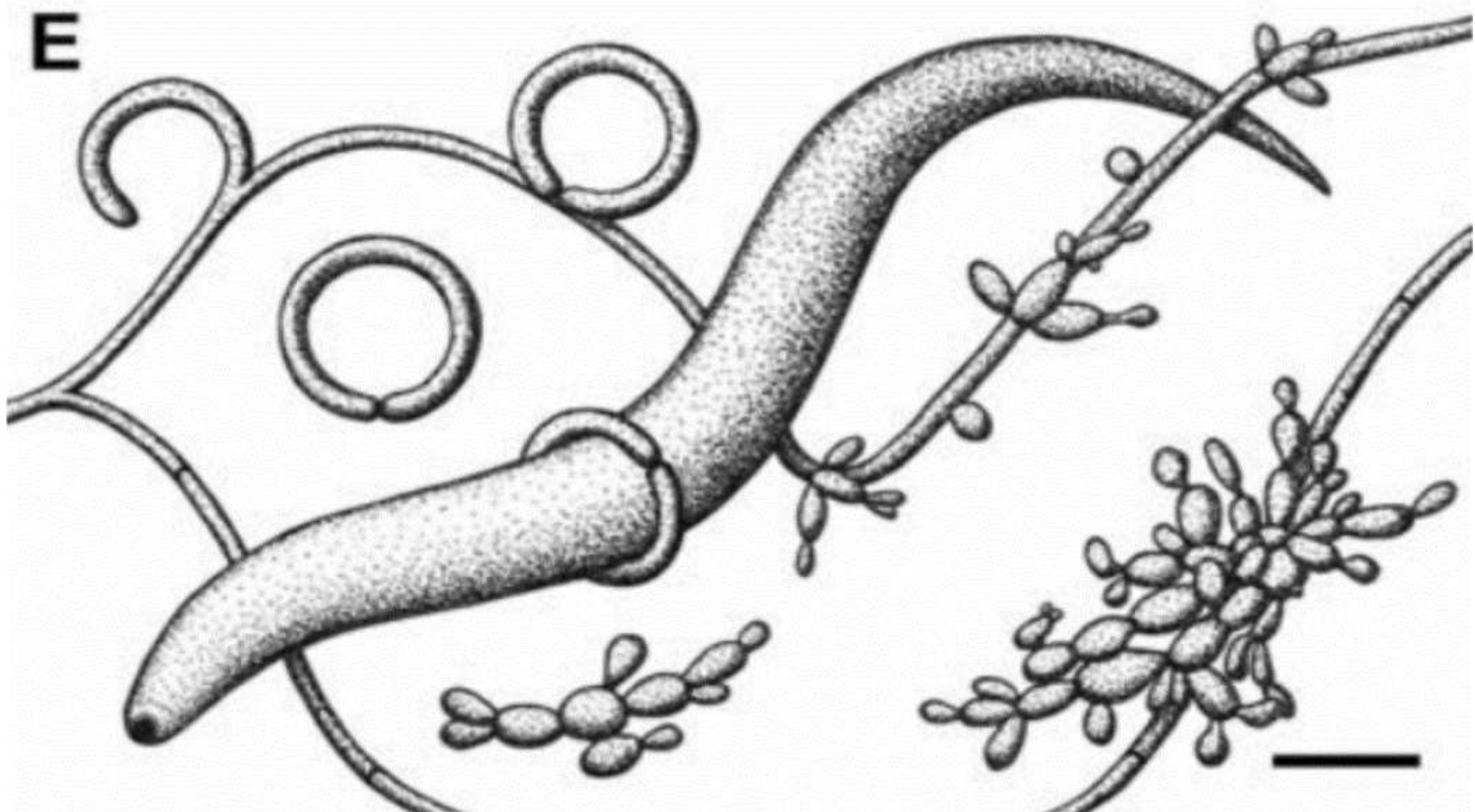
- Паразиты питаются за счет веществ другого организма-хозяина на протяжении длительного периода времени, при этом хозяин не погибает.
- Хищники характеризуются обязательным этапом питания, заключающимся в умерщвлении потенциального источника питательных веществ.

Ископаемый хищный гриб из мелового янтаря



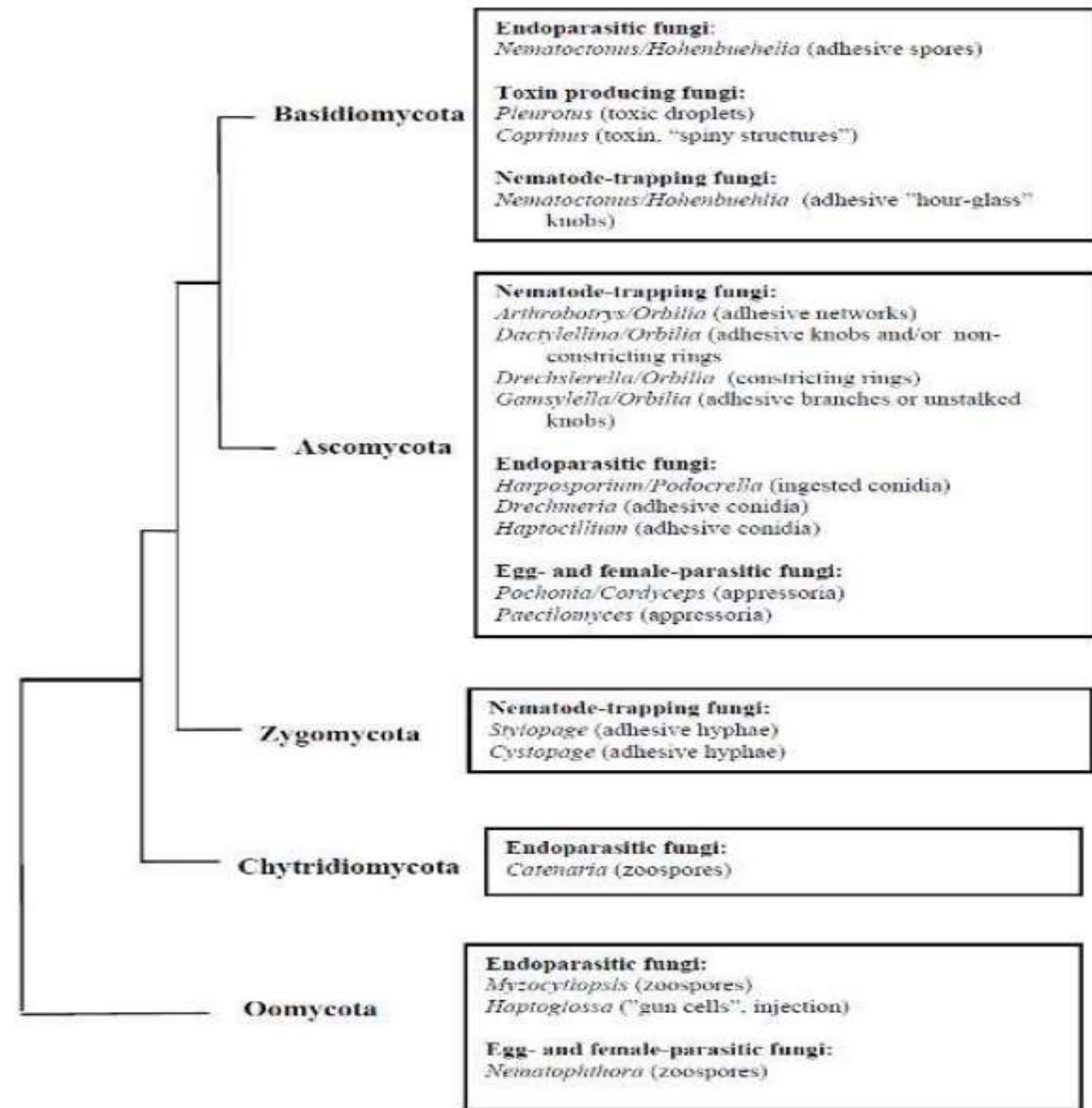
(Schmidt et al., 2007)

Реконструкция мицелия с ловчими кольцами



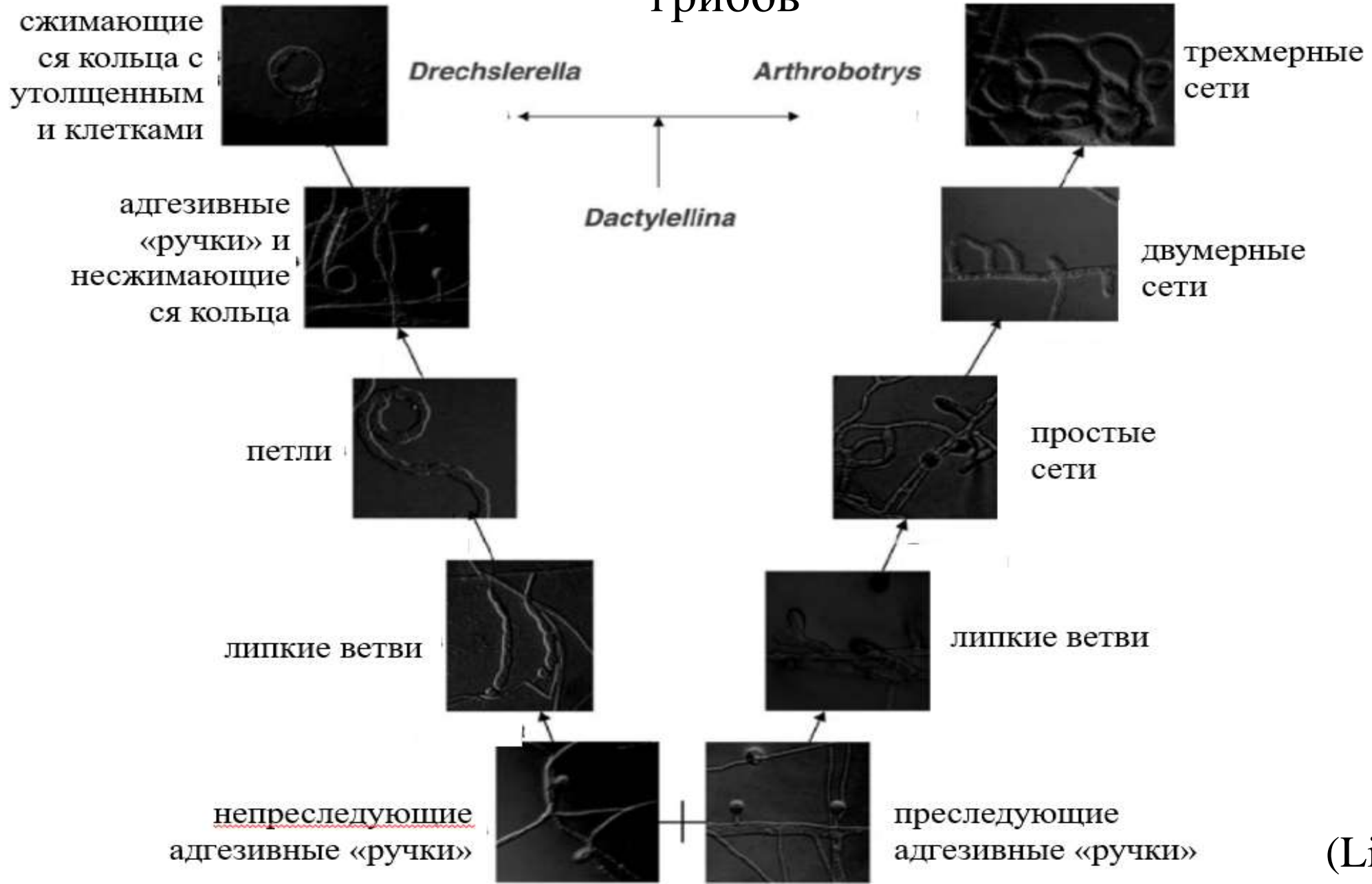
(Schmidt et al., 2007)

