

УДК: 57.084.1:593.17

***TETRAHYMENA THERMOPHILA* КАК МОДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ, ШИРОКО ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.**

Соловьева Я.А.¹, Борочева А.С.¹, Соколова А.В.¹, Власова А.А.¹

¹ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский» университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, направление подготовки «Биология», Россия, Волгоград, e-mail: yana.study20@gmail.com

Представлены общие критерии ко всем модельным объектам, в соответствии с которыми можно выбрать для исследований наиболее подходящий организм. Указана важность модельных объектов биомедицинских исследованиях, так как полученные с их использованием знания могут быть применены к человеку. В биологических исследованиях широко используют *Tetrahymena thermophile* благодаря легкому выращиванию в лабораторных условиях. Но главным преимуществом является то, что в 2006 году был секвенирован геном макронуклеуса *Tetrahymena thermophile*, что открыло возможности использовать ее как модельную систему и в постгеномный период молекулярной биологии. *Tetrahymena thermophila* используется как модельный объект не только в области генетики, но и в биохимии, например для биохимического анализа ферментов и выделения компонентов клетки. Приведено краткое описание функций макронуклеуса и микронуклеуса, а также жизненный цикл. Описано исследование, в котором *Tetrahymena thermophila* была использована как образцовый организм, изучая воздействие ряда аналогов бисфенола А (ВРА) на водные организмы как на индивидуальном, так и на популяционном уровнях. Полученные результаты показали, что эти аналоги бисфенола могут оказывать химическое специфическое воздействие на водные организмы с низким трофическим уровнем, особенно на нарушение эндогенного метаболического баланса.

Ключевые слова: модельный объект, модельный организм, *Tetrahymena thermophile*, макронуклеус, микронуклеус, ядерный дуализм.

***TETRAHYMENA THERMOPHILA* КАК МОДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ, ШИРОКО ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.**

Solovyoeva Y. A.¹, Boricheva A. S.¹, Sokolova A.V.¹, Vlasova A.A.¹

¹FSBEI HE VolgSMU Of the Ministry of Healthcare of the Russia – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Medical University» Of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation direction of preparation “Biology”, Russia, Volgograd, e-mail: yana.study20@gmail.com

General criteria for all model objects are presented, according to which the most suitable organism can be selected for research. The importance of model objects in biomedical research is indicated, since the knowledge obtained with their use can be applied to humans. *Tetrahymena thermophile* is widely used in biological research due to its easy cultivation in the laboratory. But the main advantage is that the genome of the macronucleus *Tetrahymena thermophile* was sequenced in 2006, which opened up the possibility of using it as a model system in the post-genomic period of molecular biology. *Tetrahymena thermophila* is used as a model object not only in genetics, but also in biochemistry, for example, for biochemical analysis of enzymes and isolation of cell components. A brief description of the functions of the macronucleus and micronucleus, as well as the life cycle is given. A study is described in which *Tetrahymena thermophila* was used as a model organism, investigating the effects of a number of bisphenol A (BPA) analogs on aquatic organisms at both the individual and population levels. The results obtained showed that these bisphenol analogs can have a chemical specific effect on aquatic organisms with a low trophic level, especially on the disturbance of endogenous metabolic balance.

Введение.

Большинство организмов используются в качестве моделей в биологических исследованиях. Благодаря модельным объектам изучается их строение, функции, биохимические и физиологические процессы.

В науке очень важно, чтобы у модельного объекта были выявлены закономерности свойственные и другим похожим организмам, в том числе и человеку. Невозможность проведения исследований на человеке по каким-либо техническим или этическим причинам указывает на значимость использования модельных объектов.

Использование модельных организмов основано на том, что все живые организмы имеют общее происхождение и сохраняют много общего в механизмах хранения и реализации наследственной информации, метаболизме и др.

При выборе модельного организма важно учитывать основные критерии:

1. Простота содержания и разведения в лабораторных условиях;
2. Короткое время генерации
3. Быстрая смена поколений
4. Возможность генетических манипуляций
5. Особенности строения
6. Секвенированный геном

В биологических исследованиях широко используют *Tetrahymena thermophile* так как ее очень легко выращивать в лабораторных условиях для биохимического анализа ферментов и выделения компонентов клетки, для изучения функции генов *in vivo*, благодаря разработке молекулярно-генетических методов, позволяющих модифицировать ДНК, убирать и встраивать гены путём гомологичной рекомбинации, индуцировать и репрессировать экспрессию генов, производить цитологический анализ для изучения цитоскелета микротрубочек, торговли мембранами, для исследования сложных ядерных движений и взаимодействий, а также клеточного ремоделирования во время конъюгации. После полного секвенирования генома макронуклеуса *Tetrahymena* может быть использована как модельная система и в постгеномный период молекулярной биологии. [1]

Материалы и методы.

