

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского

Биологический факультет

Исследования молодых ученых в биологии и экологии

Сборник научных статей

Саратов

2023

УДК 57+58+59

ББК 28.0 я43

И 88

И 88 Исследования молодых ученых в биологии и экологии - 2023: сборник научных статей. - Саратов: Амирит, 2023. - 149 с.

ISBN 978-5-00207-228-6

Сборник посвящен итогам Международной научной конференции молодых ученых. В нем представлены обобщающие материалы научных исследований, проводимых студентами, аспирантами и научными сотрудниками на современном этапе. Рассмотрены проблемы биологии и экологии микроорганизмов, растений и животных, методики преподавания биологии и экологии.

Для студентов и аспирантов биологического профиля, учителей биологии, а также для специалистов в области естествознания и сотрудников государственных учреждений по охране окружающей среды и природных ресурсов.

Печатается по решению методической комиссии биологического факультета и утверждено на заседании Ученого совета биологического факультета ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Рекомендуют к печати:

Алипов В.В., заведующий кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского», д-р мед. наук, профессор, академик РАЕН;

Шелудько А.В., д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генетики Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – обособленного структурного подразделения ФГБУН «Саратовский научный центр Российской академии наук» (ИБФРМ РАН).

Ответственный редактор:

О. И. Юдакова

Редакционная коллегия:

*В. В. Аникин, В. А. Болдырев, А. С. Кашин, С. А. Коннова, Е. В. Плешакова,
О. В. Семячкина-Глушковская, С. А. Степанов, Е. С. Тучина, Д. В. Уткин*

УДК 57+58+59

ББК 28.0 я43

ISBN 978-5-00207-228-6

© Коллектив авторов, 2023

Содержание

<i>Абдурахманова З. Р.</i> Влияние теллурурганического соединения на перекисное окисление липидов в крови крыс	8
<i>Апатьева М. И., Зрячева С. С., Лобанов К. В., Мартыненко А. В., Олейников А. С., Савенкова М.С., Щербакова Д. Е., Эль Хих А. Н.</i> Оценка геохимической нагрузки снежного покрова на общественно-рекреационных участках г. Саратова	10
<i>Арашин С. Ю.</i> Опыт использования зоопланктона для биоиндикации экологического состояния городских прудов в г. Вологда	12
<i>Басалаева Д. Л., Богомолова А. А., Осмоловский А. А.</i> Протеолитические ферменты энтомопатогенных мицелиальных грибов семейства Cordycipitaceae	14
<i>Вахнина А. С., Дымнич А. С., Глинская Е.В.</i> Ферментативная активность ассоциативных микроорганизмов растений ячменя	16
<i>Венедюхина Е.П., Коробейникова А.С., Глинская Е.В., Плевакова Е. В.</i> Оценка мацерирующей активности почвенных бактерий	18
<i>Гулий О. И., Зайцев Б. Д., Караваева О. А., Мартыненко А. В., Бородина И. А.</i> Сенсорная платформа на основе акустической щелевой моды и бактериальных клеток для определения антибиотиков	20
<i>Гумаюнова К. С., Синягина Ю. В., Овчинникова М. В., Глазкова Е. А., Синецына Н. В., Комиссаров А. В.</i> Эффективность защитных свойств сред, применяемых при лиофилизации бактериофагов, специфичных в отношении опасных инфекций	22
<i>Задоркина Д. В., Сушко Д. Е., Францева Т. П.</i> Биомерация как способ поддержания экологической безопасности	24
<i>Зенченко З. Р., Мельников Е. Ю.</i> Особенности орнитонаселения Гусельских лесополос г. Саратова	25
<i>Зубехина А. А., Коробко В. В.</i> Разнообразие трихом эпидермиса однолетнего побега <i>Actinidia kolomikta</i> (Maxim. & Rupr.) Maxim	27
<i>Ерзаева А.С., Мошнинова Т.М., Рогова Н. А.</i> Использование данных о популяционной структуре редких видов растений при оценке состояния лесных памятников природы регионального значения Самарской области	29
<i>Ефименко С. Ф., Пархоменко А. С., Кашин А. С.</i> Распространение гаметофитного апомиксиса среди видов <i>Chondrilla</i> Европейской России и Западного Казахстана	31
<i>Ефимова Д. И., Торгашкова О. Н.</i> Влияние эдафических факторов на формирование банка семян в некоторых сосняках Вольского района	33
<i>Ефимова Е. С., Тучина Е. С.</i> Методы повышения эффективности антимикробного фотодинамического воздействия	35
<i>Жмурова А. А.</i> Фаунистический список мокриц (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) Саратовской области	37
<i>Ивкин И. Д., Пархоменко А. С., Кашин А. С.</i> Предварительные результаты определения относительного содержания ядерной ДНК некоторых представителей рода <i>Chondrilla</i> (Asteraceae)	38
<i>Казанцев А.В., Кулагин М.А., Нарышкина Е.А., Соседова Е.А., Федоров А.В., Катыев А.Д., Шарапова Н.А., Краснов Я.М., Микеров А.Н.</i> Сиквенс-типы уропатогенных <i>Escherichia coli</i>	40
<i>Касаткина М. А., Плевакова Е. В.</i> Биологические и функциональные особенности микроорганизмов, выделенных из высокомагнитной почвы	42

Караваяева О. А., Евстигнеева С. С., Фомин А. С., Староверов С. А., Мартыненко А.В., Гулий О.И. Перспективность применения технологии фагового дисплея для получения антител, специфичных к антибиотикам	44
Кожухина П. В., Мельников Е. Ю., Шаврина У. Ю., Поликарпова Н. В. Особенности осеннего миграционного состояния воробьиных птиц в условиях Заполярья (заповедник «Пасвик»)	46
Коврижников А. В., Балыкова А. Н., Коннова С. А., Ерошенко Г. А. Сравнительный анализ геномов штаммов <i>Yersinia pestis</i> , выделенных в очагах чумы Северо-Восточного Прикаспия	48
Колоскова А. Ю., Искра Т. Д. Технология повышения терапевтической эффективности Авастина	50
Кондратьев Е. Н. Использование гетероконцентральной модели для отображения консортивных связей между членистоногими нидиколами и гнездом береговой ласточки (<i>Riparia riparia</i> (Linnaeus, 1758)) в Саратовской области	52
Кондратьева А. О., Крицкая Т. А., Пархоменко А. С., Кашин А. С. Генетический полиморфизм в популяциях <i>Globularia</i> L. Восточно-Европейского фрагмента ареала	54
Кондюрина Н. К., Величко Н. С. Ответные реакции <i>Triticum aestivum</i> L. на обработку липополисахаридом эндофитных видов гербаспирилл	56
Коробейникова А. С., Глинская Е. В., Плешакова Е. В. Субстратный спектр углеводородокисляющих микроорганизмов почв г. Когалыма	58
Крупнова В. В., Блохина И. А., Семячкина-Глушковская О. В. Активация лимфодренажной системы мозга во время сна у крыс	60
Курочкина Ю. А., Петерсон А. М. Перспективы использования ассоциативных бактерий томата (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) для борьбы с фитопатогенами	62
Линкова Л. И., Алаторцева Т. А. Оценка морфогенетического потенциала <i>in vitro</i> у некоторых видов пасленовых	64
Манжаева М. Б., Блохина И. А., Федосов И. В., Семячкина-Глушковская О. В. Фотостимуляция лимфатической доставки бевацизумаба в головной мозг мышей с глиобластомой	66
Максимов М. Э., Максимова А. Д., Перевозникова Т. В. Педагогическая модель мониторинга остаточных знаний у студентов, необходимых для изучения гистологии в вузе	68
Мартынова П. С. Изучение влияния особенностей цвета среды обитания на окраску ящерицы прыткой <i>Lacerta agilis</i>	70
Машкарина Т. М. Определение содержания ртути в волосах школьников в рамках проблемы ртутного загрязнения в Вологодской области	73
Миронова А. А., Аникин В. В. Жесткокрылые (Insecta: Coleoptera) в энтомокомплексе ксилотрофных базидиальных грибов (Fungi: Basidiomycetes) на деревьях прибрежных районов г. Энгельса	75
Морозова Е. С., Тучина Е. С., Крючкова Е. В., Гринев В. С. Геномные и фенотипические доказательства метаболизма коричневой кислоты штаммом <i>Achromobacter insolitus</i> LCu2	77
Мурзина А. Е., Коробейникова А. С., Глинская Е. В., Решетников М. В., Плешакова Е. В. Сравнительная оценка результатов биотестирования почв г. Когалыма с геохимическими и микробиологическими показателями	79
Новоселова Е. С. Трансформация болотных биогеоценозов после осушения болота и дальнейшего хозяйственного использования	81

<i>Нестеркина Д. Д., Голубев Д. М., Глинская Е. В., Нечаева О. В.</i> Оценка количественных показателей физиологических групп микроорганизмов, выделенных из почв с хроническим нефтяным загрязнением	83
<i>Орлова А. Д., Кондратьева А. О., Пархоменко А. С.</i> Разнообразие форм отгиба листочка околоцветника некоторых таксонов <i>Colchicum</i> sl. европейской части России	85
<i>Павлова А. Д., Петерсон А. М.</i> Влияние химических инсектицидов на эпифитную микробиоту черной смородины	87
<i>Поверенный Н. М., Аникин В. В.</i> Филогенетический анализ скорпионов рода <i>Mesobuthus</i> (Vachon, 1950), обитающих на территории Средней Азии, на основании анализа фрагментов гена протеин киназы	89
<i>Прядилова И. В., Беляченко А. В.</i> Межгодовая изменчивость питания орла-могильника (<i>Aquila heliaca</i>) в национальном парке «Хвалынский»	91
<i>Пушкова А. Е., Мосолова Е. Ю.</i> Кряква (<i>Anas platyrhynchos</i>) как модельный объект для изучения синантропизации водоплавающих птиц в условиях г. Саратова	93
<i>Родионова Н. В.</i> Антибактериальная активность и физико-химические свойства гидроксиметильных производных бензимидазола	95
<i>Рубаева А. А., Шерудило Е. Г., Шibaева Т. Г.</i> Влияние минерального питания на продуктивность, пищевую ценность и содержание нитратов в микрозелени семейства Brassicaceae в условиях разных фотопериодов	97
<i>Савенкова М. С., Демышева А. Д., Плешакова Е. В.</i> Оценка экотоксичности меламина методом, основанным на определении дегидрогеназной активности <i>Dietzia maris</i> AM3	99
<i>Сальникова С. В., Курчатова М. Н.</i> Применение метода ДНК-комет для оценки действия растительных экстрактов	101
<i>Санникова А. В., Шарипова М. Р., Шакиров Е. В., Валева Л. Р.</i> Роль консервативных TRFL генов в регуляции длины теломер <i>Physcomitrium patens</i> и <i>Marchantia polymorpha</i>	103
<i>Сергутин Д. А., Пархоменко А. С., Кондратьева А. О.</i> Онтогенетическая структура ценопопуляций <i>Globularia</i> Восточной Европы	105
<i>Симоненко А. В., Ханадеев В. А., Гришин О. В., Хлебцов Н. Г.</i> Золотые наностержни: стратегия повышения фотостабильности и цитотоксичность	107
<i>Синягина Ю. В., Овчинникова М. В., Гумаюнова К. С., Зинина О. С.</i> Подбор методики, поиск и выделение бактериофагов <i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	109
<i>Скачкова А. В., Воронин М. Ю.</i> Зимние экскурсии на пришкольную территорию (на примере МАОУ образовательный центр имени М.М. Расковой г. Энгельс)	111
<i>Соковых Г. Г.</i> Оптимизация технологии клонального размножения некоторых сортов роз сортогруппы миниатюрные (MIN) и чайно-гибридные (HT&CLHT)	113
<i>Тарасюк А. К., Петерсон А. М.</i> Особенности микробиоты синантропных муравьев (Formicidae) на территории Саратовской области	116
<i>Тарасов Д. В., Гребенюк Л. В., Степанов М. В.</i> Загрязнения участка реки 1-ая Гуселка (г. Саратов) соединениями тяжелых металлов	118
<i>Теккозян К. Р., Лобанова Л. П., Колесова А. Ю.</i> Характеристика пыльцы у двух тетраплоидных линий кукурузы	120
<i>Тиморшина С. Н., Ганецкая Е. А., Шестакова А. А., Лямина В. М., Александрова А. В., Осмоловский А. А.</i> Новые штаммы кератинолитических микромицетов для биodeградации отходов животноводства	122

<i>Трещева К. А., Аникин В. В.</i> Обзор семейства Encyrtidae (Hymenoptera) в рамках энтомологического мониторинга в национальном парке «Хвалынский»	124
<i>Трофименцева Е. В., Гуторова О. В.</i> Получение новых линий кукурузы путем использования технологии удвоенных гаплоидов	126
<i>Туртаева Н. А., Касаткин М. Ю.</i> Сортовые особенности строения зерновки сортов твердой пшеницы саратовской селекции	128
<i>Уральцева А.В., Лыкова Е.Ю.</i> Особенности умственной работоспособности учащихся 8 класса	130
<i>Фатеева Е. Ю., Титова О. А., Глинская Е. В.</i> Клинико-эпидемиологическая оценка острых кишечных инфекций в учреждениях здравоохранения	132
<i>Ханыева А. Н., Коробко В. В.</i> Влияние педагогического стажа учителя на некоторые аспекты организации исследовательской деятельности школьников	133
<i>Хачатуров Э. Г., Коробко В. В.</i> Количественные аспекты организации крахмалистого эндосперма твердой пшеницы сортов саратовской селекции	135
<i>Чеха Н. П.</i> Оценка видового разнообразия и состояния древесных насаждений на территории 2 сектора Ботанического сада им. И. С. Косенко г. Краснодар	137
<i>Шевченко К. С., Балькова А. Н., Ерошенко Г. А.</i> Молекулярно-генетический и биоинформатический анализ <i>Yersinia pestis</i> из очагов Восточного Прикаспия	139
<i>Щербакова Д. Е., Каневский М. В., Канеская И. В.</i> Особенности синтеза бискумаринов с использованием пекарских дрожжей (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	141
<i>Щербакова Е. В., Галицкая А. А., Дубровская Е. В.</i> Влияние металлов на активность катионной пероксидазы сорго веничного	143
<i>Проскуракова М.В., Карпунина Л.В.</i> Роль лектина ЛШ <i>Raenibacillus polytuxa</i> 1460 в регуляции антиоксидантной системы животных при антибиотико-ассоциированном дисбактериозе	145
<i>Максименко А.Г., Головки А.В.</i> Использование методов экологической оценки рекреационного воздействия на природные комплексы	147

Влияние теллуриорганического соединения на перекисное окисление липидов в крови крыс

З.Р. Абдурахманова

Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

zaminaabdu01@mail.ru

Ключевые слова: глутатион, плазма, теллуриорганические соединения, АФК.