Филогенетические связи между отделами грибов и грибоподобных организмов, в которых встречаются хищные представители

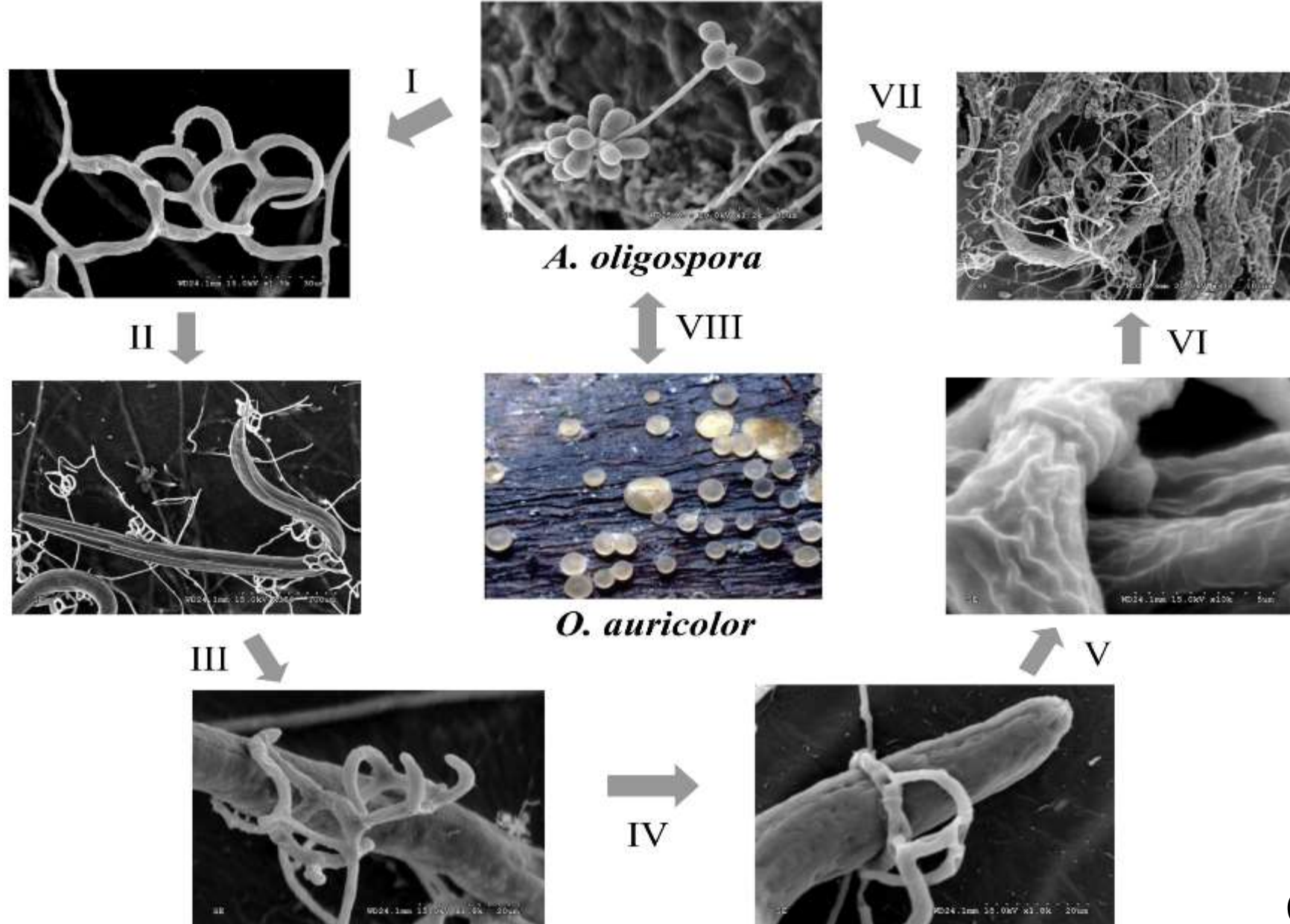


(Lopez-Llorca et al., 2008)

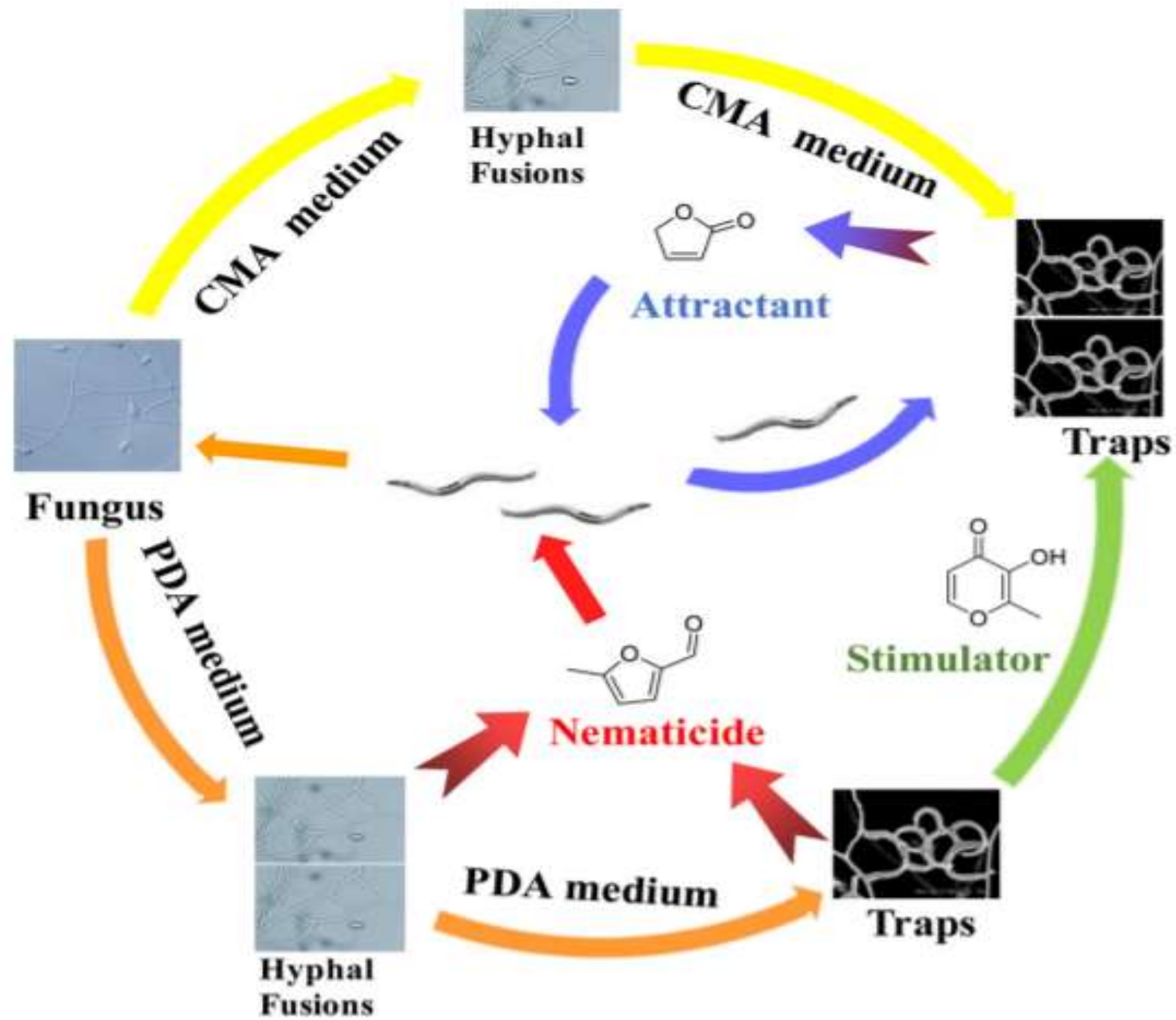
Гипотететическая эволюционная модель улавливающих устройств хищных грибов



Сапрофитная и паразитарная стадии хищного гриба нематод *Arthobotrys oligospora*. Этапы взаимодействия с жертвой