1. Поиск и сбор информации по исследуемому вопросу.
2. Анализ полученных сведений- анализ собранной информации, проверка на логичность, достоверность и актуальность.
3. Библиографический метод- подсчет количества сделанных публикаций и контент анализ. Используется для получения сведения об актуальности темы и уровня ее изученности.

***Tetrahymena thetmophila* в качестве модельного объекта.**

Tetrahymena thermophila- свободноживущая пресноводная инфузория, клетка которой покрыта ресничками.

Tetrahymena thermophila имеет 7 разных полов (типов спаривания), которые могут воспроизводиться в 21 различных комбинациях. В сентябре 2006 был секвенирован геном макронуклеуса *Tetrahymena thermophila*. Однако генетический код отличается от других организмов: все три стоп-кодона могут использоваться для кодирования аминокислот. Более того, инфузории способны избавляться от повторяющихся и чужеродных фрагментов из рабочих копий своего генома, но потомство всегда получает в наследство исходный вариант генома. [2]

У *Tetrahymena thermophila* имеется два ядра (ядерный дуализм) с различными функциями: макронуклеус и микронуклеус. Макронуклеус, или макроядро (МАС) содержит рабочий геном, который обеспечивает жизнедеятельность клетки, а микронуклеус (МИС) является генеративным, то есть предназначен для обмена генетической информацией с другими клетками и содержит ДНК в неактивной форме. Обычно инфузории размножаются простым делением пополам (вегетативно), но при неблагоприятных условиях, они приступают к половому процессу. Ядерный диморфизм имеет много последствий для молекулярных исследований. Например, маркировка гена репортером, таким как GFP (зеленый флуоресцентный белок), который дает информацию о том, где ген, представляющий интерес, локализуется в клетке. Поскольку МАС и МИС имеют разные функции, локализация гена дает ценную информацию о его функции. [3]

Жизненный цикл состоит из чередования гаплоидной и диплоидной стадий (гаплофазы и диплофазы). В диплофазе происходит бинарное деление –бесполое размножение.

При неблагоприятных условиях происходит половой процесс-конъюгация, которая не включает в себя размножение клеток. Для того чтобы конъюгировать, клетки тетрахимены должны удовлетворять следующим требованиям: а) они должны быть голодными для по крайней мере, одно необходимое питательное вещество; б) они должны быть разного типа спаривания; и в) они должны достичь достаточного количества питательных веществ- уровень половой зрелости. [4]

В одном из исследований использовали *Tetrahymena thermophila* как образцовый организм, изучая воздействие ряда аналогов бисфенола А (ВРА) на водные организмы как на индивидуальном, так и на популяционном уровнях. Все они подавляли индивидуальный рост и популяционную пролиферацию в концентрации 2,6 мкМ или 13,0 мкМ в течение 60-часового периода воздействия, причем емкость подавления популяции оценивалась следующим образом: ВРВ> ВРА ≈ ВРАФ>> ВРЕ>>> ВРС. Эти аналоги также демонстрировали химически

специфическое нарушение жирных кислот у одноклеточных эукариот и транскрипционных уровней ферментов, участвующих в метаболизме/биосинтезе жирных кислот. Воздействие ВРА и ВРЕ значительно увеличивало соотношение насыщенных жирных кислот к ненасыщенным жирным кислотам, в отличие от десатурационных эффектов, проявляемых ВРА и ВРВ. Полученные результаты показали, что эти аналоги бисфенола могут оказывать химическое специфическое воздействие на водные организмы с низким трофическим уровнем, особенно на нарушение эндогенного метаболического баланса. [5]

Заключение

Tetrahymena thermophila является модельным объектом, который широко используется в биологии. Использование *Tetrahymena thermophila* как модельного объекта позволило изучить многие генетические и биохимические аспекты. Данный модельный объект является очень удобным, так как его легко выращивать в лабораторных условиях. Секвенирование генома макронуклеуса позволило использовать ее как модельную систему и в постгеномный период молекулярной биологии.

Список литературы:

1. Asai, D.J., Methods in Cell Biology Volume 62: Tetrahymena thermophila, / Asai D.J., Forney J.D., Wilson L.P, Matsudaira P.T. // Academic Press. - 2000. –С. 253-263.
2. Eisen J. A., Macronuclear Genome Sequence of the Ciliate Tetrahymena thermophila, a Model Eukaryote. / Coyne R. S., Wu M., Wu D., Thiagarajan M., et al.// PLOS Biology. - 2006.- С. 1620-1621.
3. Ruehle, M. D., Tetrahymena as a Unicellular Model Eukaryote: Genetic and Genomic Tools. / Orias E., Pearson C.G. // Genetics. - 2016. - С. 649-665.
4. Collins, K., Tetrahymena thermophila/ Gorovsky M. A.// Current Biology. - 2005. -С.9.
5. Li, J., Exposure to bisphenol analogues interrupts growth, proliferation, and fatty acid compositions of protozoa Tetrahymena thermophile. / Wang J., Hou S.,Huang Y., Chen H., Sun Z., Chen D. // Hazardous Materials .- 2020. - С. 1-8.