Активные формы кислорода генерируются в нормально функционирующих клетках в качестве обычных метаболитов. Уровень их содержания тонко регулируется путем соотношения прооксидантов и антиоксидантов. Однако с возрастом, а также при патологических состояниях равновесие смещается в сторону накопления прооксидантов. В таких условиях радикалы подвергаются атаке со стороны антиоксидантов, как следствие, наблюдается истощение компонентов защитной системы. Это влечет за собой чрезмерную выработку АФК, которые могут повредить макромолекулы [3]. Взаимодействие радикалов кислорода с ненасыщенными жирными кислотами инициирует процесс перекисного окисления липидов, оказывающий влияние на структуры мембран и меняющий их функциональную активность [2].

Именно поэтому, когда окислительные процессы набирают обороты за счет ритма нашей жизни, постоянных стрессов и плохой экологии, поиск и синтез новых антиоксидантов является актуальной проблемой.

С недавних пор исследователей стали интересовать теллуриорганические соединения. Теллур – это редкий элемент, не встречающийся ни в одной из известных биомолекул. Вместе с серой и селеном входит в группу халькогенов, поэтому их химические свойства схожи [6]. Теллуриорганические соединения обладают разнообразной биологической активностью и проявляют широкий спектр свойств, включая антиоксидантные [1].

Целью данной работы явилось исследование влияния теллуриорганического соединения на процессы перекисного окисления липидов в крови крыс. Исследование проведено на белых беспородных крысах. Выполнены 3 серии экспериментов. Первую серию экспериментов представляли контрольные животные, которые не были подвергнуты каким-либо воздействиям. Вторую серию составляли животные, которым внутривентриально вводили диметилсульфоксид. Третья серия – животные, которым внутривентриально вводили теллуриорганическое соединение.

Для достижения поставленной цели определили содержание небелковых тиоловых групп в эритроцитах крови крыс, дабы оценить состояние антиоксидантной системы. Наиболее распространенным, важнейшим неферментативным антиоксидантом является глутатион, который синтезируется в клетках. Синтез глутатиона осуществляется путем присоединения цистеина к глутаминовой кислоте, а затем к ним присоединяется глицин. По химической структуре глутатион является трипептидом (γ -глутамилцистеинилглицин). В состав глутатиона входит сульфгидрильная группа аминокислоты цистеина, именно эта группа участвует в восстановлении и конъюгации. Именно благодаря этим реакциям осуществляется удаление пероксидов и ксенобиотиков. Глутатион также может принимать участие в регуляции клеточного цикла и поддерживает окислительно-восстановительное равновесие в клетке.

Восстановление глутатиона происходит под действием глутатионпероксидазы, которая индуцируется при оксидативном стрессе. Соотношение восстановленного глутатиона к его окисленной форме является очень важным параметром, описывающим уровень окислительного стресса [5].

Результаты наших исследований показали, что содержание восстановленного глутатиона в эритроцитах крыс при введении животным ДМСО снижается. При введении теллуриорганического соединения содержание восстановленного глутатиона в эритроцитах крыс увеличивается относительно уровня у животных, которые получали ДМСО и превышает уровень у контрольных животных.

Увеличение содержания восстановленного глутатиона может быть связано с тем, что введенное теллурорганическое соединение перекрывает образование свободных радикалов, обладая глутатионпероксидазной активностью, либо при данных состояниях повышается активность антиоксидантных ферментов – супероксиддисмутазы и каталазы, происходит активизация пентозофосфатного пути, что увеличивает образование НАДФН, глутатион из окисленного превращается в восстановленный под действием глутатионредуктазы. В источниках литературы встречаются данные об активации глутатионпероксидазы при участии теллуруорганических соединений, а глутатион является субстратом для этого фермента [4].

Таким образом, экспериментальные данные, полученные в нашей работе, позволяют сделать вывод о том, что использованное нами теллурорганическое соединение оказывает благоприятный эффект, снижая образование радикалов, может влиять на активности антиоксидантных ферментов и на пентозофосфатный путь в эритроцитах. Это приводит к интенсивному образованию НАДФН, который вовлекается в восстановление окисленного глутатиона.

Список литературы:

1. Кандалинцева Н.В. Гидрофильные халькогенсодержащие производные алкилированных фенолов: синтез, свойства, антиокислительная и биологическая активность: Диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук. Новосибирский государственный педагогический университет. Новосибирск, 2020. 381 с.
2. Кожевников Ю.Н. О перекисном окислении в норме и патологии // Вопросы медицинской химии. 1985. Т. 31, № 5. С. 2-7.
3. Пожилова Е.В. Активные формы кислорода в физиологии и патологии клетки // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2015. Т.14, №2. С. 13-22.
4. Diphenyl Ditelluride: Redox-Modulating and Antiproliferative Properties / C. Trindade [et al.] // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2019. P. 1-14.
5. Forman H.J., Zhang H., Rinna A. Glutathione: Overview of Its Protective Roles, Measurement, and Biosynthesis // Mol. Aspects Med. 2009.V. 30 (1-2). P. 1-12.
6. Vavrova S., Struharnanska E., Turns J., Stuchlik S. Tellurium: A rare element with influence on Prokaryotic and Eukaryotic biological systems // Inter. journal of molecular science. 2021. V. 22. P. 2-15.

**Оценка геохимической нагрузки снежного покрова
на общественно-рекреационных участках г. Саратова**

*М.И. Апатьева, С.С. Зрячева, К.В. Лобанов, А.В. Мартыненко, А.С. Олейников,
М.С. Савенкова, Д.Е. Щербакова, А.Н. Эль Хих*

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
lika_martynenko2002@mail.ru

Ключевые слова: снежный покров, тяжелые металлы, хлориды.

Снежный покров является депонирующей средой для различных поллютантов, особенно в городской среде. В зимний период снежный покров выступает индикатором загрязнения атмосферного воздуха [1]. С талыми водами накопленные приоритетные техногенные загрязнители перемещаются на значительное расстояние от мест их выпадения. Загрязненность снежного покрова в зоне влияния города – часть локального воздействия урбанизации на окружающую среду [2].

Саратов является крупным индустриальным городом, на территории которого располагаются производства различного профиля, несколько ТЭЦ, нефтеперерабатывающий завод, широко используются нефтепродукты в автотранспортной отрасли. Химические элементы, поступающие в окружающую среду с выбросами промышленных предприятий, автотранспорта включаются во все виды миграций и биологический круговорот. Наибольшую опасность среди них представляют тяжелые металлы (ТМ), которые способны легко аккумулироваться живыми организмами, вызывая даже в малых количествах нарушения их функционирования. Использование противогололедных реагентов в зимний период способствует накоплению хлоридов натрия, кальция или калия сначала в снеге, затем в почве, что негативно влияет на рост растений.

Для оценки экологической ситуации в г. Саратове мы исследовали снежный покров на участках, расположенных на общественно-рекреационных территориях: благоустроенные придомовые территории, сквер, университетский городок (таблица). Отбор проб снежного покрова производился в период его максимального накопления – 1 марта 2023 г. на участках, расположенных в различных районах г. Саратова. Пробы отбирались на всю мощность снежного покрова, при этом с поверхности удалялся мусор (листья, ветки и др.), исключали попадание в образцы частиц почвы. Из снега получали талую воду, перед проведением химических анализов пробы талой воды фильтровали. Анализ pH показал, что во всех пробах среда была слабокислая, значение pH варьировало в диапазоне от 5 до 6. Геохимическую нагрузку снежного покрова определяли для ТМ: ртути (Hg^{2+}), свинца (Pb^{2+}), меди (Cu^{2+}), железа (Fe^{2+} и Fe^{3+}). Наличие Hg^{2+} оценивали реакцией с йодидом калия по образованию ярко-красного кольца йодида ртути (HgI_2); наличие Pb^{2+} оценивали реакцией с бихроматом калия по образованию осадка хромовокислого свинца (PbCrO_4) желтого цвета [3]. Обнаружение Cu^{2+} выполняли реакцией с аммиаком, наблюдая синее окрашивание смеси, обусловленное образованием $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ [4]. Для обнаружения Fe^{2+} использовали реакцию с $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, который образует с катионом Fe^{2+} осадок турнбулевой сини темно-синего цвета. Для выявления Fe^{3+} проводили реакцию с $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, в результате которой образуется темно-синий осадок берлинской лазури [4]. Хлорид-ионы определяли двумя методами: качественным определением с приближенной количественной оценкой при добавлении 10 % раствора нитрата серебра и количественным методом с помощью титрования проб талой воды нитратом серебра в присутствии хромата калия как индикатора [5]. Слабокислую реакцию среды исследуемых проб предварительно нейтрализовали гидроксидом натрия.

Результаты исследований показали, что в снежном покрове общественно-рекреационных участков г. Саратова не фиксируются ртуть, свинец, железо (таблица). Медь (Cu^{2+}) была обнаружена в двух пробах (№ 4 и 6). Предположительно, источником загрязнения окружающей среды Cu могут быть отходы жизнедеятельности человека.

Таблица – Содержание загрязняющих веществ в снежном покрове общественно-рекреационных участков г. Саратова

№	Название п/п	Географические координаты	Содержание хлоридов, мг/л талой воды	Наличие ТМ				
				Hg ²⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺
1	Кировский район, ул. Астраханская, 51, сквер	51.526694 45.997478	-	-	-	-	-	-
2	Кировский район, ул. Рахова, 149/157, придомовая территория	51.536937 46.016139	24,82	-	-	-	-	-
3	Фрунзенский район, ул. Астраханская, 83, университетский городок	51.538588 46.010419	≤10,00	-	-	-	-	-
4	Ленинский район, ул. Перспективная, 31В, придомовая территория	51.614344 45.984619	-	-	-	+	-	-
5	Ленинский район, ул. Шехурдина, 8, придомовая территория	51.570411 45.996472	-	-	-	-	-	-
6	Октябрьский район, ул. Большая Садовая, 95	51.525781 45.981927	39,89	-	-	+	-	-
7	Кировский район, 2-й Сибирский проезд, придомовая территория	51.583645 46.046830	-	-	-	-	-	-

По результатам полуколичественной оценки содержания хлорид-ионов в снежном покрове в трех пробах была обнаружена повышенная концентрация хлоридов. При последующем количественном анализе подтверждено, что максимальное содержание хлоридов (от 10 до 40 мг/л) выявлено на участках №6, 2 и 3 (таблица). Высокое содержание хлоридов в снежном покрове на указанных участках, вероятно, связано с близостью к автотрассам, т.к. в зимний период интенсивно ведется посыпка дорог антиледовыми покрытиями.

Таким образом, снежный покров исследованных общественно-рекреационных участков г. Саратова можно считать слабо загрязненным, на отдельных участках выявлены повышенные концентрации хлорид-ионов и катионов меди.

Список литературы:

1. Оценка атмосферного воздуха города Красноярска по снеговому покрову / Т.П. Стримжа [и др.] // Вестник Красноярского государственного педагогического университета имени В.П. Астафьева. 2012. № 3. С. 319-327.
2. Демиденко Г.А., Напесочный Н.С. Оценка загрязнения снежного покрова в городе Красноярске // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (22). С. 115-120.
3. Аналитическая химия: лабораторный практикум. II часть (качественный анализ) / Сост.: В.И. Митрофанова. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017. 87 с.
4. Плешакова Е.В., Коннова С.А., Галицкая А.А. Основы токсикологии. Учебно-методическое пособие / Учеб.-метод. пособие для студентов биол. фак. Саратов, 2015. 69 с.
5. Экологический мониторинг. Учебно-методическое пособие. Изд. 3-е, испр. и доп. / Под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический Проект, 2006. 416 с.

Опыт использования зоопланктона для биоиндикации экологического состояния городских прудов в г. Вологда

С.Ю. Арашин

Вологодский государственный университет, Вологда, Россия

ar.serg@ Rambler.ru

Ключевые слова: биоиндикация, зоопланктон, городские пруды, урбанизированный ландшафт.

Актуальность исследования экологического состояния прудов определяется их значимостью в жизни населения. Это разнообразная и неотъемлемая часть городской инфраструктуры в основном используется в целях рекреации. Особенностью прудов как искусственных экосистем является пониженная устойчивость к внешнему воздействию, а их мелководность укоряет процессы эвтрофирования. В результате эти быстро зарастающие водоемы теряют свою рекреационную привлекательность и возникает опасность их использования в связи с явлением «цветения воды». В условиях урбанизированного ландшафта пруды испытывают влияние целого ряда факторов, не имеющих аналогов в естественной среде. Основным последствием антропогенной нагрузки служит многофакторное загрязнение прудов, учитывая аккумулярующий характер внутриводоемных процессов стоячих водных объектов. Интенсивное поступление в городскую среду разнообразных веществ при развитии промышленности и транспорта вызывает риск токсификации прудовых экосистем. Этот негативный процесс не контролируется, так как пруды обычно не являются объектами государственного экологического мониторинга.

Поэтому важную информативную роль играют периодические исследования городских прудов, позволяющие оценить состояние их экосистем и прогнозировать изменения для рекомендации оздоровительных мероприятий. Для получения интегральной оценки состояния водных объектов используются методы биоиндикации за счет изучения показателей развития разных групп гидробионтов, чаще зоопланктона. К одним из городов, где проводились исследования экологического состояния прудов, относится крупный г. Вологда – областной центр Вологодской области.

Целью статьи является анализ фондовых материалов по изученности состояния прудов г. Вологды с использованием биоиндикационных возможностей зоопланктона.

Система малых водоемов рассматриваемого города представлена тринадцатью прудами, отличающихся по морфометрии и физико-химическим параметрам вод [2]. Последствием расположения прудов в урбанизированном ландшафте является установленное в исследованиях загрязнение воды и донных отложений, что отразилось на состоянии зоопланктона. Основным источником поступления загрязняющих веществ служит их атмосферная эмиссия, связанная с деятельностью предприятий теплоэнергетики, металлообработки, машиностроения, деревообрабатывающей и строительной промышленности, железнодорожный и автомобильный транспорт.