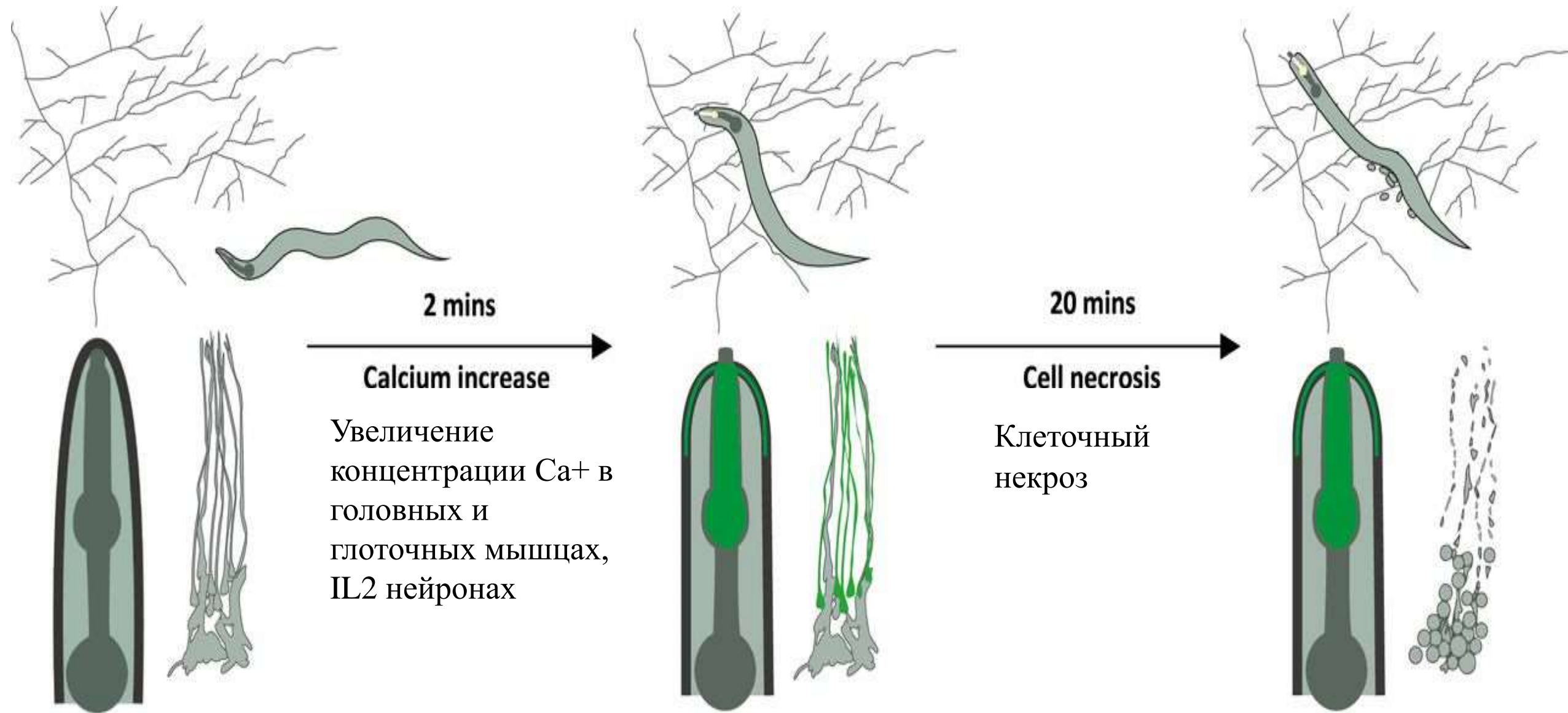


(Yang et al. 2011)

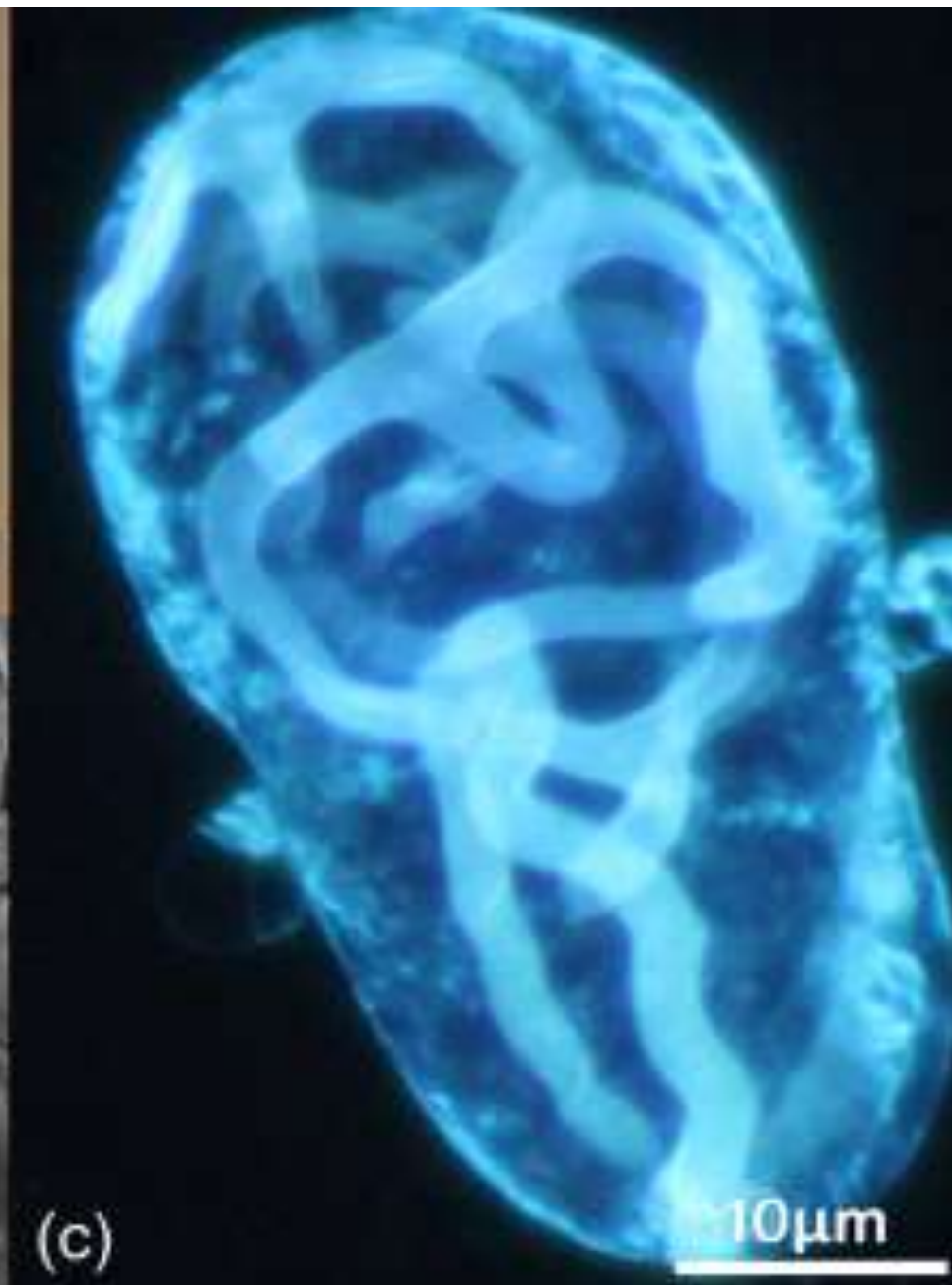
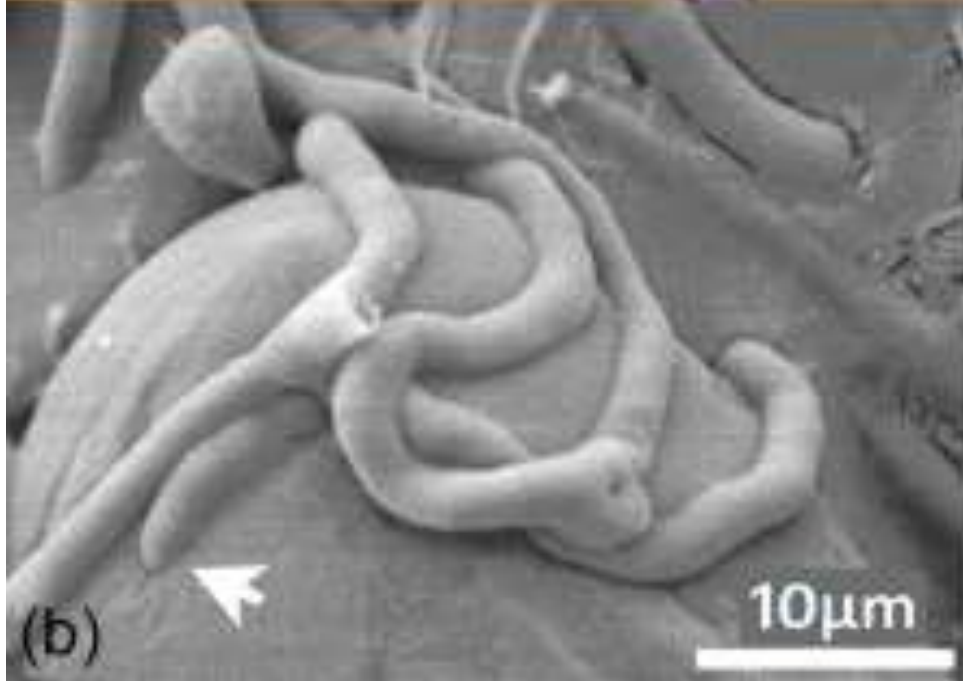
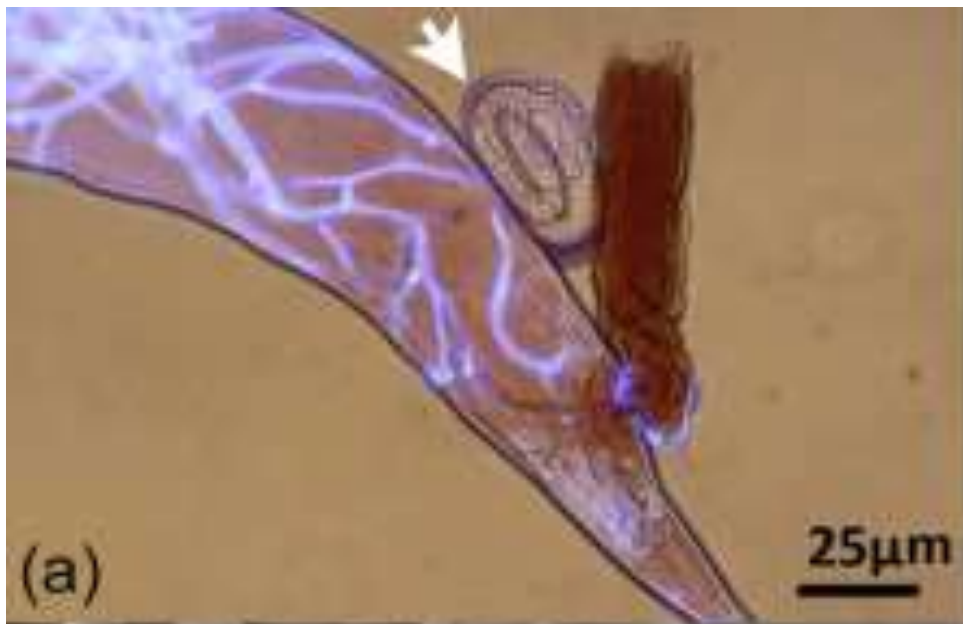


