


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ
КАФЕДРА ЗООЛОГИИ И ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ
Направление подготовки 06.04.01 Биология
Профиль «Биоресурсы и биоразнообразие»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)
БАНИКОВОЙ МАРИИ АЛЕКСАНДРОВНЫ

УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТИХОХОДКИ *RAMAZZOTTIUS*
SUBANOMALUS (EUTARDIGRADA)

Работа завершена:

« 25 » 05 2021 г.  (М.А. Банникова)

Работа допущена к защите:

Научный руководитель:

Кандидат биологических наук, доцент

« 27 » 05 2021 г.  (Я. И. Заботин)

Заведующий кафедрой

Кандидат биологических наук, доцент

« 28 » 05 2021 г.  (Р. М. Сабиров)

Казань – 2021

Реферат

Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) посвящена изучению тканевого и клеточного строения тихоходок на примере вида *Ramazzottius subanomalous* (Biserov, 1985). В ходе работы была изучена ультраструктура кутикулы, эпидермиса, пищеварительной системы и гемоцитов *R. subanomalous*, а также проведен сравнительно-морфологический анализ указанных структур в пределах типа Tardigrada.

В качестве материала для данной работы были использованы наземные пробы тихоходок, собранные в 2019 году на территории г. Казань.

В ходе исследования было обнаружено, что кутикула *R. subanomalous* состоит из четырех слоев, характерных для тихоходок, а эпителиальные клетки содержат пигментные гранулы, по ультраструктуре отличающиеся от соответствующих гранул других окрашенных видов тихоходок. Для гемоцитов *R. subanomalous* было показано большое количество запасящих веществ, наличие ядрышковых вакуолей и локализация в области кишечника.

На примере *R. subanomalous* были описаны новые ультраструктурные особенности глотки тихоходок, выполняющие опорную и сократительную функцию. Показано, что стенка кишечника данного вида образована крупными эпителиоцитами с микроворсинками, крупными ядрами и скоплениями митохондрий и формирует складки первого и второго порядка.

Работа изложена на 62 страницах печатного текста и содержит 30 рисунков. Список литературы включает 56 источников, 47 из которых на иностранных языках.

Ключевые слова: тихоходки, ультраструктура, кутикула, эпидермис, пищеварительная система, глотка, кишечник, гемоциты (запасяющие клетки).

Содержание

Введение	3
Глава 1. Обзор литературы	6
1.1 Филогенетическое положение Tardigrada	6
1.2 Строение тихоходок	6
1.3 Особенности биологии тихоходок	16
1.4 Диагностические признаки	20
1.5 Общая характеристика вида <i>Ramazzottius subanomalous</i>	23
Глава 2. Материалы и методы	27
2.1 Сбор материала	27
2.2 Сканирующая электронная микроскопия	28
2.3 Трансмиссионная электронная микроскопия	28
Глава 3. Результаты	30
3.1 Покровы	32
3.2 Гемоциты	35
3.3 Пищеварительная система	38
Глава 4. Обсуждение результатов	48
4.1 Покровы	48
4.2 Гемоциты	49
4.3 Пищеварительная система	52
Выводы	55
Список использованных источников	56

Введение

Tardigrada – группа микроскопических широко распространенных беспозвоночных животных. Впервые эти животные были описаны в 1773 году немецким пастором И. А. Геце и по мере изучения интерес к этой группе организмов все возрастал.

В настоящее время тихоходки очень популярны в научном мире, их часто используют в качестве модельных организмов для исследований в самых различных областях: астробиологии, физиологии, эволюционной экологии и многих других.

Повышенный интерес к данной группе животных обусловлен их необыкновенной устойчивостью. Изучение механизмов, позволяющих тихоходкам выживать в самых экстремальных условиях окружающей среды, может открыть большие перспективы для прикладных биомедицинских (Jönsson, 2019) и космических разработок (Persson et al., 2011). Возможно, в будущем защитные белки тихоходок можно будет использовать для защиты тканей и органов человека от повреждений (Hashimoto et al., 2016; Hashimoto, Kunieda, 2017), для сохранения различных биологических материалов, таких как органы и ткани для трансплантации, кровь для переливания, сперма для искусственного оплодотворения (Keilin, 1959), для экспериментальных исследований, связанных с лечением рака методом лучевой терапии, в фармацевтике для сохранения вакцин и в качестве стабилизирующих вспомогательных веществ (Jönsson, 2019), для устранения препятствий при организации продолжительных космических экспедиций, связанных с радиацией (Persson et al., 2011), а также в сельском хозяйстве для улучшения засухоустойчивости сельскохозяйственных культур и сохранения семян (Keilin, 1959).