Первые исследования были проведены в 1990-х гг. сотрудниками ВГПУ в рамках выполнения НИР «Разработка и использование целевой комплексной программы «Экология» г. Вологды». В 1996 году сотрудниками Вологодской лаборатории ФГБНУ «ГосНИОРХ» осуществлялись гидробиологические исследования семи водоемов города с целью выяснения возможности вселения в них молоди ценных видов рыб [4]. В 2010 году было обследование прудов в рамках НИР «Составление комплексного кадастра искусственных водоемов города Вологда с целью оптимизации их рекреационного использования» при поддержке государственного научного гранта Вологодской области [3]. В последние годы гидрохимические и гидробиологические исследования проводятся сотрудниками и студентами кафедры биологии и химии Вологодского госуниверситета.

Выявлено, что по индексу загрязнения воды (ИЗВ), включающему 30 показателей, городские пруды можно разделить на четыре класса качества. К очень грязным (класс качества VI) относится один водоем – Кузя-Мазя; к грязным (класс качества V) – пруды Аппендикс, Архиерейские и в микрорайоне Куролит; к загрязненным (класс качества IV) – Евковский,

пруды по улице Сокольская и по улице Воровского; умеренно загрязненным (класс качества III) – пруды в парке Мира, по улицам Доронинская и Мелиораторов, а также на стадионе «Локомотив» [2, 3].

В донных отложениях прудов г. Вологды зафиксировано присутствие таких тяжелых металлов, как медь, свинец, железо, марганец и цинк [1, 2]. Природными предпосылками для их аккумуляции могут служить характер грунта (особенно наличие илистой фракции), скорость течения, особенности водосборных территорий и др. Однако численные показатели содержания тяжелых металлов в городских прудах значительно уступают аналогичным показателям других искусственных водоемов, например, Рыбинскому водохранилищу [1]. Предполагается, что это может быть связано с высокой степенью зарастания прудов и биоаккумуляцией загрязняющих элементов макрофитами.

В результате действия различных видов загрязнений возникает синергический эффект, способствующий перестройке видовой структуры зоопланктонных сообществ. Чувствительные к загрязнению стенобионтные виды замещаются толерантными к загрязнению эврибионтными видами зоопланктона. Это отражается в доминировании в составе зоопланктона группы коловраток, представленных 39 видами. Присутствие видов-индикаторов свидетельствует об интенсивном органическом загрязнении прудов. Среди ракообразных в число доминантов входят эврибионтные, характерные для эвтрофных водоемов такие виды как *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris*, *Mesocyclops leuckarti*. В исследованных прудах массовыми являются виды, широко распространенные и в других водоемах Вологодской области. Среди коловраток к ним относятся *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*. Высокими количественными показателями среди ракообразных отличались *Sida crystallina*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Simocephalus vetulus*, *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris*, *Mesocyclops leuckarti*, *Paracyclops affinis* [2].

Таким образом, гидрохимические и биоиндикационные исследования прудов г. Вологды подтвердили их хроническое загрязнение, сопровождающееся токсификацией и эвтрофированием экосистем в урбанизированном ландшафте. Соответственно, это отражает неблагоприятное состояние городской среды в целом и требует проведения системных оздоровительных мероприятий.

Список литературы:

1. Купцова Д.В. Тяжелые металлы в донных отложениях водных объектов Вологодской области // Молодые исследователи - регионам: Материалы Международной научной конференции. Вологда: Вологодский государственный университет, 2020. С. 557-559.
2. Лобуничева Е.В., Борисов М.Я., Филоненко И.В., Филиппов Д.А. Оценка экологического состояния малых водоемов. Учеб. пособие. Вологда, 2013. 218 с.
3. Лобуничева Е.В., Борисов М.Я., Филоненко И.В., Филиппов Д.А., Ивичева К.Н. Экологическое состояние прудов города Вологды // LXIV Герценовские чтения «География: проблемы науки и образования»: Материалы ежегодной международной научно-практической конференции. СПб, 2011. С. 101-104.
4. Рыбоводно-биологическое обоснование на зарыбление в водоемы Вологодской области молодых ценных видов рыб / Отчет о НИР. Вологодская лаборатория ФГБНУ «ГосНИОРХ». Рук. Н. Л. Болотова. Вологда, 1996. 172 с.

**Протеолитические ферменты энтомопатогенных мицелиальных грибов
семейства Cordycipitaceae**

Д.Л. Басалаева¹, А.А. Богомолова², А.А. Осмоловский¹

¹Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

²Национальный исследовательский университет

«Высшая школа экономики», Москва, Россия

dbasalaewa@yandex.ru

Ключевые слова: мицелиальные грибы, протеолитическая активность, энтомопатогенные грибы.

В настоящее время ведется активный поиск и изучение новых штаммов – продуцентов протеиназ, эффективных в отношении фибриллярных и глобулярных белков. Наиболее широко данные протеолитические ферменты используются в пищевой, медицинской, косметической и биотехнологической промышленности. В связи с этим актуальным является поиск новых продуцентов протеолитических ферментов, которые способны катализировать реакцию гидролиза таких белковых молекул, как коллаген, гемоглобин, фибрин и др. Потенциальными продуцентами могут быть микроорганизмы, ассоциированные с насекомыми, особенно энтомопатогенные, поскольку особенность их жизнедеятельности связана с необходимостью усвоения питательных веществ из белковых молекул, которые составляют основу насекомых. Таким образом, грибы, вызывающие различные болезни насекомых, могут оказаться перспективными продуцентами протеолитических ферментов, которые могут послужить основой биотехнологических препаратов, используемых в самых разнообразных отраслях биотехнологии, медицины, пищевой промышленности и косметологии.

В связи с этим целью исследования было изучение протеолитического потенциала энтомопатогенных грибов семейства Cordycipitaceae в отношении ряда белковых субстратов. Объектами исследования служили 11 штаммов энтомопатогенных грибов из коллекции кафедры микологии и альгологии биологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова, собранные в 2019 и 2022 гг.

Для первичного скрининга протеолитической активности была использована методика, заключающаяся в инокуляции грибной биомассы путем посева уколом в агаризованную дифференциально-диагностическую питательную среду с источником специфических белковых субстратов. В качестве субстратов были использованы казеин, коллаген, кератин, желатин, эластин, фибрин и гемоглобин. Визуализацию зон гидролиза проводили с использованием раствора Кумасси G-250 в хлорной кислоте. Результаты выражали в энзиматических индексах EI как отношение диаметра зоны гидролиза белкового субстрата к диаметру колонии исследуемого штамма. Все эксперименты проводили не менее чем в трех биологических и трех аналитических повторностях.

В результате были получены данные о том, что 90,9% штаммов гидролизуют коллаген, 81,8% - казеин, 72,7% оказались способны к энзиматическому разложению кератина, гемоглобина и фибрина, а 36,3% - желатина и эластина (таблица).

Таблица – Энзиматические индексы исследованных штаммов в отношении белковых субстратов

	казеин	коллаген	кератин	желатин	эластин	гемоглобин	фибрин
4204	1,00	1,27	1,07	1,00	1,00	1,17	1,00
4205	1,00	1,27	1,00	1,00	1,00	1,26	1,00
4206	1,21	1,16	1,05	1,40	1,00	1,21	1,08
4599	1,16	2,27	1,00	1,00	1,09	1,00	1,17
4606	1,75	1,26	1,17	1,00	1,32	1,00	1,14
4607	1,12	1,29	1,06	1,00	1,00	1,09	1,11
4611	1,13	1,19	1,06	1,00	1,38	1,17	1,29
4612	1,57	1,15	1,05	1,43	1,33	1,24	1,08
4614	1,11	1,29	1,13	1,00	1,00	1,28	1,10
4616	1,26	1,15	1,07	1,05	1,00	1,37	1,20
5380	1,96	1,00	1,00	1,31	1,00	1,00	1,00

Наиболее активными оказались штаммы 5380 (*Cordyceps militaris*) в отношении казеина ($EI_{\text{казеин}} = 1,96$), 4599 (*Akanthomyces cf. aculeatus*) в отношении коллагена ($EI_{\text{коллаген}} = 2,27$), 4606 (*Akanthomyces muscarius*) по отношению к кератину ($EI_{\text{кератин}} = 1,17$), 4612 (*Simplicillium wallacei*) – желатин ($EI_{\text{желатин}} = 1,43$), 4611 (*Simplicillium wallacei*) в отношении эластина и фибрина ($EI_{\text{эластин}} = 1,38$, $EI_{\text{фибрин}} = 1,29$) и 4616 (*Akanthomyces muscarius*) в отношении глобулярного белка гемоглобина ($EI_{\text{гемоглобин}} = 1,37$).

Полученные нами данные говорят о том, что более 35% энтомопатогенных микромицетов обладают протеолитическим потенциалом в отношении таких белков, как желатин, казеин, кератин, эластин, гемоглобин, фибрин и коллаген. Таким образом, представители возбудителей болезней насекомых являются перспективными продуцентами протеолитических ферментов, эффективных в отношении фибриллярных и глобулярных белков. Данные, полученные нами, могут стать основой для разработки перспективных препаратов для использования в различных отраслях биотехнологии.

Список литературы:

1. Скрининг продуцентов протеиназ с фибринолитической и коллагенолитической активностями среди микромицетов / Т.С. Шаркова [и др.] // Микробиология. 2015. Т. 84, № 3. С. 316-322.
2. Евлахова А.А. Энтомопатогенные грибы. Систематика, биология, практическое значение. Л.: Наука, 1974. 260 с.
3. Басалаева Д.Л., Богомолова А.А., Осмоловский А.А. Протеолитические ферменты мицелиальных грибов, ассоциированных с насекомыми / Материалы и технологии XXI века: Сборник тезисов V Всероссийской с международным участием школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Казань, 2022. С. 66.

Ферментативная активность ассоциативных микроорганизмов растений ячменя

А.С. Вахнина, А.С. Дымнич, Е.В. Глинская

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
anastasivahnina@yandex.ru

Ключевые слова: ячмень, ассоциативные микроорганизмы, ферменты бактерий.

Ячмень – одна из важнейших зерновых культур России, занимающая самые большие посевные площади мирового производства данного растения с высокими показателями валового сбора, его используют в качестве корма скоту, в изготовлении крупы, муки, солода, кофейных напитков и многого другого. Короткий вегетационный период, холодостойкость, высокая технологичность и пластичность злака позволяют успешно произрастать в различных почвенных и климатических условиях и давать сравнительно высокую урожайность. Особое положительное влияние на жизнедеятельность зерновых культур оказывают ассоциативные микроорганизмы. Колонизируя растения, они снабжают ячмень необходимыми элементами минерального питания и физиологически активными веществами [1, 2].

Цель работы – изучение ферментативной активности ассоциативных бактерий растений ячменя. Работа проводилась на базе кафедры микробиологии и физиологии растений СГУ имени Н.Г. Чернышевского с использованием стандартных микробиологических методов [3]. В качестве объекта исследования был выбран сорт ячменя «Як 42», возделываемый на полях ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» (Саратов, Россия). Для изучения ферментативной активности были отобраны доминантные виды ассоциативных бактерий, изолированных с поверхности, из внутренней среды и прикорневой почвы растений: *Bacillus amiloliquefaciens*, *B. cereus*, *B. luciferensis*, *B. mycoides*, *B. pseudomycoides*, *B. subtilis*, *B. thuringiensis*, *Enterobacter agglomerans*, *Paenibacillus polymyxa*. Сахаролитическую активность изучали с использованием в качестве субстратов моно-, олиго- и полисахаридов, содержащихся в растениях [4].

Результаты показали, что ассоциативные микроорганизмы обладают высокой сахаролитической активностью. Все штаммы утилизируют глюкозу и мальтозу. Ферментами для расщепления сахарозы, арабинозы, сорбита, маннита и лактозы обладают от 22 до 88 % бактерий соответственно. Амилаза присутствует у 88 % ассоциантов. Широкий спектр сахаролитических ферментов наблюдается у бактерий *P. polymyxa* и *B. amiloliquefaciens*.

Содержание структурных липидов (фосфолипидов) в клетках растений обычно составляет 0,1 – 0,5 % сырого веса, а содержание запасного жира в семенах зерновых культур составляет 2 – 3 % [4]. Исследование липолитической активности ассоциативных микроорганизмов показало, что ферментировать рыжиковое и льняное масло способны 11 и 44 % штаммов соответственно. Изоляты не обладают ферментами для расщепления подсолнечного, оливкового и горчичного масел. И рыжиковое, и льняное масло способны разлагать только бактерии *B. pseudomycoides*.

Протеолитические свойства изучали по способности разжижать желатин. Результаты показали, что желатиназой облают 88 % исследуемых бактерий.

Деполимеризующие ферменты (целлюлазы, пектатлиазы, протеазы) были выявлены по способности к мацерации растительных тканей [5]. *B. mycoides*, *B. luciferensis* и *B. subtilis* мацерировали все растительные объекты (клубни картофеля, листья капусты, корнеплоды моркови, редиса и свеклы).

Таким образом, ассоциативные микроорганизмы растений ячменя обладают ярко выраженными сахаролитической, протеолитическими и деполимеразными активностями.

Список литературы:

1. Дягилева Е.В. Посевные площади и сортовой состав ярового ячменя в России и Кировской области // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Киров: ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2022. С. 53-58.
2. Динамика мирового производства ячменя / Н.В. Репко [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 2022. № 179 (05). С. 222-231.

3. Шабан Ж.Г., Слижень В.В., Канашкова Т.А., Крылов И.А. Методы исследования в микробиологии. Учеб.-метод. Пособие. Минск: БГМУ, 2010. 124 с.
4. Савина О.В. Биохимия растений. Учеб. пособие. М.: Юрайт, 2019. С. 227.
5. Агабозорги С., Евтушенко А.Н. Мацерация тканей клубней картофеля и корнеплодов моркови мутантами бактерий *Erwinia atroseptica* // Вестник БГУ. 2008. № 2 (2). С. 62-64.

Оценка мацерирующей активности почвенных бактерий

Е.П. Венедюхина, А.С. Коробейникова, Е.В. Глинская, Е.В. Плевакова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
yvenedyukhina@bk.ru

Ключевые слова: загрязнение почвы, биодеструкторы, мацерация растительных тканей.

Одним из самых распространенных последствий загрязнения окружающей среды поллютантами (тяжелые металлы, пестициды, нефть и продукты ее переработки) является изменение экологических и продовольственных свойств почвы [1, 2].

Нередко уровень загрязнения почвы носит масштабный характер, что приводит к необходимости использования эффективных методов, способствующих ее восстановлению. Самым перспективным направлением в технологиях рекультивации почвенных систем, загрязненных органическими поллютантами, считается биодеструкция [3]. Поиск новых штаммов деструкторов и изучение их биологических функций является актуальной задачей научных исследований.