(Wang et al., 2018)

Последствия контакта нематоды с гифами *P. ostreatus*

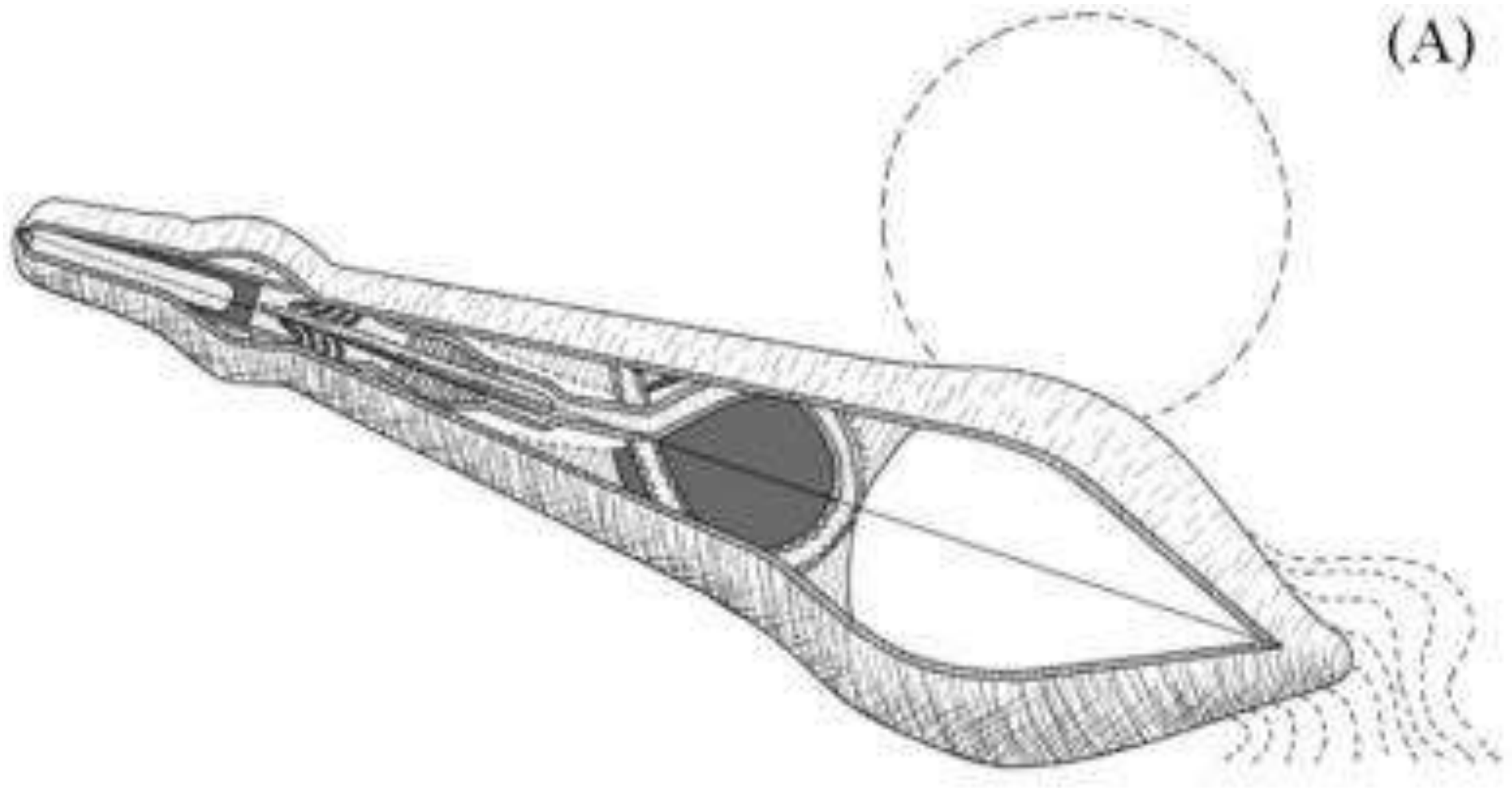


(Lee et al., 2020)

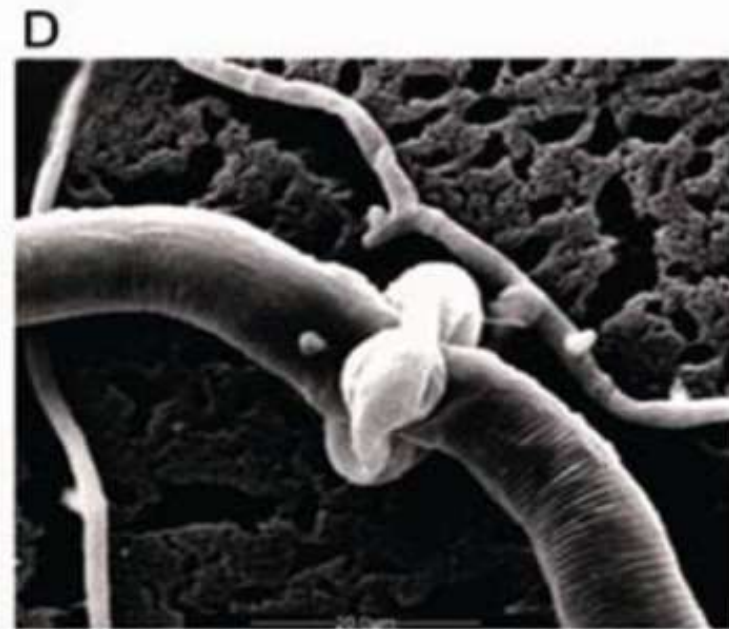
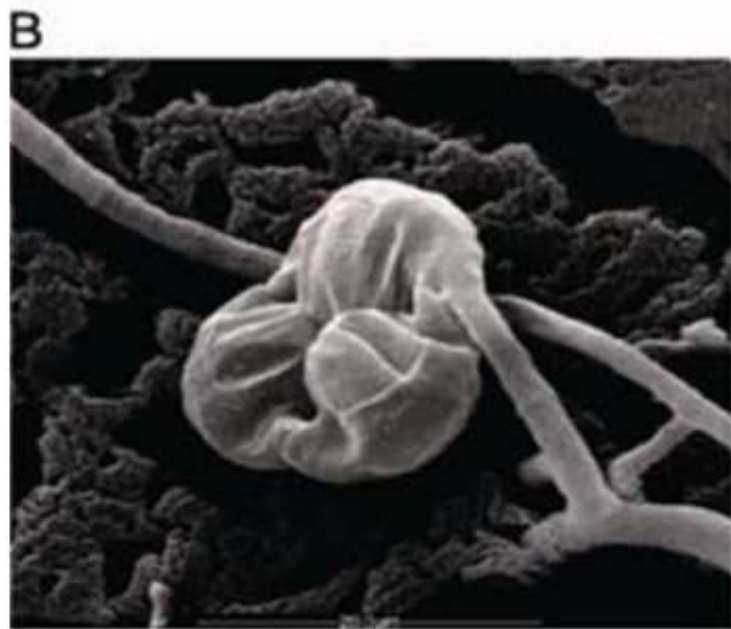
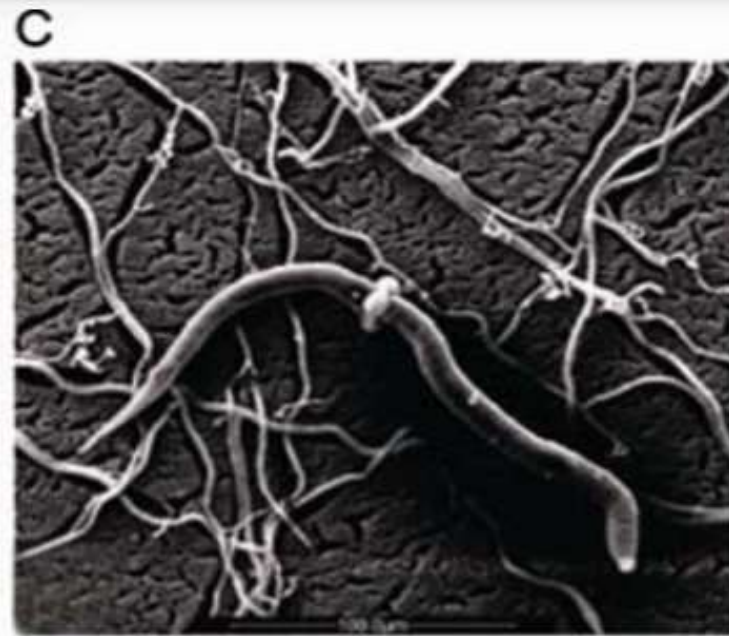


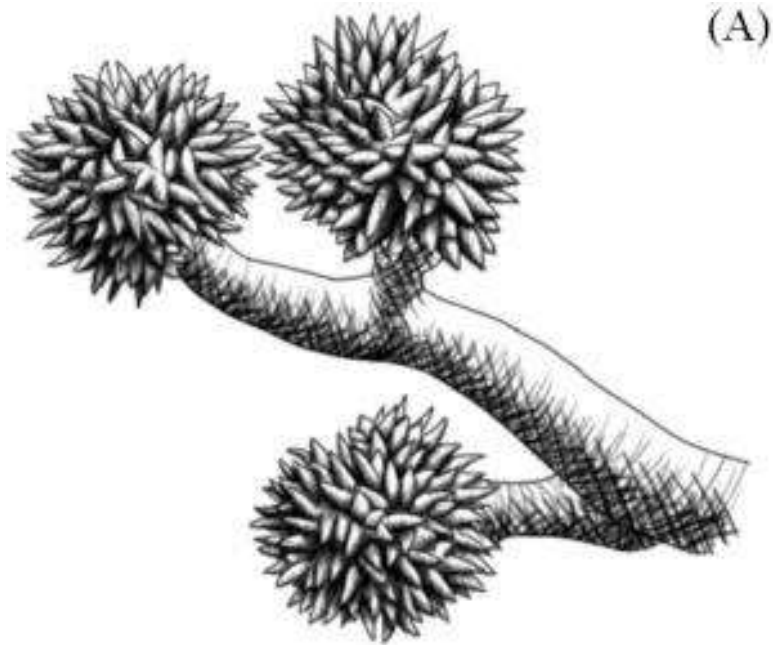
(Morris, Hajek, 2014)