На сегодняшний день Tardigrada остается малоизученным типом современных беспозвоночных (Туманов, 1997). С данной группой связано множество актуальных проблем, представляющих большой интерес для

фундаментальной науки, в решении которых во многом может помочь изучение их ультраструктуры.

Например, тихоходки являются важным объектом при изучении эволюционной истории беспозвоночных. Тип Tardigrada считается одной из трех групп ныне живущих беспозвоночных, родственных членистоногим. Существует предположение, что тихоходки обладают признаками, присущими членистоногим на ранней стадии артроподизации, поэтому они могут представлять значительный интерес при изучении филогении данной группы (Барнс и др., 1992). Кроме того морфологическое сходство тихоходок с несколькими вымершими представителями Lobopoda (Liu, Dunlop, 2014) известными из летописи окаменелостей, и гипотеза о том, что лобоподы являются предками Panarthropoda (Smith, Ortega-Hernandez, 2014; Ortega-Hernandez, 2015) также стимулируют изучение функциональной морфологии Tardigrada (Gross, Mayer, 2019). Еще одним важным вопросом является изучение адаптации тихоходок к существованию в условиях наземных местообитаний, так как вероятно, что эта группа одной из первых перешла к наземному существованию (Туманов, 1997).

Недавние исследования показали, что клетки тихоходок в состоянии криптобиоза характеризуются важными отличительными особенностями (Richaud et al., 2020). Поэтому изучение ультраструктурной организации тихоходок может стать вспомогательным инструментом для выявления механизмов их устойчивости.

Многие особенности ультраструктуры тихоходок (например, строение кутикулы (Ramazzotti, Maucsi, 1983), морфология сперматозоидов (Guidi, Rebecchi, 1996; Nelson, Bartels, 2007) и др.) имеют филогенетическое значение, поэтому очень важны для систематики Tardigrada и могут использоваться в качестве таксономических признаков.

Несмотря на значительную актуальность, ультраструктурные особенности многих видов тихоходок остаются слабо изученными.

В связи с этим целью данной работы является изучение тканевого и клеточного строения тихоходок на примере вида *Ramazzottius subanomalous* (Biserov, 1985).

Для выполнения этой цели были поставлены следующие задачи:

- 1) Изучение ультраструктуры кутикулы и эпидермиса *R. subanomalous*;
- 2) Изучение ультраструктуры пищеварительной системы и гемоцитов *R. subanomalous*;
- 3) Проведение сравнительно-морфологического анализа указанных структур в пределах типа Tardigrada.

Выводы

1. Кутикула *Ramazzottius subanomalous* состоит из четырех слоев, характерных для тихоходок: эпикутикула (внешняя и внутренняя), интракутикула и прокутикула. Эпителиальные клетки *R. subanomalous* содержат пигментные гранулы, по ультраструктуре отличающиеся от соответствующих гранул других окрашенных видов тихоходок.

2. Для гемоцитов *R. subanomalous* характерно большое количество запасяющих веществ в виде липидных капель, наличие ядрышковых вакуолей и локализация в области кишечника, в т.ч. в плотном контакте с эпителиоцитами.

3. На примере *R. subanomalous* описаны новые ультраструктурные особенности глотки тихоходок (выросты базальной мембраны с отходящими от них тяжами; гемидесмосомы, соединяющие миофибриллы с базальной пластинкой), выполняющие опорную и сократительную функцию.

4. Стенка кишечника *R. subanomalous* формирует складки первого и второго порядка. Эпителиоциты характеризуются микроворсинками на апикальной поверхности, крупными ядрами и скоплениями митохондрий.