Целью настоящей работы являлась оценка мацерирующей активности углеводородокисляющих бактерий, выделенных из почв г. Когалыма.

Работа проводилась на базе кафедры микробиологии и физиологии растений СГУ имени Н.Г. Чернышевского. В работе были использованы штаммы углеводородокисляющих бактерий, выделенные из почвенных проб, отобранных на территории г. Когалыма (Ханты-Мансийский автономный округ, Тюменская область): *Curtobacterium flaccumfaciens*, *Bacillus funiculus*, *B. halodurans*, *B. niacini*, *B. psychrodurans*.

В ходе работы нами была проведена оценка способности изолированных штаммов к мацерации растительных тканей. Сложность растений как питательных субстратов состоит в наличии у них прочной клеточной стенки, основой материала которого служит целлюлоза и пектин. Для разрушения растительных клеток бактерии должны обладать комплексом ферментов, в число которых входит целлюлаза и пектиназа.

Оценку способности к мацерации исследуемых штаммов проводили по стандартной методике. В стерильные чашки Петри раскладывали диски из фильтровальной бумаги, смоченные стерильным физиологическим раствором. На поверхность дисков помещали пробы стандартных тест-объектов диаметром 1 см и толщиной 0,5 см: клубни картофеля и корнеплоды моркови, редиса и свеклы, листья капусты. Исследуемую культуру петлей наносили на медальоны растительных тканей и инкубировали при 28 °С в течение 48-72 ч. Оценку разложения растительной ткани проводили визуально и касанием петли [4].

Результаты исследований показали, что все исследуемые штаммы бактерий рода *Bacillus* способны мацерировать свеклу, а такие виды как *B. niacini*, *B. halodurans* и *B. funiculus* размягчают корнеплоды моркови и редиса, клубни картофеля. Мацерацию листьев капусты вызывают два вида рода *Bacillus*: *B. halodurans* и *B. funiculus*, а также бактерии *Curtobacterium flaccumfaciens*. Наиболее активно разлагают растительные ткани всех исследуемых объектов бактерии *B. halodurans* и *B. funiculus* (таблица).

Таблица - Способность бактерий, выделенных из почвы г. Когалыма, мацерировать растительные ткани

Штаммы	Мацерируемый субстрат				
	морковь	свекла	редис	картофель	капуста
<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	-	+	+	+	+
<i>Bacillus funiculus</i>	+	+	+	+	+
<i>B. halodurans</i>	+	+	+	+	+
<i>B. niacini</i>	+	+	+	+	-
<i>B. psychrodurans</i>	-	+	-	-	-

Анализ полученных результатов показал, что исследуемые штаммы углеводородокисляющих бактерий способны к мацерации тканей растительных тест-объектов, что свидетельствует о наличии у них ферментов целлюлаз и пектиназ и расширяет представления о биологической активности почвенных микроорганизмов.

Список литературы:

1. Акименко Ю.В. Оценка устойчивости экологических функций почв к загрязнению антибиотиками // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19, № 2. С. 207-210.
2. Нгун Т.К. Эколого-микробиологические особенности антропогенно-преобразовательных степных почв с разными магнитными и термомагнитными свойствами: дис. канд. биол. наук. Саратов, 2019. 170 с.
3. Филиппова А.С., Акимова А.С. Загрязнение почвы и биологические методы ее очистки // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 11. С. 1-2.
4. Басалаева Д.Л., Роденко К.А., Никельшпарг М.И., Евстигнеева С.С., Глинская Е.В. Оценка ферментативной активности и способности к мацерации бактерий *Bacillus velezensis* // Экобиотех 2021: Материалы VII Всероссийской конференции с международным участием. Уфа: УИБ УФИЦ РАН, 2021. С. 8-11.

Сенсорная платформа на основе акустической щелевой моды и бактериальных клеток для определения антибиотиков*О.И. Гулий¹, Б.Д. Зайцев², О.А. Караваева¹, А.В. Мартыненко³, И.А. Бородина²*¹Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов,
ФИЦ «Саратовский научный центр РАН», Саратов, Россия²Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук,
Саратовский филиал, Саратов, Россия³Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
guliy_olga@mail.ru

Ключевые слова: биосенсорные системы, антибиотики, детекция, микробные клетки.

Антибактериальные препараты с момента их открытия значительно улучшили здоровье людей и животных. В ветеринарии антибиотики широко используются не только для лечения, но и для профилактики заболеваний и «стимулирования роста» животных. Количественные показатели применения антибиотиков в животноводстве во всем мире превышают уровни потребления антибиотиков в медицине [1,2]. Ожидается, что к 2030 году увеличение потребления антибактериальных препаратов достигнет более чем 100 000 тонн в год [3]. Большинство неиспользованных антибиотиков, их метаболитов и остатков попадают в окружающую среду различными путями, что влияет на природные экосистемы [1]. В ходе эволюции бактерии выработали ряд защитных механизмов, способных деактивировать антибактериальные агенты, что привело к возникновению микроорганизмов с множественной лекарственной резистентностью [4]. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила устойчивость к противомикробным препаратам как угрозу общественному здравоохранению и призвала разработать соответствующий план действий для борьбы с надвигающимся кризисом [5]. Кроме того, широкое использование антибиотиков, в том числе и в животноводстве, привело к высокому загрязнению антибактериальными препаратами объектов окружающей среды и, особенно, водных ресурсов.

Таким образом, широкое применение противобактериальных препаратов, приводящее к антибиотикорезистентности и появлению антибиотиков и продуктов их деградации в окружающей среде и продуктах питания, стимулирует развитие новых методов контроля антибактериальных препаратов в продуктах питания, сточных водах фармацевтических предприятий и других объектах.

Для определения антибиотиков применяют микробиологические, спектрофотометрические, флуориметрические, хемилюминесцентные, различные варианты хроматографических методов, в том числе высокоэффективную жидкостную хроматографию и хромато-масс-спектрометрию, инверсионную вольтамперометрию, электроаналитическое определение с модифицированными электродами, а также биосенсорные методы [6-8]. Биосенсорные методы анализа активно развиваются в последнее время и являются неотъемлемой частью экологического мониторинга окружающей среды. Одним из перспективных направлений сенсорных методов анализа антибиотиков являются акустические сенсорные системы [9]. Важным моментом при конструировании биосенсоров является подбор чувствительного (сенсорного) элемента датчика. Микроорганизмы, проявляющие чувствительность к определяемому антибиотику, в комплексе с электрофизическим датчиком, могут представлять простые, чувствительные и быстродействующие сенсорные системы.

В работе апробирована жидкостная акустическая платформа для определения антибиотиков на примере ампициллина (представитель бета-лактамовых антибиотиков). Акустическая сенсорная система была разработана на основе линии задержки из пластины Y-X ниобата лития (LiNbO₃) толщиной 200 мкм. Над линией задержки с зазором 8 мкм располагался жидкостный контейнер, основанием которого служила пластина ниобата лития

Z среза толщиной 500 мкм. В контейнер вносили суспензию микробных клеток и исследуемый антибиотик. В качестве сенсорного элемента датчика использовали микробные клетки *Escherichia coli* штамма K-12, проявляющие чувствительность к ампициллину. Аналитическим сигналом служили изменения глубины и частоты резонансных пиков на частотной зависимости полных потерь линии задержки. После воздействия на микробные клетки анализируемого антибиотика. В работе использовали концентрации ампициллина от 2 до 18 мкг/мл. Установлено, что при всех используемых концентрациях антибиотика наблюдалось значительное уменьшение глубины и изменение частоты указанных резонансных пиков. На основе полученных частотных зависимостей были построены графики зависимости изменения глубины пиков резонансного поглощения от концентрации ампициллина.

В результате проведенных исследований показано, что апробированная бесконтактная акустическая платформа с использованием микробных клеток в качестве сенсорного элемента датчика является перспективной для определения ампициллина в водных средах с нижним пределом детекции 2 мкг/мл. Представленная сенсорная система для обнаружения ампициллина представляет уникальную альтернативу традиционным диагностическим тестам и может быть адаптирована для других групп антибактериальных препаратов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-00587.

Список литературы:

1. Bbosa G.S., Mwebaza N. Global irrational antibiotics/antibacterial drugs use: A current and future health and environmental consequences. In book: *Microbial Pathogens and Strategies for Combating Them: Science, Technology and Education*; Méndez-Vilas, A., Ed.; Formatex Research Center: Badajoz. Spain. 2013. P. 1645-1655.
2. Smartphone-Based Whole-Cell Array Sensor for Detection of Antibiotics in Milk / M.-Y Lu [et al.] // *Sensors*. 2019. V. 19. P. 3882.
3. Global Trends in Antimicrobial Use in Food Animals / T.P. Van Boeckel [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2015. V. 11. P. 5649-5655.
4. Coates A., Hu Y., Bax R., Page C. The Future Challenges Facing the Development of New Antimicrobial Drugs // *Nat. Rev. Drug Discov.* 2002. V. 1. P. 895-910.
5. World Health Organization. Antimicrobial resistance: global report on surveillance, 2014, <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112642/9789241564748_eng.pdf?sequence=1>; 2014 [accessed 29.03.22].
6. Biosensor Systems for Antibiotic Detection / O.I. Guliy [et al.] // *Biophysics*. 2021. V. 66 (4). P. 555-564.
7. Mungroo N.A., Neethirajan S. Biosensors for the Detection of Antibiotics in Poultry Industry — A Review // *Biosensors*. 2014. V. 4. P. 472-493.
8. Munteanu F-D., Titoiu A.M., Marty J-L., Vasilescu A. Detection of Antibiotics and Evaluation of Antibacterial Activity with Screen-Printed Electrodes // *Sensors*. 2018. V. 18 (3). P. 901.
9. Prospects of acoustic sensor systems for antibiotic detection / O.I. Guliy [et al.] // *Biosensors and Bioelectronics*: X. 2022. V.12. P. 100274.

Эффективность защитных свойств сред, применяемых при лиофилизации бактериофагов, специфичных в отношении опасных инфекций

*К.С. Гумаюнова, Ю.В. Синягина, М.В. Овчинникова, Е.А. Глазкова,
Н.В. Синецына, А.В. Комиссаров*

Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, Саратов, Россия
kristina.gumayunova@gmail.com

Ключевые слова: бактериофаги, лиофилизация, криопротекторы, защитные среды.

Маточные культуры бактериофагов – это жидкие специфически стерильные фильтраты фаголизатов бульонных культур соответствующих микроорганизмов, содержащие взвесь частиц соответствующих фагов. Каждая маточная культура имеет ограниченный срок хранения, по истечении которого у части фагов регулярно констатируется уменьшение содержания активных частиц.

Важной задачей при производстве фаговых препаратов является сохранение жизнеспособности и нативных свойств маточных бактериофагов длительное время, что может быть обеспечено только методами консервирования, способными тормозить метаболические процессы, не нарушая целостность биоматериала [1].

Лиофилизация, как метод стабилизации термолабильных объектов химического и биологического происхождения позволяет успешно сохранять необходимые свойства продукта в течение длительного времени [2, 3]. Данный метод имеет свои плюсы и минусы, поэтому для снижения негативного воздействия сверхнизких температур на протяжении процесса необходимо использовать криопротекторы, обладающие способностью предупреждать развитие криоповреждений биологических объектов после размораживания или в процессе лиофилизации.

Широкий выбор криопротекторов позволил подобрать несколько вариантов, наиболее отвечающих минимальным требованиям, которые предъявляются к защитным средам: отсутствие выраженной конгломерации с бактериофагом, снижающей активность препарата, безотмывочность; прозрачность среды лиофилизации [4]; сохранение жизнеспособности и основных свойств биологических структур в процессе консервации и хранения; нетоксичность; колигативные функции, легко соединяясь с водой; низкая температура эвтектики; предотвращение гиперконцентрирования солей в суспензии; стабилизация водородных связей в кристаллической решетке и предотвращение формирования больших кристаллов льда; обеспечение внутриклеточного механизма криопротекции [5].

При составлении композиции защитных сред необходимо использовать несколько компонентов для обеспечения разных или даже противоположных защитных функций. Среди всего многообразия доступных криопротекторов за основу была выбрана пептон-желатиновая среда, применяемая в производстве коммерческих лиофилизатов холерных диагностических бактериофагов: пептон – 10 % (стабилизирующая белково-аминокислотная масса), желатин – 1,5 % (коллоид).

Специфически стерильные фильтраты бактериофагов были соединены с разными вариантами защитных сред в соотношении 1:1, разлиты в ампулы по 2 мл и подвергнуты лиофилизации.

Все образцы представляли собой аморфную массу светло-коричневого цвета. Значение величины влажности и рН сухих образцов определялись в пределах значений, соответствующих требованиям, предъявляемым к диагностическим холерным лиофилизированным бактериофагам, явной зависимости величины падения титра от влажности и рН не выявлено. Состав экспериментальных защитных сред и значения количества фаговых частиц в исследуемых образцах лиофилизированных бактериофагов представлены в таблице.

Таблица – Параметры лиофилизированных фильтратов бактериофагов в зависимости от состава защитных сред

Состав среды	№ образца	б/ф XII (исх. титр жидкого фага 1×10^8 БОЕ/мл)		№ образца	б/ф «С» (исх. титр жидкого фага $2,4 \times 10^7$ БОЕ/мл)	
		Титр после лиофилизации, БОЕ/мл	Титр после времени хранения, соответствующего одному году, БОЕ/мл		Титр после лиофилизации, БОЕ/мл	Титр после времени хранения, соответствующего одному году, БОЕ/мл
Пептон 10 % Желатин 1,5%	1	$4,5 \times 10^7$	5×10^6	1«С»	1×10^6	$1,5 \times 10^5$
Пептон 10 % Желатин 1,5% Трегалоза 1%	2	5×10^7	5×10^6	2«С»	3×10^5	3×10^5
Пептон 10 % Желатин 1,5% Сахароза 5%	3	2×10^6	3×10^5	3«С»	1×10^5	-
Пептон 10 % Желатин 1,5% Тиомочевина 1,5%	4	3×10^6	1×10^6	4«С»	1×10^6	7×10^5
Пептон 10 % Желатин 1,5% Гликокол (глицин) 2,5%	5	7×10^6	1×10^6	5«С»	1×10^4	-
Пептон 10 % Хитозан 1,5%	6	1×10^6	-	6«С»	1×10^5	-

После лиофилизации б/ф XII наименьшее снижение количества фаговых частиц было отмечено в образцах 1-5 – в 2-33 раза. Снижение количества фаговых частиц б/ф «С» варьировало от 24 до 80 раз для образцов 1«С», 2«С», 4«С».