Ловчее орудие Оомицетов из рода *Haptoglossa*

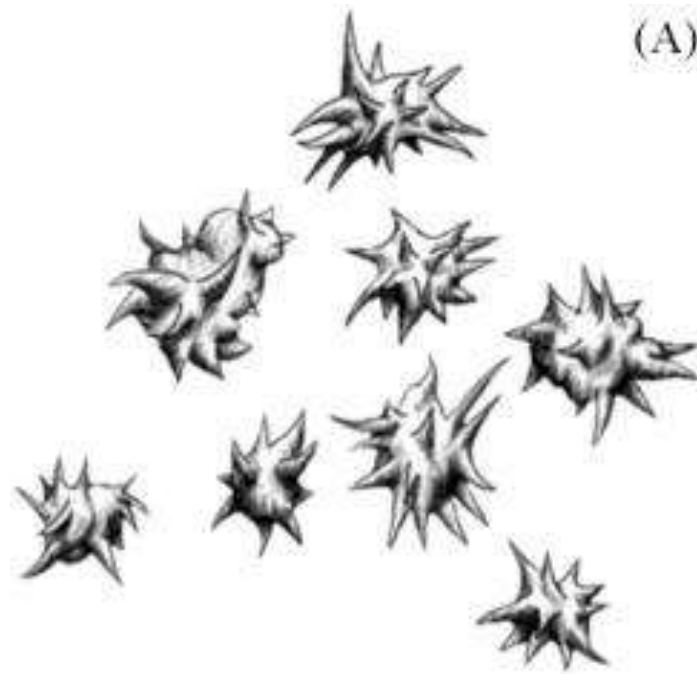


(Soares et al., 2018)





Ловчее орудие *Coprinus comatus*

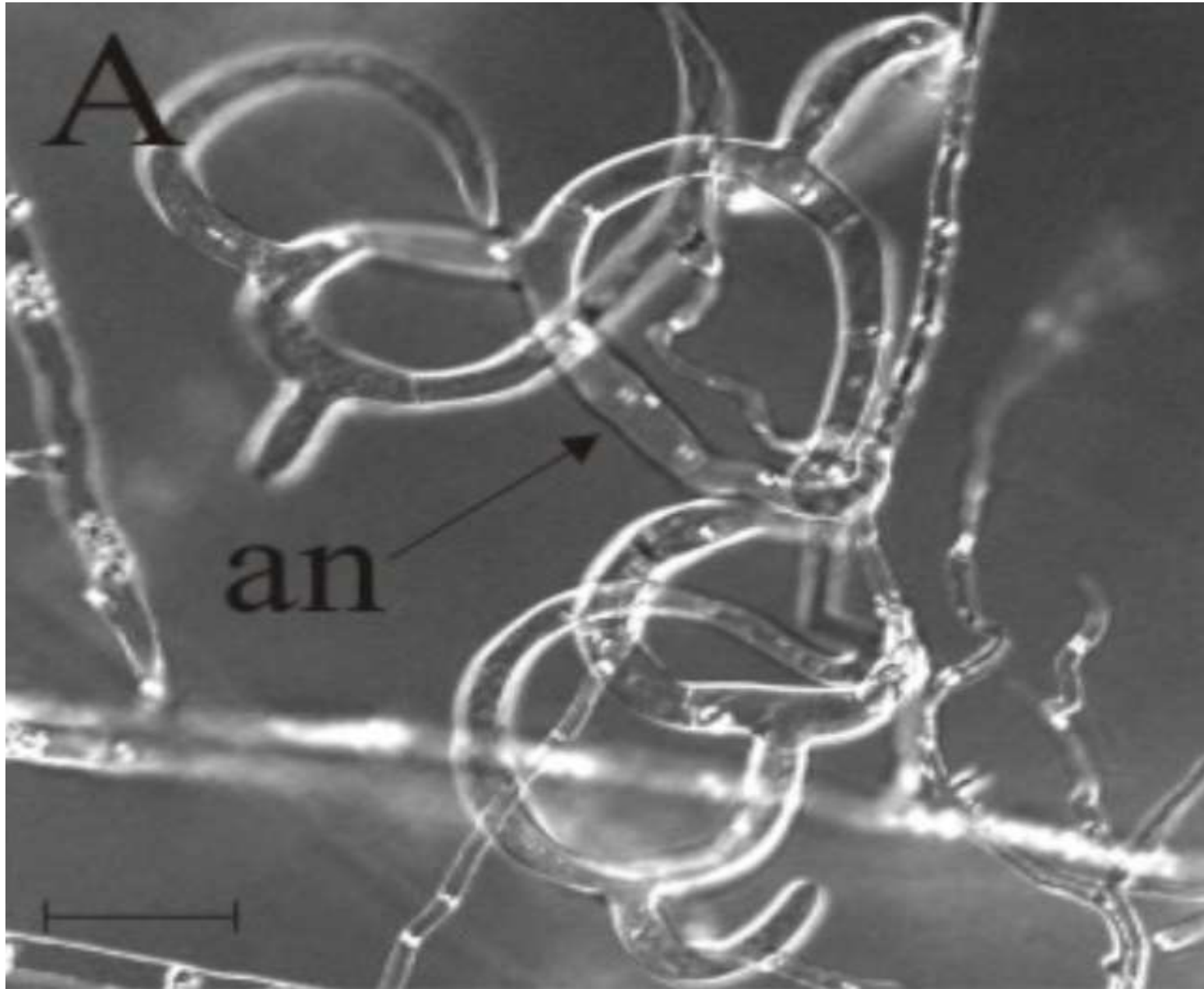


Ловчее орудие *Panagrellus redivivus*,
Bursaphelenchus xylophilus, *Meloidogyne hapla*



Ловчее орудие грибов рода *Nephoderma*

Липкая сеть *A. oligospora* (липкая сеть— **an**)



(Yang et al., 2007)

Мицелий *Conoscybe arala* (Fr.) Arnolds с токсичными капельками



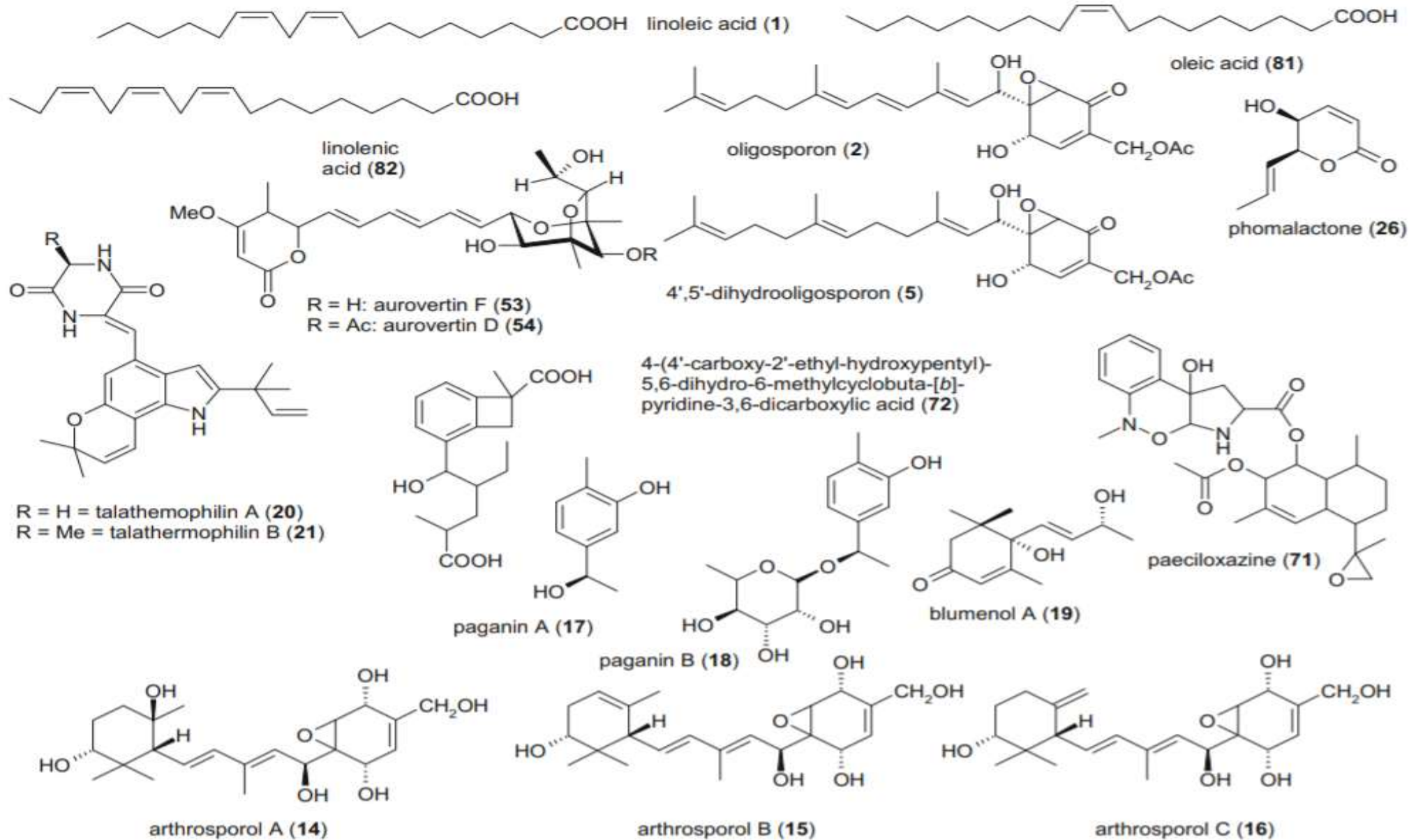
Хищные грибы, их метаболиты и инфицируемые нематоды (1)

Токсичные метаболиты	Грибы	Инфицируемые нематоды
Лейциностадины, Сербиновая протеаза, Хитиназы	<i>Purpureocillium lilacinum</i> , <i>Paecilomyces sp.</i>	<i>M. javanica</i> , <i>M. incognita</i> , <i>P. redivivus</i> , <i>Bursaphelenchus xylophilus</i>
Токсин Т2, Монилиформин, Фузаренон, Неосоланиол, Веррукрин А	<i>Fusarium solani</i>	<i>M. javanica</i>
Секалоновая кислота D, Оксалин	<i>Penicillium anaticum</i> , <i>P. sp.</i> , <i>P. vermiculatum</i> , <i>P. oxalicum</i> , <i>P. chrysogenum</i>	<i>G. rostochiensis</i> , <i>H. avenae</i> , <i>M. spp.</i> , <i>G. rostochiensis</i> , <i>G. pallida</i> , <i>M. javanica</i>
Трихокладинолы	<i>Trichocladium spp.</i>	<i>G. pallida</i>
Трихотецены, Дитерпеноиды, Сесквитерпеноиды	<i>Trichothecium roseum</i>	<i>M. incognita</i>
Плевротин, Дигидроплевротиновая кислота	<i>Pleurotus ostreatus</i> , <i>Coprinus comatus</i> , <i>Nematoclonus robustus</i> , <i>N. concurrens</i>	<i>Bursaphelenchus xylophilus</i>
Мальформин С и щавелевая кислота	<i>Aspergillus niger</i>	<i>M. incognita</i>
Эндохитиназа, Протеаза, Фомалактон	<i>Lecanicillium</i> , <i>Pochonia (Verticillium chlamydosporium)</i> , <i>V. suchlasporium</i> , <i>V. epiphytum</i>	<i>M. incognita</i> , <i>Globodera pallida</i> , <i>M. javanica</i>

Хищные грибы, их метаболиты и инфицируемые нематоды (2)

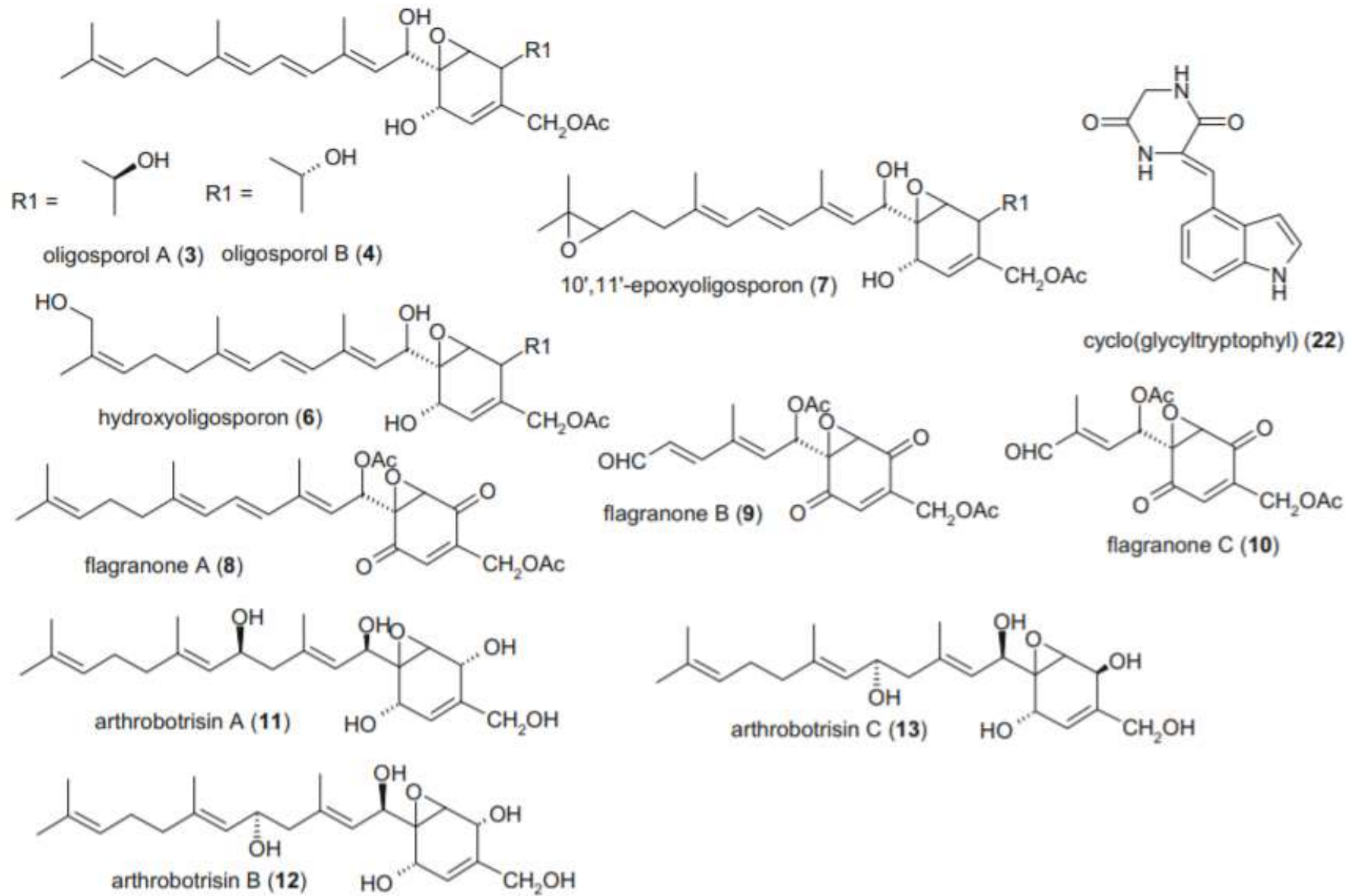
Макроциклический лактон	<i>Streptomyces avermitilis</i>	<i>Ditylenchus dipsaci</i> , <i>M. hapla</i>
Летучие органические соединения (6-пентил- α -пирон)	<i>T. harzianum</i> , <i>T. viride</i> , <i>T. atroviride</i> , <i>T. asperellum</i> ,	<i>Plant-parasitic nematodes</i>
Глюокладин С, 5-п-хенейкозилрезорцин	<i>Clonostachys rosea</i> (<i>Gliocladium roseum</i>)	<i>Bursaphelenchus xylophilus</i> , <i>Globodera pallida</i>
Линолевая кислота	<i>Arthrobotrys oligospora</i> , <i>A. conoides</i> , <i>A. dactyloides</i> , <i>Drechlerella brochopaga</i> , <i>D. dactyloides</i>	<i>Caenorhabditis elegans</i> , <i>Globodera pallida</i>
Веррукарин А, Роридин А	<i>Myrothecium verrucaria</i>	<i>M. incognita</i>
Хетоглобозин А	<i>Chaetomium globosum</i>	<i>M. incognia</i>

Вторичные метаболиты аскомицетных грибов (1)



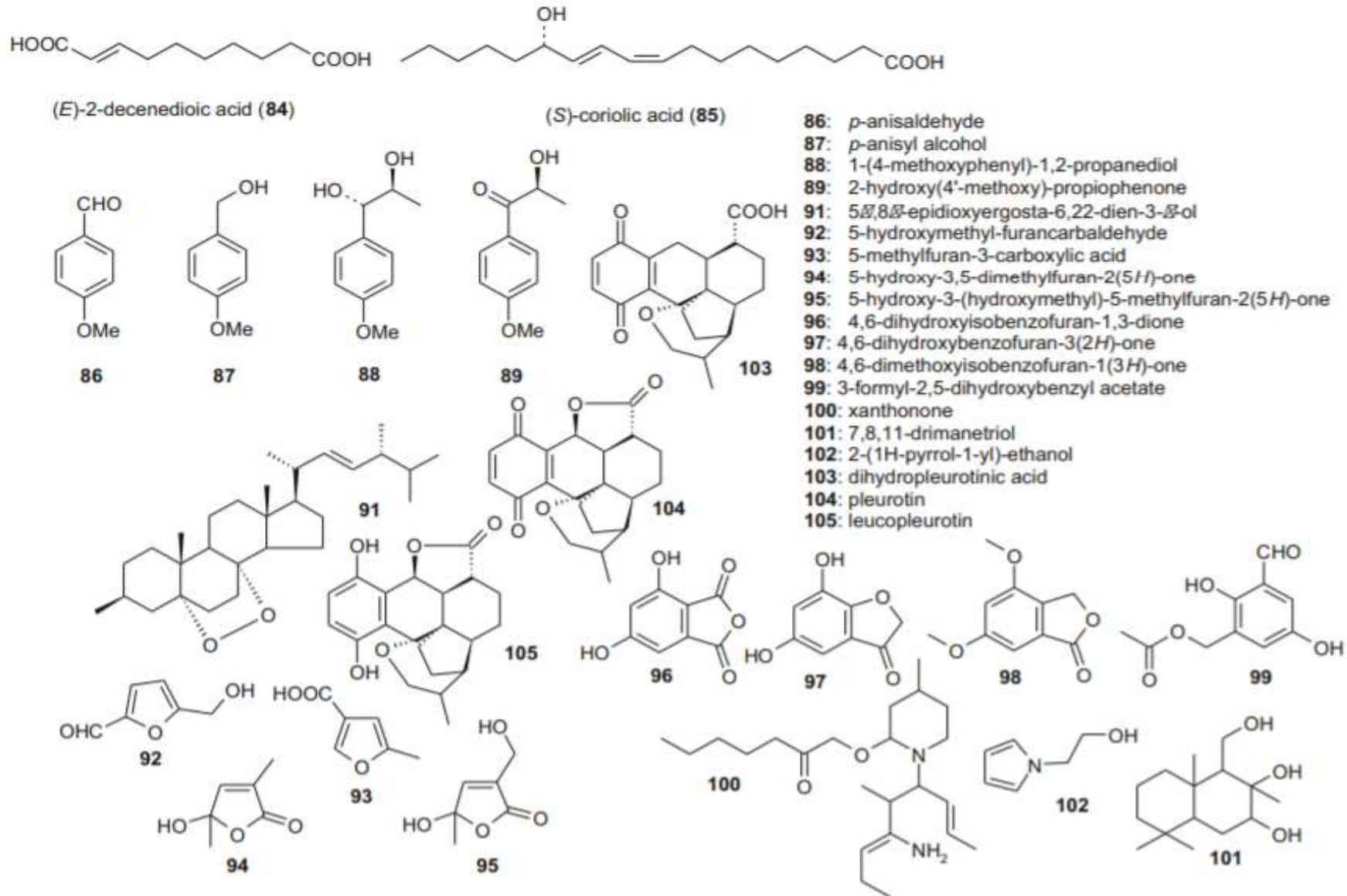
(Degenkolb, Vilcinskas, 2016a)