Предварительную оценку эффективности защитных свойств сред проводили методом «ускоренного старения», сроки экспериментального хранения в зависимости от температурного интервала рассчитывали в соответствии с ОФС. 1.1.0009.15 [6].

Таким образом, наибольшую защитную эффективность показали среды, содержащие добавки трегалозы, тиомочевины и сахарозы. Дальнейшая работа будет направлена на определение максимально эффективной протективной среды и решения задачи по использованию лиофилизированных маточных бактериофагов для производственного процесса без предварительной подготовки.

Список литературы:

1. Харитонов И., Просеков А.Ю., Шрамко М.И. Изучение качественных характеристик концентратов лактобактерий в процессе криозамораживания и сублимационной сушки // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. 2015. № 2 (47). С. 87-90.
2. Лиофилизация живых вакцин / А.В. Комиссаров [и др.] // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. 2018. Т. 14, № 3. С. 56-73.
3. Семакова А.П., Кудрявцева О.М., Попова П.Ю., Комиссаров А.В., Микшис Н.И. Стабилизация путем лиофилизации иммуногенных антигенов *Bacillus anthracis* в составе прототипа рекомбинантной вакцины против сибирской язвы // Биотехнология. 2017. Т. 33, № 3. С. 57-65.
4. Охапкина В.Ю. Методы поддержания микробных культур. Часть 2. Лиофилизация // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 4. С. 21-32.
5. Гранкина А.С., Золотухин С.Н., Молофеева Н.И. Разработка оптимального состава защитной среды для лиофилизации бактериофагов рода *Bacillus* // Студенческий научный форум: Материалы IX Международной студенческой научной конференции. 2017. URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017036593> (дата обращения 20.02.2023)
6. Общая фармакопейная статья 1.1.0009.15. Стабильность и сроки годности лекарственных средств. Государственная фармакопея Российской Федерации. Изд. XIII.

Биомерация как способ поддержания экологической безопасности

Д.В. Задоркина, Д.Е. Сушко, Т.П. Францева

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
Краснодар, Россия
dara_zadorkina@mail.ru

Ключевые слова: загрязнение, нефтепродукты, очистка.

Одним из фигурирующих критериев развития техногенного риска является загрязнение гидросферы нефтепродуктами. Данное воздействие, в первую очередь, опасно тем, что оказывает не только прямой ущерб, но и отсроченный. Для предотвращения данного явления существует ряд способов [1], однако все они имеют недостатки. Поэтому, учитывая риск для экологической безопасности [2], необходимо рассмотреть технологию биологического метода очистки и минимизировать последствия.

Биологический метод очистки принято называть – биомерацией. Она представляет собой обработку загрязнений [3], путем внедрения активных микроорганизмов, зачастую с искусственно созданным геномом, в разлитое нефтяное пятно. Их задача в разложении сложных нефтяных углеводородов.

Для оценки окружающей природной среды была разработана система мониторинга водного объекта. Исследования проводились в районе Новороссийской бухты, где 21 февраля 2023 года потерпел крушение сухогруз, на борту которого хранилось несколько сотен тонн дизельного топлива. В рамках исследования проводили оценку органолептических свойств воды в двух точках мониторинга исследования: 1. По течению, перед местом разлива нефтепродуктов; 2. По течению, после места разлива.

Исследования показали, что свойства воды в бухте не соответствуют требованиям. А именно: запах (интенсивность 4 балла), мутность (25 см по шрифту Снеллена), цветность (50 градусов).

Далее, после применения биологического метода очистки акватории, органолептические свойства воды достигли допустимых значений: запах (2 балла), мутность (32 см по шрифту Снеллена), цветность (30 градусов).

Таким образом метод биомерации принято считать экологически наиболее эффективным и безопасным, однако данный метод нуждается в доработке, так как на практике возникают постоянные последствия в виде излишней биомассы с трудностью удаления и сложностью поддержания активности.

Список литературы:

1. Любин В.Е., Кусаинов А.Б., Захаров И.А. Ликвидация чрезвычайных ситуаций при разливе нефти и нефтепродуктов на воде и на суше. Учебное пособие. Кокшетау, 2014. 125 с.
2. Францева Т.П., Сухомлинова А.Г., Чернышева Н.В. Влияние природных участков в формировании комфортной социальной среды в городе // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 180. С. 267-273.
3. Казанникова Л.А., Францева Т.П., Сухомлинова А.Г. Экологическая оценка влияния деятельности Кушевского УПХГ на компоненты окружающей среды // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. 2012. С. 22-23.

Особенности орнитонаселения Гусельских лесополос г. Саратова

З.Р. Зенченко, Е.Ю. Мельников

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
zлата.zenchenko@mail.ru

Ключевые слова: лесополосы, население птиц, видовой состав.

Полезационные лесополосы являются частью агроландшафта, но также они незаменимы для городской экосистемы, так как являются ее озелененной частью. Посадки создают благоприятный микроклимат, защищая местность от ветра, шума, избыточной потери влаги и эрозии почвы. Лесные полосы представляют собой места концентрации птиц, которые используют их для гнездования, кормежки, отдыха или защиты от хищников [1]. Лесополосы называют «зелеными коридорами» во время миграции птиц [2]. Их изучение актуально, так как сейчас Гусельские лесополосы – неотъемлемая часть г. Саратова, поэтому необходимо проводить мониторинг их населения.

Гусельские лесополосы расположены на севере г. Саратова в микрорайоне Солнечный-2, между реками 1-я и 2-я Гуселки. В 1940-е года на данном участке проводились учеты птиц, когда лесополосы имели более богатую растительность [3]. В последующий период велась активная застройка города и возрастала антропогенная нагрузка на биотопы. Целью нашего исследования стало изучение населения птиц в лесополосах в гнездовой период.

Лесополосы расположены пятью рядами, длина каждой около 2700 м, ширина – 35 м, расстояние между полосами 300 м. Древесная растительность лесополос представлена ясенем американским (*Fraxinus americana*), кленом остролистным (*Acer platanoides*), кленом американским (*Acer negundo*), а также кустарниками в виде караганы (*Caragana arborescens*) и боярышника (*Crataegus* sp.).

За время учетов в посадках было отмечено 40 видов птиц, из них гнездящихся только 23 вида (57,5 %). Другая часть птиц прилетает в лесополосы только на кормежку. Среди многочисленных видов (3 и более пар/км) необходимо выделить большую синицу (*Parus major*), сороку (*Pica pica*), варакушку (*Luscinia svecica*), ворону (*Corvus cornix*), зяблика (*Fringilla coelebs*), грача (*Corvus frugilegus*) и вяхиря (*Columba palumbus*) (рисунок).

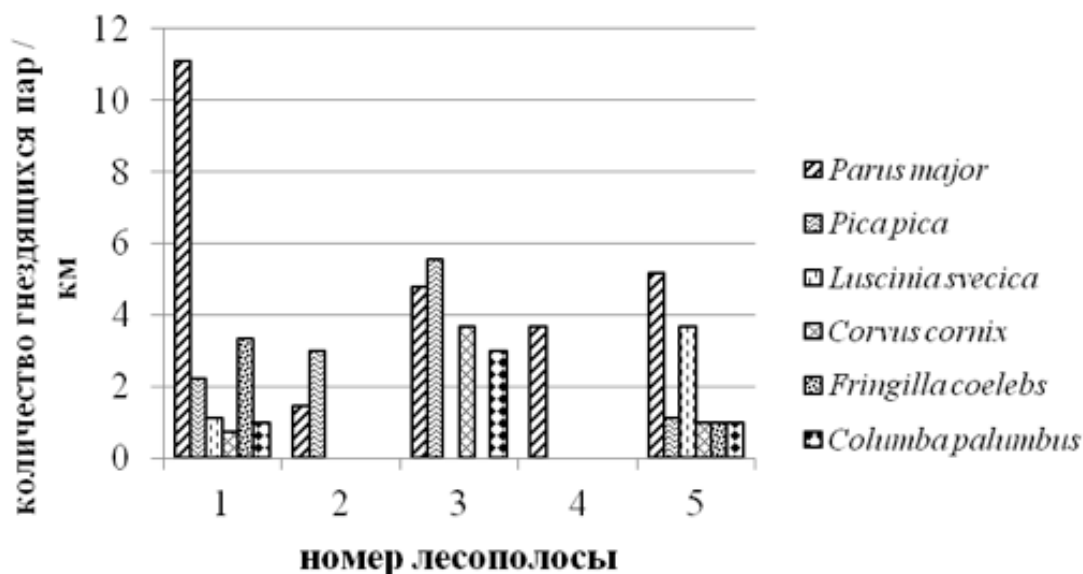


Рисунок – Обилие гнездящихся птиц

Наибольшее видовое разнообразие наблюдается в 1 и 5 полосах. Первая наиболее густая, находится на холмах, оврагах и возле ручья, последняя расположена вблизи реки 2-я Гуселка. В первой отмечено больше всего особей птиц – свыше пятидесяти пар. Следующей по

численности стоит 3 полоса, основную долю в которой занимают сороки. Самая скудно населенная из всех 4 полоса, так как находится возле автомобильной трассы, оказываясь для птиц слишком шумной [4, 5]. Из врановых большее число гнезд принадлежит сороке.

В сравнении с литературными данными наблюдается тенденция к снижению количества видов: оно сократилось с 47 до 40: 24 из них остались, 18 появилось и 23 исчезло [3]. В число редких видов вошли ушастая сова (*Asio otus*), канюк обыкновенный (*Buteo buteo*), черный коршун (*Milvus migrans*), пустельга (*Falco tinnunculus*), ястреб-перепелятник (*Accipiter nisus*), иволга (*Oriolus oriolus*) и кукушка (*Cuculus canorus*). Из исчезнувших особый интерес представляют серая куропатка, перепел и жаворонки, так как их типичное место обитания – степь – было вспахано и разрушено. Среди новых видов отмечены ушастая сова, которая более толерантна в отношении человека; седой дятел, более пластичный, чем зеленый; белая трясогузка, встречающаяся в урбанизированном ландшафте, и зяблик, который старается избегать густого леса и открытых пространств, предпочитая широколиственные посадки.

За 80 лет Гусельских лесополосах исчезли кобчик (*Falco vespertinus*), степной орел (*Aquila nipalensis*), обыкновенная горлица (*Streptopelia turtur*), болотная сова (*Asio flammeus*), сизоворонка (*Coracias garrulus*), золотистая щурка (*Merops apiaster*), зеленый дятел (*Picus viridis*), полевой жаворонок (*Alauda arvensis*), сорокопут жулан (*Lanius minor*), обыкновенная пищуха (*Certhia familiaris*). В настоящее время территория лесополос гораздо сильнее освоена человеком – вспахивается поле, строятся многоэтажные дома, проложена асфальтовая автомобильная дорога, непосредственно в лесополосах обитают дикие собаки. Это место постепенно утрачивает привлекательность для птиц малонарушенных территорий [6, 7]. Вместо них появляется все больше пластичных, городских видов, которые менее чувствительны к уровню антропогенной трансформации биотопа.

Список литературы:

1. Будниченко А.С. Птицы искусственных лесонасаждений степного ландшафта и их питание. Воронеж: Центрально-Черноземное книжное изд-во, 1968. 264 с.
2. Мельниченко А.Н. Полезащитные полосы и размножение животных, полезных и вредных для сельского хозяйства. М.: Издательство московского общества испытателей природы, 1949. 359 с.
3. Приклонский С.Г., Галушин В.М., Кревер В.Г. Методы изучения и охраны хищных птиц (методические рекомендации). М.: ЦНИЛ Главохоты РСФСР, 1989. 319 с.
4. Саловаров В.О. Полевая орнитология (Учеты птиц). Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ имени А.А. Ежовского, 2018. 150 с.
5. Константинов В. М. Особенности синантропизации и урбанизации врановых птиц // Русский орнитологический журнал. 2015. Т. 24, № 1177. С. 2892-2901.
6. Завьялов Е.В., Шляхтин Г.В., Табачишин В.Г., Якушев Н.Н. Эколого-фаунистическая характеристика авифауны Севера Нижнего Поволжья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2005. Т. 5, № 2. С. 49-59.

Разнообразие трихом эпидермиса однолетнего побега

Actinidia kolomikta (Maxim. & Rupr.) Maxim

А.А. Зубехина, В.В. Коробко

Саратовский национальный исследовательский государственный университет

имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

v.v.korobko@mail.ru

Ключевые слова: *Actinidia kolomikta*, эпидермис листа, эпидермис междоузлия, трихомы.

В условиях техногенного загрязнения и из-за глобального увеличения концентрации углекислого газа в атмосфере лианы могут получить приоритетную роль в различных экосистемах, благодаря высокой энергии роста и накопления значительной биомассы без дополнительных затрат на опорную конструкцию [1]. Особенности морфолого-анатомической организации вегетативных органов древовидных лиан представляют интерес при разработке как теоретических вопросов систематики, филогении и физиологии растений, так и с практической точки зрения [2, 3].

Объект исследования – однолетние побеги *Actinidia kolomikta* (Maxim. & Rupr.) Maxim – лианы, используемой для вертикального озеленения и для получения плодов (рисунок, А). Принимая во внимание сложные экологические условия населенных пунктов степи и лесостепи Поволжья, изучение анатомо-морфологических и функциональных аспектов роста актинидии, культивируемой в условиях данного региона, является актуальным.

Отбор образцов для исследования проводился в июне. Изучение особенностей строения эпидермиса листа и стебля проведено на серии временных препаратов, приготовленных по общепринятой методике.

Основные клетки эпидермиса листа имеют извилистые очертания и пазлообразную форму. Клетки адаксиального эпидермиса характеризуются менее извилистыми очертаниями по сравнению с клетками абаксиальной стороны листовой пластинки, отсутствием устьиц, наличием эмергенцев, расположение которых приурочено к местам разветвления проводящих жилок, и механических трихом. Трихомы, обнаруженные нами на адаксиальной стороне листа, являются однорядными многоклеточными. Наиболее длинные трихомы (от 190 до 270 мкм) располагаются вдоль центральной жилки, состоят из 4-8 клеток (рисунок, Д). Отметим, что клетки, составляющие волосок, имеют меньший диаметр в местах сочленения, в результате чего приобретают ампулоподобный вид. Среди них можно выделить трихомы, некоторые клетки которых плоские, лентовидной формы и трихомы бичевидного типа (рисунок, Б). В области расположения мелких жилок и между ними встречаются однорядные двуклеточные конусовидные трихомы, их длина варьирует от 30 до 70 мкм (рисунок, В).