Вторичные метаболиты аскомицетных грибов (2)



(Degenkolb, Vilcinskas, 2016a)

Нематоцидные метаболиты базидиомицетов



(Degenkolb, Vilcinskas, 2016b)

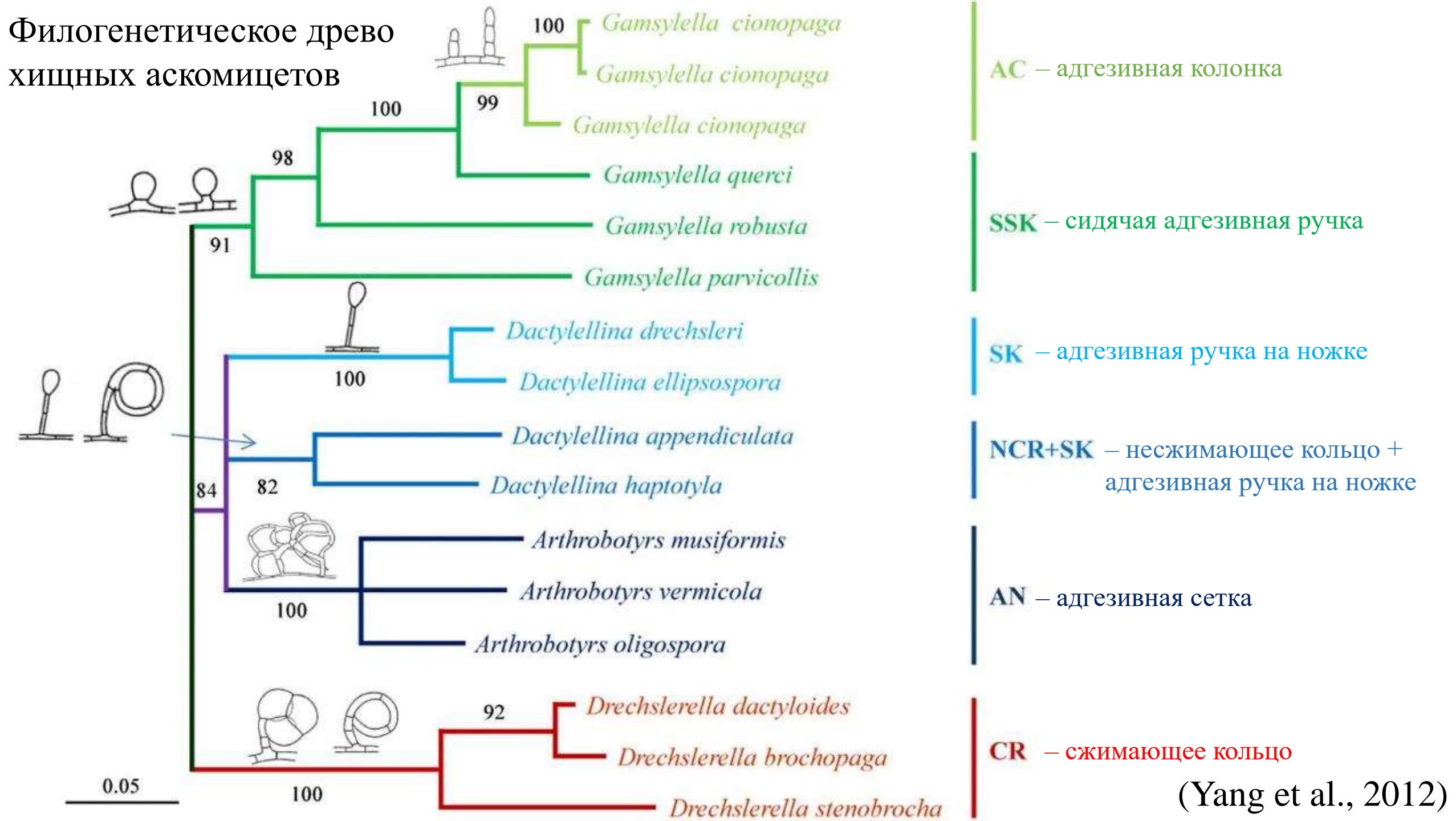


Выводы:

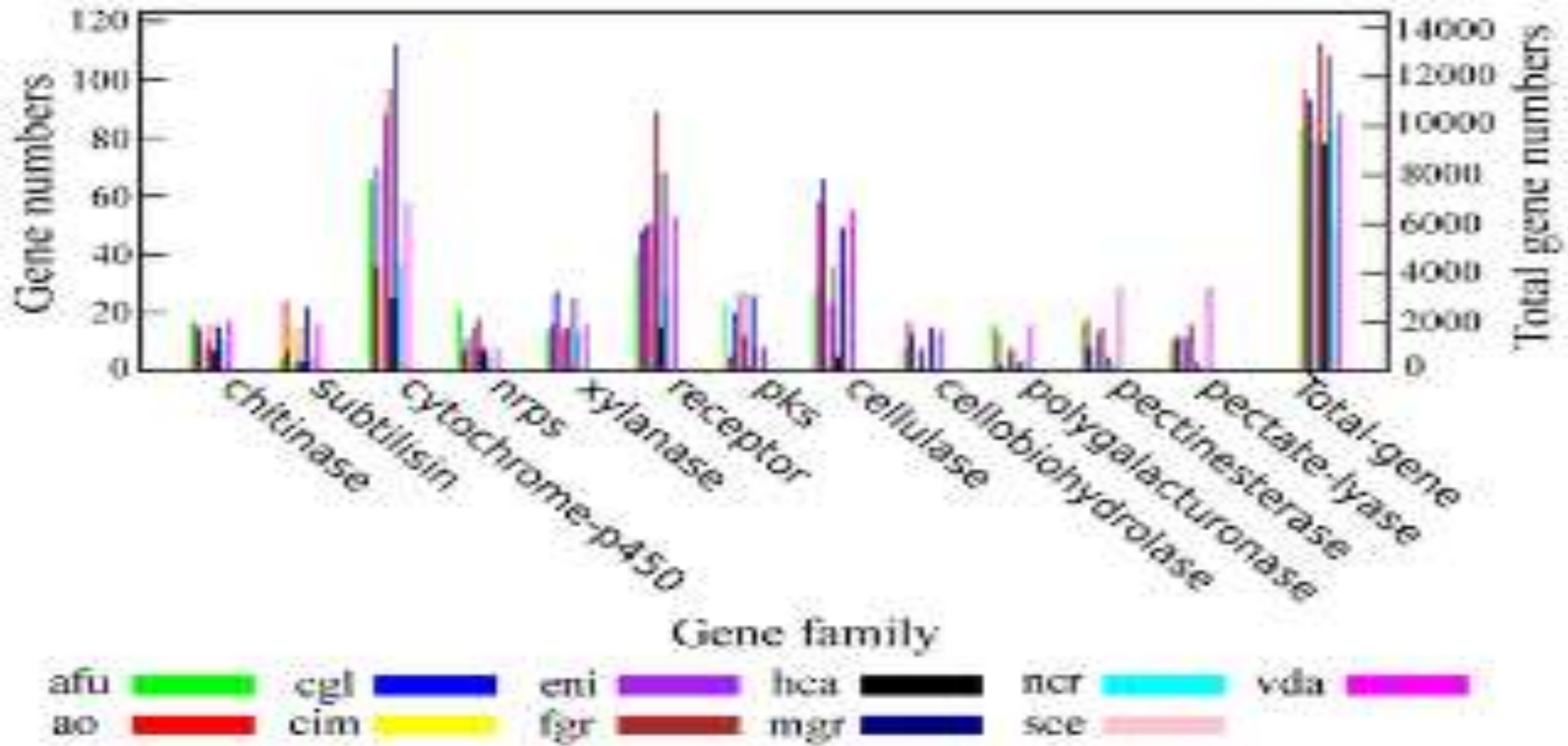
- играют ключевую роль в регуляции численности других организмов, разделяющих с ними среду обитания (нематоды, амёбы, коловратки, коллемболы, дрожжи);
- стратегия хищничества является довольно древним приобретением грибов;
- представители встречаются во всех крупных таксонах грибов и грибоподобных организмов;
- исходным вариантом ловчих приспособлений послужили адгезивные «ручки»;
- на сегодняшний день активно изучаются морфологические и метаболические аспекты выработанных стратегий охоты;
- хищные грибы широко эксплуатируются человеком: применение от сельского хозяйства до фармакологических разработок, подкреплённых методами биотехнологии.

Спасибо за внимание!

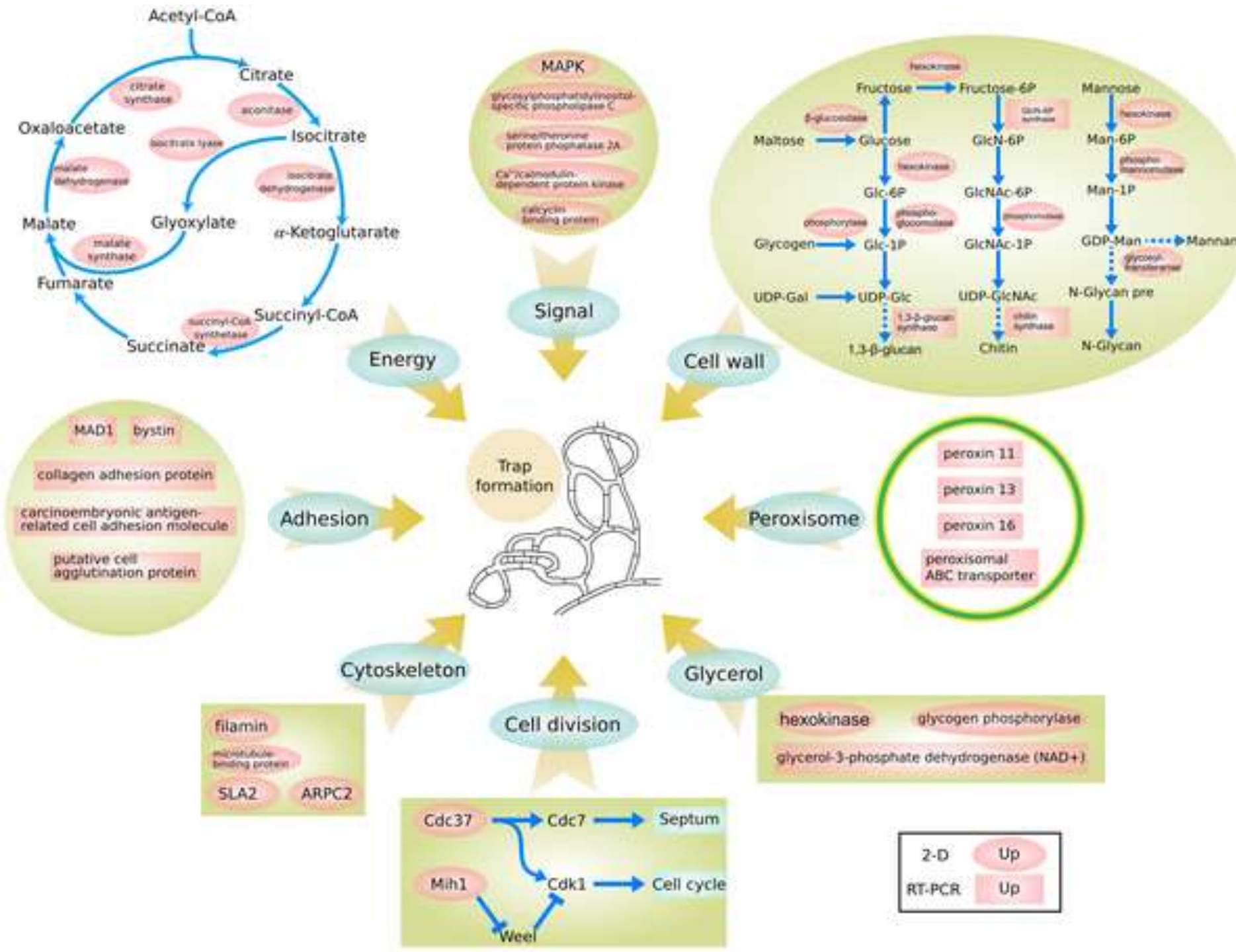
Филогенетическое древо хищных аскомицетов



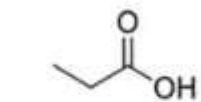
(Yang et al., 2012)



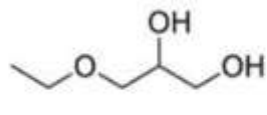
Сравнение семейств генов, связанных с патогенностью, между *A. oligospora* и другими секвенированными грибами. (Yang et al., 2011).



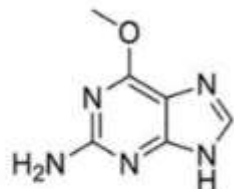
Предлагаемая модель формирования ловушки у *A. oligospora*. Черные буквы на розовом фоне обозначают белки с повышенной регуляцией. Овал представляет двумерные результаты, а квадрат – результаты qPCR. (Yang et al., 2011).

A

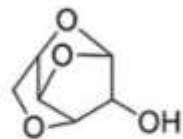
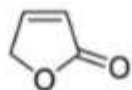
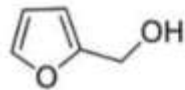
Propanoic acid (1)



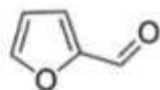
3-Ethoxy-1,2-propanediol (2)



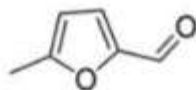
6-Methoxy-9H-purin-2-amine (3)

Hexahydro-2,6-epoxy furo[3,2-*b*]furan-3-ol (4)2(5*H*)-Furanone (5)

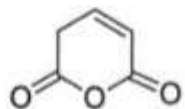
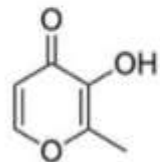
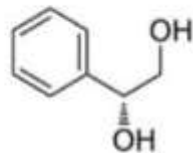
Furan-2-yl methanol (6)



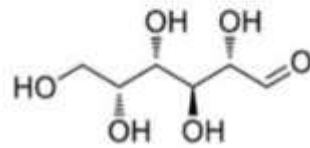
Furan-2-carbaldehyde (7)



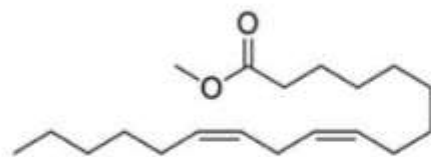
5-Methylfuran-2-carbaldehyde (8)

2*H*-Pyran-2,6-(3*H*)-dione (9)3-Hydroxy-2-methyl-4*H*-pyran-4-one or maltol (10)

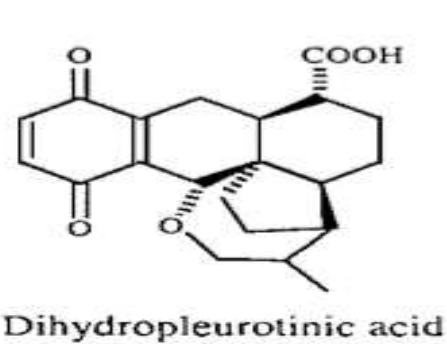
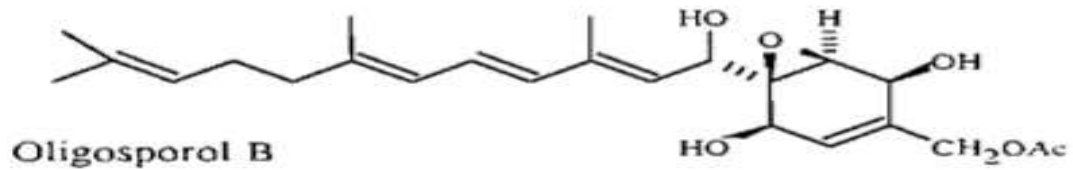
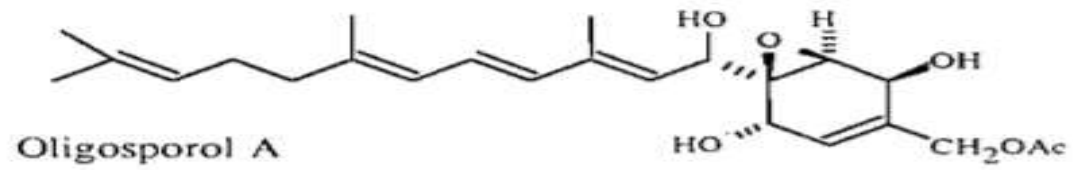
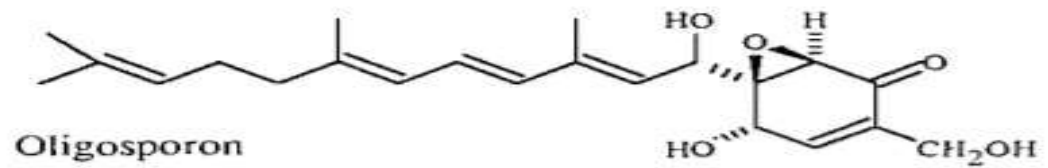
(R)-1-phenyl-1,2-ethanediol (11)



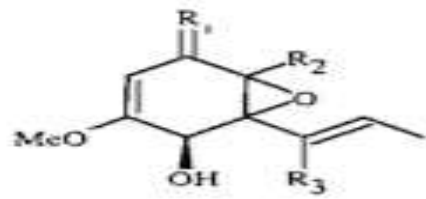
D-(+)-Talose (12)

*n*-Hexadecanoic acid or palmitic acid (13)(9*Z*,12*Z*)-Methyl octadeca-9,12-dienoate (14)

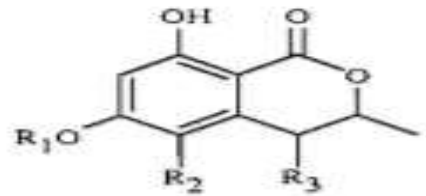
Структуры из 14 метаболитов *Arthrobotrys oligospora*
(Yang et al., 2011)



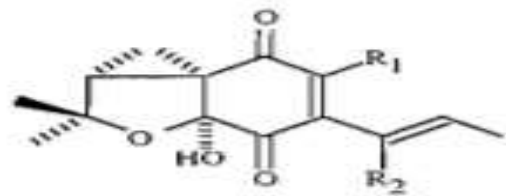
Антимикробные метаболиты из *Arthrobottys oligospora* и *Nematoctonus robustus*.
(Anke et al., 1995)



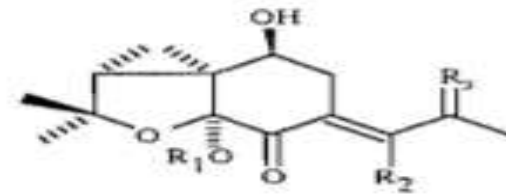
	R ₁	R ₂	R ₃
1:	O	Cl	Cl
2:	OH, H	Cl	Cl
17:	O	H	Br
18:	O	Cl	Br



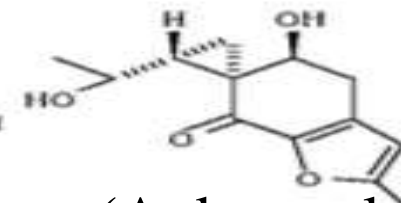
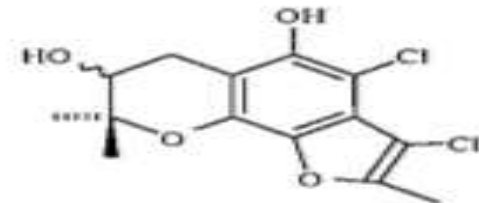
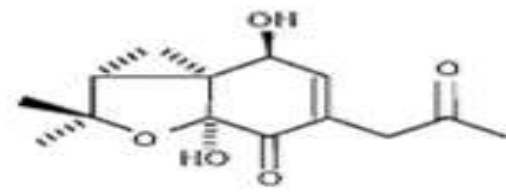
6:	H	H	H
7:	H	H	Cl
8:	H	H	Br
9:	CH ₃	H	Cl
10:	CH ₃	H	H
11:	H	OH	H
12:	H	OH	Cl



3:	H	Cl
4:	Cl	Cl
5:	H	H
13:	Z isomer of 5	
19:	H	Br
20:	Cl	Br



14:	H	H	O
15:	H	H	OH, H
16:	H	H	H, OH (stereoisomer of 15)
22:	H	Cl	OH, H
23:	CH ₃	H	OH, H
24:	CH ₃	H	H, OH (stereoisomer of 23)



Структуры метаболитов *Lachnum raryracum* (Anke et al., 1995)