Трихомы абаксиальной стороны листовой пластинки характеризуются большим разнообразием. Наибольшей длины – до 400-410 мкм - достигают однорядные многоклеточные трихомы, расположенные в районе центральной жилки, состоящие из 6-9 клеток, некоторые из которых лентовидной формы; при этом основание каждой последующей клетки волоска не полностью закрывает конец предыдущей, оставляя свободным ее закругленные края (рисунок, Д). В эпидермисе над центральной и боковыми жилками, реже между ними встречаются конусовидные трех-, четырехклеточные трихомы длиной от 60 до 170 мкм; ампулоподобные четырех-, пятиклеточные трихомы длиной 140-170 мкм, у которых терминальная клетка бичевидной формы, а клетка под ней имеет больший диаметр по сравнению с клетками ниже расположенными (рисунок, Б). Над мелкими жилками и реже между ними располагаются простые многоклеточные волоски с тупым концом, практически одинаковой толщины на своем протяжении, состоящие из 4-5 коротких тонкостенных клеток (рисунок, Е), тип которых определен нами как гусеницевидные [4]. Их длина составила 55-65 мкм.

Эпидермис черешка листа актинидии представлен прямыми и слабо извилистыми плотно сомкнутыми клетками и имеет густое опушение за счет наличия большого количества механических многоклеточных однорядных трихом. Длина трихом варьирует от 60 до

660 мкм; наибольшей длины достигают 7-9-ти клеточные однорядные трихомы, состоящие из вытянутых клеток, часть из которых приобретают плоскую или нитевидную форму. Минимальной длиной (60-70 мкм) характеризуются не часто встречающиеся двуклеточные трихомы пузыревидного типа.

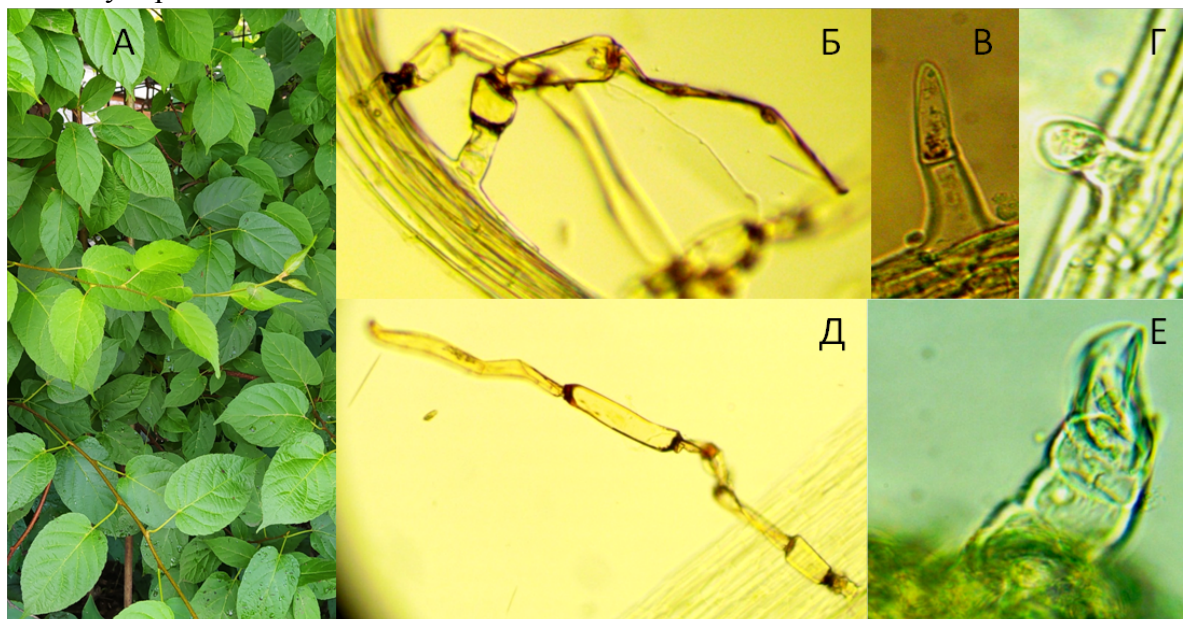


Рисунок – Однолетние побеги *A. kolomikta* (А) и фрагменты временных препаратов эпидермиса листовой пластинки и черешка (Б-Е) *A. kolomikta*

В ранее опубликованных работах [1] наличие трихом в эпидермисе побега актинидии отрицается. Тем не менее, в эпидермисе побега фитомера, несущего достигший постоянного размера лист, нами обнаружены крошечные трихомы: двуклеточные пузыревидные длиной 20-30 мкм (рисунок, Г) и однорядные 4-6-ти клеточные с ампулообразными клетками, длина которых составляет 240-310 мкм.

Полученные данные позволяют пополнить информацию об особенностях структурно-функциональной организации практически значимых лиан, культивируемых в декоративных и пищевых целях; могут использоваться в морфологии, анатомии растений, фармакогнозии.

Список литературы:

1. Цырендоржиева О.Ж. Анатомия стебля лиан Сахалина и Курил: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Улан-Удэ, 2006. 21 с.
2. Козлецова М.А., Коробко В.В. Некоторые особенности структурной организации побега *Actinidia kolomikta* (Maxim. & Rupr.) Maxim, обвивающего опору // Исследования молодых ученых в биологии и экологии - 2022: сборник научных статей. Саратов: Амирит, 2022. С.49-50.
3. Коробко В.В., Козлецова М.А. Влияние условий произрастания на анатомическую организацию побега *Actinidia kolomikta* / Научные дискуссии в условиях мирового кризиса: новые вызовы, взгляд в будущее: материалы V Международной научно-практической конференции. В 2-х ч. Ч.1. Ростов-на-Дону: Изд-во «МАНУСКРИПТ», 2022. С. 266-269.
4. Агафонов В.А., Тульская Н.Ю. Сравнительный анализ эпидермы листа *Ambrosia trifida* и *A. artemisiifolia* (Asteraceae) // Растительные ресурсы. 2019. Т. 55, № 3. С. 343-352.

Использование данных о популяционной структуре редких видов растений при оценке состояния лесных памятников природы регионального значения Самарской области

А.С. Ерзаева, Т.М. Мошнинова, Н.А. Рогова

Самарский государственный социально-педагогический университет, Самара, Россия
kuzmina.3101@mail.ru

Ключевые слова: лесные экосистемы, ценопопуляции, онтогенетическая структура, редкие виды растений, Самарская область.

Лесные экосистемы Самарской области в условиях засушливого климата и интенсивной эксплуатации в последние годы все больше привлекает внимание исследователей в связи с реальной угрозой их трансформации и в некоторых случаях деградации и исчезновения. В настоящее время зачастую при описании леса даже на достаточно большой территории во флоре не регистрируется ни одного редкого представителя, а растительный мир обладает только условным «богатством», так как число видов пополняется исключительно сорно-рудеральными видами.

Те же участки леса, где встречаются редкие виды растений, не всегда могут считаться благополучными, так как состояние популяций таких представителей далеко от оптимальных значений. При этом необходимо четко фиксировать и численность особей этих видов, что при флористических исследованиях осуществляется не всегда.

В ходе исследований лесных массивов вблизи крупных городов Самарской области (г. Самара, г. Тольятти) наряду с флористическими и геоботаническими применялись популяционные методы в соответствии с рекомендациями отечественных специалистов в данной области [8,9]. Фиксировалась численность особей редких видов растений на стационарных участках, выявлялись особенности онтогенетической, пространственной и виталитетной структуры.

Среди обследованных участков следует назвать такие памятники природы регионального значения Самарской области, как «Древостой дуба естественного происхождения», «Древостой дуба», «Соколы горы и берег между Студеным и Коптевым оврагом», «Ставропольский сосняк», «Сосновый древостой», «Генковская лесополоса кв. 15–23», «Генковская лесополоса кв. 75–80».

На территории памятников природы регионального значения Ставропольский сосняк», «Сосновый древостой», «Генковская лесополоса кв. 15–23», «Генковская лесополоса кв. 75–80» редких видов, включенных в Красную книгу Самарской области, в 2021–2022 гг. не зафиксировано. На территории других обследованных памятников природы наиболее часто встречаются два лесных представителя, охраняемых в Самарской области [7] – пыльцеголовник красный (*Cephalanthera rubra* (L.) Rich.) и лазурник трехлопастной (*Laser trilobum* (L.) Borkh.).

Ранее данные о структуре популяций этих видов были получены к.б.н., доцентом СГСПУ Ильиной В.Н. [1–6]. Нами получены современные данные, дополняющие ранее проведенные исследования. Актуальность работы заключается в пополнении сведений о биологии и экологии видов в условиях антропогенно трансформированных лесных экосистем.

Для популяции пыльцеголовника красного характерна стабильная численность, плотность особей от 1,1 до 7,4 особей на 1 м², онтогенетические спектры полночленные центрированные, популяции зрелые нормальные, виталитетный спектр с преобладанием особей среднего уровня жизненности.

Для лазурника трехлопастного характерна стабильная численность, плотность особей от 1,3 до 8,6 особей на 1 м², онтогенетические спектры полночленные левосторонние с максимумом на имматурных растениях, популяции зреющие нормальные, виталитетный спектр с преобладанием особей высокого уровня жизненности.

Данные о структуре ценопопуляций редких видов растений свидетельствует об удовлетворительном состоянии памятников природы «Древостой дуба», «Соколы горы и

берег между Студеным и Коптевым оврагом». Другие же памятники природы, включающие лесные экосистемы, требуют усиления мероприятий по охране.

Выражаем благодарность научному руководителю, к.б.н., доценту СГСПУ В.Н. Ильиной.

Список литературы:

1. Ильина В.Н. Онтогенетическая структура и типы ценопопуляций лазурника трехлопастного (*Laser trilobum* (L.) Borkh.) в бассейне Средней Волги // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. 2018. Т. 63, № 1. С. 99-106.
2. Ильина В.Н. Распространение и особенности структуры популяций *Laser trilobum* (L.) Borkh. (Ariaceae) в Самарской области // Структурно-функциональная организация и динамика растительного покрова: Материалы III Всерос. науч.-практич. конф., посвящ. 70-летию Самарского отделения Русского ботанического общества. Самара: СГСПУ, 2018. С. 128-134.
3. Ильина В.Н., Киселева Д.С., Саксонов С.В. Онтогенетическая структура ценопопуляций *Laser trilobum* (L.) Borkh. в Самарской области // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2018. Т. 27, № 4 (1). С. 27-33.
4. Ильина В.Н. Особенности структуры популяций некоторых редких орхидных в Самарской области // Охрана и культивирование орхидей: Материалы XII Международной научной конференции. М.: Издательство Московского университета, 2022. С. 96-100.
5. Ильина В.Н. Онтогенетическая структура ценопопуляций некоторых редких представителей сем. Orchidaceae в условиях антропогенного пресса (Самарская область) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2018. Т. 27, № 4(1). С. 34-39.
6. Ильина В.Н. Онтогенетическая структура и состояние популяций некоторых редких видов сем. Orchidaceae в Самарской области // Экология и география растений и растительных сообществ: Материалы IV Международной научной конференции. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. С. 354-358.
7. Красная книга Самарской области. Том I. Редкие виды растений и грибов / под редакцией С.А. Сенатора, С.В. Саксонова. Самара, 2017. 384 с.
8. Османова Г.О., Животовский Л.А. Онтогенетический спектр как индикатор состояния ценопопуляций растений // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2020. № 2. С. 144-152.
9. Смирнова О.В., Заугольнова Л.Б., Ермакова И.М. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М.: Наука, 1976. 216 с.

**Распространение гаметофитного апомиксиса среди видов *Chondrilla*
Европейской России и Западного Казахстана**

С.Ф. Ефименко, А.С. Пархоменко, А.С. Кашин

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
savchik.efimenko@mail.ru

Ключевые слова: *Chondrilla*, гаметофитный апомиксис, цитоэмбриология.

Несмотря на то, что широкая распространенность гаметофитного апомиксиса у представителей рода *Chondrilla* (*Asteraceae*) не ставится под сомнение [1-3], до сих пор информация о данном явлении остается весьма неполной [4]. В последних работах, приводящих обобщенные данные о степени распространенности гаметофитного апомиксиса среди рода *Chondrilla*, отсутствует информация о некоторых видах [5-7]. В связи с этим цитоэмбриологическое исследование особенностей системы семенного размножения видов рода *Chondrilla* остается весьма актуальным и может дать дополнительные сведения о таксономическом родстве форм данного рода.

Целью проведенного исследования было изучение цитоэмбриологических признаков гаметофитного апомиксиса и степени дефектности пыльцы (СДП) в качестве косвенного фактора, указывающего на высокую вероятность наличия апомиктического способа семенного воспроизводства среди 9 популяций 7-ми видов рода *Chondrilla*: *C. juncea* (GRZ и BC); *C. laticoronata* (TAM и KAZL); *C. canescens* (UMT); *C. brevirostris* (BOL-1); *C. latifolia* (ROST); *C. pauciflora* (KAZP); *C. ambigua* (DOS-A).

После фиксации соцветий в ацеталкоголе (3:1) и их отмывки в проточной воде, выделяли семязачатки, которые помещали в плашку с лунками и обрабатывали 4 % раствором железозамонийных квасцов в течение 5 минут, затем окрашивали 30 минут 2 % раствором ацетокармина. Окрашенные семязачатки мацерировали в концентрированной цитазе в течение суток. Выделенные из них зародышевые мешки заключали на предметном стекле в глицерин-желатин. Изготовление препаратов пыльцевых зерен (ПЗ) проводили по методике [8]. Для каждой популяции выборка составила по 200 ПЗ. Анализ ПЗ и зародышевых мешков проводили с использованием стереомикроскопа Carl Zeiss Stemi 2000 (Германия).

В результате исследования был проанализирован в общей сумме 1481 мегагаметофит. Результаты цитоэмбриологического анализа мегагаметофитов приведены в таблице.

У растений из популяций *C. juncea* (BC), *C. laticoronata* (TAM и KAZL), *C. brevirostris* (BOL-1), *C. latifolia* (ROST) и *C. pauciflora* (KAZP) в ходе исследования зародышевых мешков были обнаружены маркерные признаки гаметофитного апомиксиса: чаще всего – автономный эндоспермогенез; реже – преждевременная эмбриония в совокупности с автономным эндоспермогенезом и преждевременная эмбриония без автономного эндоспермогенеза; в малых количествах – развитие глобулярного зародыша. Значение СДП в данных популяциях варьировало в пределах от 45 % до 91,5 %, что в совокупности с результатами исследования женского гаметофита свидетельствует о склонности данных видов к семенному воспроизводству путем апомиксиса. Следует отметить, что способность к апомиктическому воспроизводству у *C. pauciflora* отмечена впервые.

В таких популяции как *C. juncea* (GRZ) и *C. canescens* (UMT) все развитые мегагаметофиты имели нормальное строение без признаков гаметофитного апомиксиса. СДП в данных популяциях составила 47,5 и 43,5%, соответственно. При этом доля дегенерирующих зародышевых мешков была крайне высокой, а малая часть из них имела увеличенные размеры и признаки вырожденного эндосперма. Все это указывает на то, что растения в данных популяциях склонны к проявлению апомиктического развития зародышевых мешков в малых количествах, но в большей степени, скорее всего, развитие у них идет по пути амфимиксиса, заканчивающегося дегенерационными процессами.

Таблица – Доля мегагаметофитов с маркерными признаками гаметофитного апомиксиса в исследуемых популяциях представителей рода *Chondrilla*

Вид и обозначение популяции			<i>C. juncea</i> (GRZ)	<i>C. juncea</i> (BC)	<i>C. laticorona</i> ta (TAM)	<i>C. laticorona</i> ta (KAZL)	<i>C. canescens</i> (UMT)	<i>C. brevis</i> is (BOL-1)	<i>C. latifolia</i> (ROST)	<i>C. pauciflora</i> (KAZP)	<i>C. ambigua</i> (DOS-A)		
Зародышевые мешки	Всего исследовано		шт.	195	319	175	135	110	110	171	138	128	
	Дегенерирующие		шт.	183	197	33	46	102	22	28	25	33	
			%	93,85	61,75	18,85	34,07	89,1	20	16,37	18,12	42,24	
	всего		шт.	12	122	142	89	8	88	143	113	95	
			%	6,55	38,24	81,14	65,92	10,9	80	83,62	81,88	74,22	
	зрелый без признаков развития		шт.	12	96	94	36	8	49	10	77	95	
			%	100	78,68	66,2	40,44	100	55,68	6,99	68,14	100	
	Из них с развитием С признаками апомиксиса	проэмбрио малоклеточный		шт.	0	1	14	0	0	4	2	11	0
				%	0	0,81	9,85	0	0	4,54	1,39	9,7	0
		эндосперм малоклеточный		шт.	0	21	14	29	0	9	51	9	0
				%	0	17,21	9,85	32,58	0	10,22	35,66	7,96	0
		обе структуры малоклеточные		шт.	0	4	13	18	0	10	37	12	0
%				0	3,27	9,15	20,22	0	11,36	25,87	10,61	0	
многоклеточный эндосперм + глобулярный зародыш		шт.	0	0	7	6	0	16	43	4	0		
		%	0	0	4,92	6,74	0	18,18	30,06	3,53	0		

В популяции *C. ambigua* (DOS-A) не было обнаружено мегагаметофитов с признаками развития по пути гаметофитного апомиксиса. Все исследованные зародышевые мешки имели нормальный Polygonum-тип развития, а СДП составила лишь 8 %. Полученные результаты говорят в пользу того, что *C. ambigua* является облигатным амфимиктом.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-74-00004.

Список литературы:

1. Поддубная-Арнольди В.А. Цитоэмбриология покрытосеменных растений. М.:Наука, 1976. 508 с.
2. Dijk van P.J. Ecological and evolutionary opportunities of apomixis: insights from *Taraxacum* and *Chondrilla* // Philosophical Transactions of the Royal Society B. 2003. V. 358. P. 1113-1121.
3. Батыгина Т.Б., Яковлев М.С. Сравнительная эмбриология цветковых растений. Davidiaceae–Asteraceae. Ленинград: Наука, 1987. 392 с.
4. Кашин А.С. Некоторые параметры системы семенного размножения в популяциях видов *Chondrilla* L. Нижнего Поволжья // Ботанический журнал. 2015. Т. 100, № 8. С. 828-840.
5. Угольникова Е.В. Частота апомиксиса в популяциях видов *Chondrilla* L. юга европейской части России // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2017. Т. 17, № 1. С. 53-61.
6. Юдакова О.И. Закономерности распространения гаметофитного апомиксиса во флоре Европейской России. Саратов: Издательство Саратовского университета, 2022. 288 с.
7. Юдакова О.И., Гуторова О.В., Беляченко Ю.А. Методы исследования репродуктивных структур и органов растений. Учеб.-метод. пособие. Саратов: Издательство Саратовского университета, 2012. 44 с.

Влияние эдафических факторов на формирование банка семян в некоторых сосняках Вольского района

Д.И. Ефимова, О.Н. Торгашкова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
darya-efimova99@mail.ru

Ключевые слова: банк семян, фитоценозы, кислотность почвы, освещенность.

Банк семян - это совокупность ценопопуляций растений, находящихся в почве в латентном состоянии [1]. Процессы формирования и функционирования семенных банков находятся в тесном взаимодействии с остальными компонентами биогеоценоза [2].

Исследование банка семян проводилось в сосняках на склоне южной экспозиции в окрестностях пгт Шиханы Вольского района Саратовской области. Изучение состава банка семян проводилось методом лабораторного проращивания [1]. Для определения видовой принадлежности использовали определители всходов растений [3, 4]. Названия видов проводятся по П.Ф. Маевскому [5].

Исследованные лесные сообщества, сформированные на песчаных почвах, представлены в основном чистыми сосняками с незначительной примесью других пород. Сосняк мертвопокровный-1 расположен на нижней части склона. Почва – дерновая лесная песчаная карбонатная. Формула насаждения 10 С. Травяной ярус отсутствует, единично встречаются особи *Poa nemoralis*. Сосняк мятликовый-1 расположен на средней части склона. Почва – дерновая лесная песчаная. Формула насаждения 10 С. Кустарниковый ярус не выражен, лишь единично встречается *Euonymus verrucosus*. В травяном ярусе обнаружены пять видов растений (*Poa nemoralis*, *Lathyrus vernus*, *Convallaria majális*, *Polygonatum odoratum* и *Carex sp.*). Сосняк мертвопокровный-2 расположен на средней части склона, выше предыдущего сообщества. Почва – дерновая лесная песчаная. Формула насаждения 10 С. В травяном ярусе единично встречаются *Poa nemoralis*, *Stachys recta* и *Fragaria vesca*. В верхней части склона расположен сосняк мятликовый-2. Почва – дерновая лесная песчаная. Формула насаждения 8 С., ед.Д., Кл.остр., Ос. Подрост и всходы деревьев представлены значительным количеством особей *Populus tremula*. Кустарниковый ярус образован *Euonymus verrucosus*. В травяном ярусе обнаружено четыре вида растений, среди которых доминируют *Poa nemoralis* и *Coryza canadensis*. Сосняк мятликовый-3 расположен в верхней части склона на плакоре. Почва – дерновая лесная песчаная карбонатная. Формула насаждения 8 С., ед.Д., Кл.остр. Кустарниковый ярус не выражен, а в травяном ярусе при господстве *Poa nemoralis* встречаются *Hieracium amplexicaule*, *Trifolium pratense* и *Carex sp.*

При проведении лабораторного проращивания в почве сосняков были обнаружены жизнеспособные семена. Сосняк мертвопокровный-1 содержит в разных слоях почвы, даже на значительной глубине, достаточно большое число семян (2750 шт./м²) трех видов: *Ficária verna*, *Chenopódium álbum* и *Lamium amplexicaule*. Максимальным числом семян характеризуется *Lamium amplexicaule* (1750 шт./м²). Запас семян в почве сосняка мятликового-1 невелик (1950 шт./м²) и состоит из диаспор *Poa nemoralis*, *Convallaria majális*, *Ficária verna*, и *Thláspi arvéense*. Наибольшее число семян, особенно *Poa nemoralis*, встречается в слое 0-2 см. Сосняк мертвопокровный-2 содержит незначительное количество семян (1500 шт./м²) двух видов: *Chenopódium álbum* и *Erigeron canadénsis*. Максимальным числом семян, встречающихся во всех слоях почвы, характеризуется *Chenopódium álbum* (1000 шт./м²). В сосняке мятликовом-2 обнаружено значительное число диаспор папоротника (2000 шт./м²), видовой принадлежности которого в настоящее время не определена. Запас семян в почве сосняка мятликового-3 характеризуется максимальным количеством (6400 шт./м²) и состоит в значительной мере из семян *Erigeron canadénsis* (1950 шт./м²). Также обнаружены семена *Chenopódium álbum*, *Ficária verna* и *Hieracium pilosella*. Наибольшее число семян встречается в слое 0-2 см. Отмечено, что практически во всех сообществах встречаются семена *Chenopódium álbum*. Основная часть семян, представленных в семенном банке (78 %) по способу происхождения являются

заносными и реликтовыми. Местными являются только семена *Poa nemoralis* и *Convallaria majalis*. Значительная часть семенного банка представлена семенами лесных и сорных видов (55 и 33 % соответственно).

Существенную роль в прорастании семян играют почвенные условия, сформировавшиеся в сообществах. При проращивании семян в лаборатории, такие факторы как достаточная влажность, доступ кислорода, благоприятная температура и глубина заделки семян не оказывают воздействие на состав семенных банков. При химическом анализе в почве сосняка мертвопокровного-2 были обнаружены ионы Cl^- (0,104 моль/л) и SO_4^{2-} ($3,3 \cdot 10^{-5}$ моль/л), а сосняка мятликового-3 - ионы SO_4^{2-} ($4,4 \cdot 10^{-5}$ моль/л) и Ca^{2+} (0,78 моль/л), количественное содержание которых не имеет четкой зависимости с количественным и качественным банком семян. В то же время выявлено, что значительной мере на общее число семян и количественный состав некоторых видов, в частности *Chenopodium album*, оказывает кислотность почвы (рисунок).

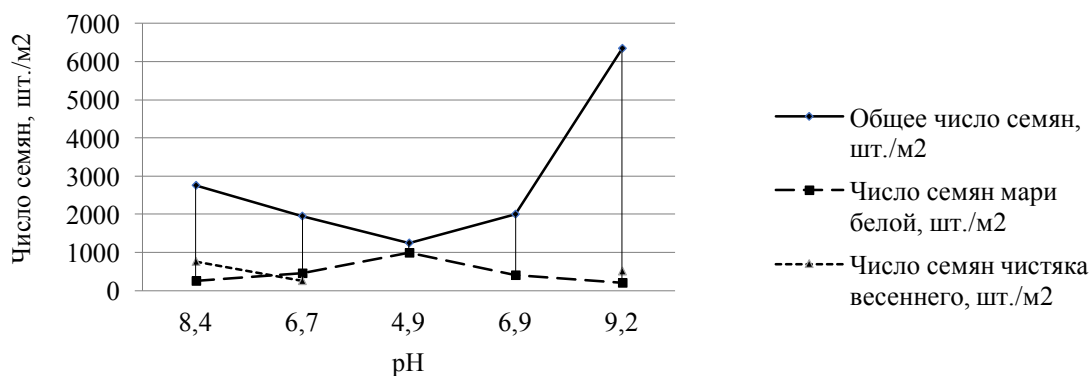


Рисунок - Влияние кислотности почвы на состав банка семян сосняков

Следовательно, увеличение кислотности почвы оказывает влияние на общее число семян в сообществе, что связано с низкой эврибионтностью семян большинства выявленных видов к увеличению кислотности почвенной среды. Наиболее благоприятной реакцией среды для прорастания семян и развития проростков *Chenopodium album* и заростков папоротников являются условия с pH 4,5-4,9, а *Ficaria verna* – pH 8,4-9,2. Это может быть связано с различными механизмами, которые использует растение при адаптации к условиям разной кислотности для сохранности жизнеспособности семян. Таким образом, одним из основных факторов, определяющих количественный и качественный состав семенных банков изученных сосняков является кислотность почвенной среды.

Список литературы:

1. Петров В.В. Банк семян в почвах лесных фитоценозов европейской части СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 176 с.
2. Работнов Т.А. Жизнеспособные семена в почвах природных биогеоценозов СССР // Теоретические и прикладные аспекты биогеографии. М., 1982. С.35-59.
3. Богданов П.Л. Определитель споровых лесных растений травяного и мхового покрова. Л.: Изд-во лесотехнической академии, 1961. 35 с.
4. Васильченко И.Т. Определитель всходов сорных растений. Л.: Колос, 1979. 344 с.
5. Маевский П.Ф. Флора средней полосы Европейской части СССР. Л.: Колос, 1964. 880 с.

Методы повышения эффективности антимикробного фотодинамического воздействия

Е.С. Ефимова, Е.С. Тучина

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
kkkatyefimova@mail.ru

Ключевые слова: фотодинамическое воздействие, метиленовый синий, интралипид, глицерин, *S. aureus*.

Staphylococcus aureus является одним из наиболее клинически-значимых патогенов, вызывающих опасные для жизни инфекции. Госпитальные штаммы *S. aureus* часто устойчивы к антибиотикам, что затрудняет лечение ассоциированных с ними заболеваний [1,2]. Разработка методов, позволяющих на практике повысить эффективность АФДВ, но при этом снижающих негативное воздействие на макроорганизм (уменьшение концентраций сенсibilизатора и растворителей, снижение дозы излучения и др.) является актуальной и востребованной задачей. Как показано ранее, использование смесей на основе глицерина и интралипида, меняют характер распределения излучения в тканях [3,4]. В связи с этим, целью данного исследования являлась сравнительная характеристика эффективности применяемых для фотосенсибилизации клеток *S. aureus* смесей в ходе АФДВ.

Экспериментальные исследования проводили на базе кафедры биохимии и биофизики СГУ имени Н.Г. Чернышевского. В качестве исследуемого микроорганизма был использован клинический метициллин-чувствительный штамм *Staphylococcus aureus*. Микроорганизмы выращивали при температуре 37 °С на ГРМ-агаре (Россия, г. Оболенск).

В качестве источника излучения использовали светодиод (СИ) с максимумом спектра испускания $\lambda=660$ нм и плотностью мощности 30 мВт/см². Во всех экспериментах режим излучения был непрерывный. Время облучения варьировали от 5 до 30 мин. В качестве фотосенсибилизатора выступал метиленовый синий (МС) в концентрации 0,0001%. Испытывали эффективность фотосенсибилизатора, растворенного в 1) физиологическом растворе (МС+ФР), 2) смеси глицерина, этанола и воды (в соотношении 25:25:50, МС+ГС), 3) 0,24% растворе интралипида (МС+ИЛ, Fresenius Kabi, Германия).

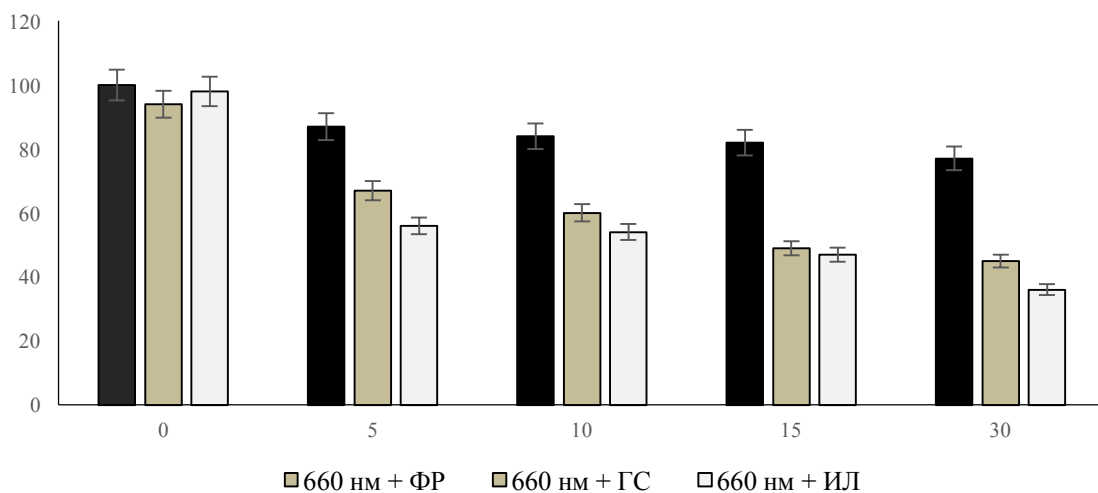
Облученные и необлученные суспензии объемом 0,1 мл помещали в лунки микропланшета с 0,5% пептоном для дальнейшего инкубирования. Учет результатов осуществляли путем измерения оптической плотности бактерий на планшетном фотометре iMark (Bio Rad, USA) через 24-48 ч после инкубации при 37°C.

Представляло интерес оценить изменение численности бактерий под действием СИ и используемых растворителей. СИ с длиной волны 660 нм несущественно влияло на рост клеток исследуемого штамма *S. aureus*, проинкубированных в физиологическом растворе. После 30 мин воздействия выживаемость составляла 80%. Использование глицерин-спиртовой смеси усиливало повреждающий эффект действия излучения на 25%, а интралипида – на 30% (рисунок, А).

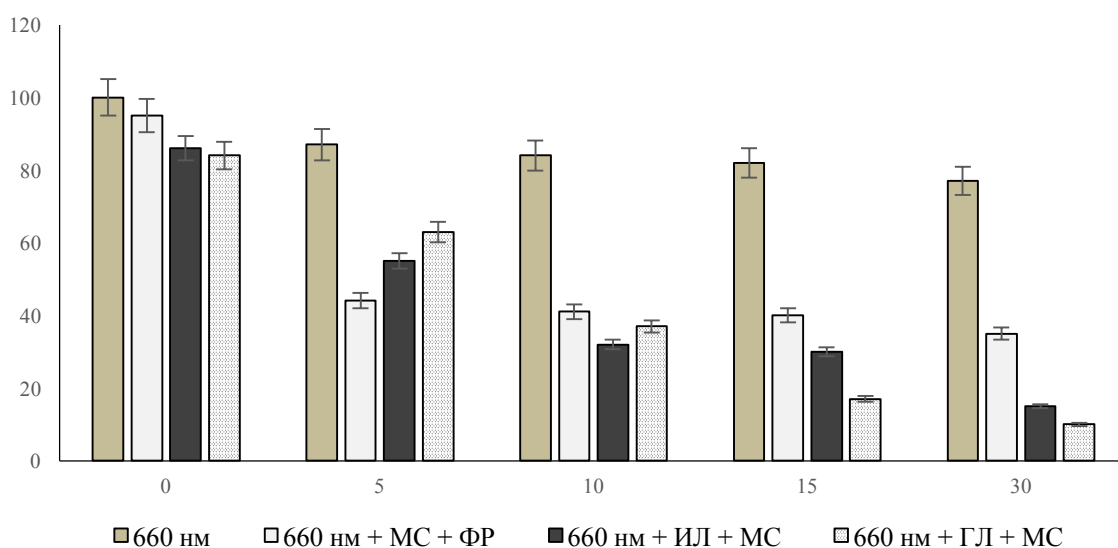
В данном исследовании использовалась ультранизкая концентрация метиленового синего. Установлено, что даже незначительно количество фотосенсибилизатора позволяет достигнуть фотодинамического эффекта. Снижение численности *S. aureus* при использовании комбинации МС+ФР составило 65% после 5 мин облучения и не изменялось до 15 мин, данная комбинация обеспечивала уменьшение числа КОЕ на 75% после 30 мин воздействия.

Использование интралипида вызывало видимое усиление фотодинамического эффекта МС после 15 мин облучения (сокращение КОЕ на 68%) и к 30 мин облучения обеспечивало гибель 85% бактериальной популяции.

Глицерин-спиртовая смесь, как показано в эксперименте, обеспечивала выраженное усиление фотодинамического действия МС после 15 мин облучения, отмечено снижение численности на 83%, к 30 мин экспозиции снижение численности составило 90%.



А



Б

Рисунок – Фотодинамическое действие светодиодного (660 нм) излучения на выживаемость клинического метициллин-чувствительного штамма *S. aureus*:
А – с различными растворителями, Б – в присутствии метиленового синего

Анализируя результаты, можно сделать вывод, что использование интралипида и глицериново-спиртовой смеси является перспективным для АФДТ. Выявлено стойкое подавление жизнеспособности клеток метициллин-чувствительного штамма (в первом случае на 85%, во втором на 90%) после 30 мин действия излучения.

Список литературы:

1. Perez C., Zúñiga T., Erick C. Photodynamic therapy for treatment of *Staphylococcus aureus* infections // Photodiagnosis Photodyn. Ther. 2021. V. 34. P. 102285.
2. Effect of Photodynamic Therapy on the Virulence Factors of *Staphylococcus aureus* / M. Bartolomeu [et al.] // Front. Microbiol. 2016. V. 7. P. 267.
3. Tuchin V.V., Genina E.A., Tuchina E.S., Svetlakova A.V., Svenskaya Yu.I. Optical clearing of tissues: Issues of antimicrobial phototherapy and drug delivery // Advanced Drug Delivery Reviews. 2022. V. 180. P. 114037.
4. Способ лазерного облучения внутренней поверхности полости биоткани / В.В. Алипов [и др.] // Патент РФ № 2492882. 2013. Бюл. №26.

Фаунистический список мокриц (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) Саратовской области

А.А. Жмурова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
anastaciazhmurova@yandex.ru

Ключевые слова: Isopoda, фауна, Саратовская область.

Мокрицы (Oniscidea) – подотряд сухопутных ракообразных из отряда равноногих высших раков, занимают разные по степени влажности места обитания. Уникальны в своей приспособленности к жизни на суше. Являются детритофагами - перерабатывают листовенный опад, участвуют в процессах почвообразования. Чрезвычайно распространены, некоторые виды считаются космополитами, что связывают с антропогенной трансформацией территорий [1].

Ранее для Саратовской области было известно 4 вида, из которых два вида отмечались для города Саратова (*Porcellio scaber* Latreille, 1804; *Trachelipus rathkii* Brandt, 1833) и два в районах области в природных биотопах (*Porcellionides pruinosus* Brandt, 1833; *Armadillidium vulgare* Latreille, 1804) [2].

Обработка материала 2019 года, собранного в гнездах береговой ласточки (материал предоставлен Е.Н. Кондратьевым) и его определение добавила к современной фауне мокриц Саратовской области еще 4 вида. Это представители семейств Cylisticidae и Agnaridae (ранее относившиеся к семейству Trachelipodidae) (рисунок).



1 – *Cylisticus sarmaticus* (20.07.2019, Саратовская обл., окр. с. Мордово); 2 – *Cylisticus convexus* (20.07.2019, Саратовская обл., окр. с. Мордово); 3 – *Protracheoniscus nogaicus* (20.07.2019, Саратовская обл., окр. с. Мордово); 4 – *Protracheoniscus fossuliger* (20.07.2019, Саратовская обл., окр. с. Мордово)

Рисунок – Виды мокриц из сборов 2019 года

Определение осуществлялось по современным определителям [3], исследованный материал хранится в коллекции Зоологического музея СГУ.

Список литературы:

1. Островский А.М. Фауна и распределение мокриц (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) в городе Гомеле – Институт природно-технических систем // Системы контроля окружающей среды. Севастополь. Вып. 2(36). 2019. С. 107-116
2. Жмурова А.А. Предварительные данные о фауне мокриц Саратовской области – Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. Саратов. Вып. 19. 2022. С. 131-132
3. Хисаментидова Д.Д. Эколого-фаунистическая характеристика мокриц (Crustacea, Isopoda) Нижнего Дона: Автореф. дис...канд. биол. наук. Ростов-на-Дону, 2009. 24 с.

Предварительные результаты определения относительного содержания ядерной ДНК некоторых представителей рода *Chondrilla* (Asteraceae)

И.Д. Ивкин, А.С. Пархоменко, А.С. Кашин

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
ivkinigor@mail.ru

Ключевые слова: проточная цитометрия, *Chondrilla*, содержание ядерной ДНК, анеуплоидия, миксоплоидия.

Род *Chondrilla* L. (Asteraceae) включает около 30 видов [1-3] и в настоящее время нет однозначного представления о таксономической структуре рода.

По результатам ранее проведенных морфологического [4] и молекулярно-генетического [5] анализов показано, что из семи таксонов (шесть из них принадлежат к секции *Chondrilla* подрода *Chondrilla* (*C. acantholepis* Boiss., *C. brevirostris* Fisch. Et Mey, *C. canescens* Kat. Et Kir., *C. graminea* Vieb., *C. juncea* L. и *C. latifolia* Vieb.) и один к подроду *Brachyrinchus* (*C. ambigua* Fisch.)) [2], указанных для европейской части ареала, лишь *C. ambigua* хорошо обособлен морфологически и заслуживает признания в ранге вида. Менее очевидна видовая самостоятельность *C. brevirostris* и *C. laticoronata*, *C. juncea*, *C. latifolia*, *C. graminea*, *C. acantholepis* и *C. canescens*. По морфологическим признакам и по ISSR маркерам они не разделяются и их следует считать синонимами *C. juncea*. Кариологический анализ представителей рода *Chondrilla* выявил изменчивость числа хромосом от $2n=x=5$ до $2n=5x=25$ с высокой долей анеу- и миксоплоидов у *C. brevirostris*, *C. laticoronata*, *C. juncea*, *C. latifolia*, *C. graminea* и *C. canescens*. Стабильное число хромосом отмечено только для *C. ambigua* ($2n=2x=10$) и *C. pauciflora* ($2n=3x=15$) [6].

Размер генома является одним из важных критериев выявления особенностей эволюции организмов и имеет видоспецифичный характер, что может помочь объяснить взаимоотношения между видами. У представителей рода *Chondrilla* размер генома ранее не изучался. Поэтому, цель данного исследования состояла в предварительной оценке содержания ядерной ДНК в растениях рода *Chondrilla* Европейской России и Западного Казахстана с использованием проточной цитометрии.

Исследования проводили на молодых растениях, выращенных в лабораторных условиях из семян, собранных в течение полевого сезона 2022 г. в 22 популяциях 8 таксонов рода *Chondrilla* (*C. brevirostris*, *C. laticoronata*, *C. juncea*, *C. latifolia*, *C. graminea*, *C. canescens*, *C. ambigua* и *C. pauciflora*).

Содержание ДНК исследуемых растений определяли с использованием метода проточной цитометрии с окраской изолированных ядер пропидий иодидом (PI). Молодые листья измельчали при помощи лезвия в 500 мкл охлажденного буфера Otto I с модификациями (0.1 М лимонной кислоты, 0.5 % Triton) и инкубировали 15 мин при температуре +4°C [7]. Образцы фильтровали через нейлоновую мембрану с размером пор 50 мкм и смешивали с раствором для окрашивания, состоящим из 500 мкл Tris-MgCl₂ буфера (0.4 М Tris-основание, 4 mM MgCl₂ × 6H₂O) с PI (50 мкг/мл), РНКазой (50 мкг/мл) и β-меркаптоэтанолом (2 мкг/мл) [8, 9], и инкубировали 10 мин при температуре +40°C. В качестве стандартов использовали *Petroselinum crispum* 'Листовая' (2С = 4.46 пг) и *Pisum sativum* 'Кельведонское чудо' (2С = 9.09 пг). Относительное содержание ядерной ДНК (2С) рассчитывали исходя из линейной зависимости между флуоресцентными сигналами от окрашенных ядер исследованных образцов и внутреннего стандарта.

Среди всех исследованных образцов рода для образцов *C. ambigua* и *C. pauciflora* установлена прямая зависимость размера генома от количества хромосом. Содержание ДНК диплоида *C. ambigua* составило 2С = 1.69 пг, а триплоида *C. pauciflora* – 2С = 2.65 пг. Большинство образцов рода *Chondrilla* имеют значения 2С в пределах 2.29–2.69 пг (характерно для 13 из 23 образцов), принадлежащих к следующим таксонам: *C. pauciflora*, *C. laticoronata*, *C. brevirostris*, *C. canescens*, *C. graminea*, *C. latifolia*, *C. juncea*. Скорее всего, они

являются триплоидами, причем во многих случаях с отклоняющимся от кратного основному числу хромосом. Наименьшее содержание ДНК обнаружено у *C. canescens*, собранного в Астраханской области, Ахтубинского районе, окр. г. Капустин Яр (0.80 пг) и *C. graminea*, собранного в Саратовской области, в окр. г. Хвалынский (0.90 пг), которые, скорее всего, являются гаплоидами. Наибольшее содержание ДНК обнаружено у образца *C. brevirostris*, собранного в Астраханской области, Харабалинский районе, окр. с. Вольное (2.88 пг). Образец *C. latifolia* из популяции Камышинского района Волгоградской области на гистограмме относительной интенсивности флуоресценции показал два пика, соответствующие двум значениям относительного содержания ДНК – 1.68 пг и 2.58 пг, т.е. он оказался миксоплоидом с двумя уровнями пloidности ($2n = 2x = 10$ и $2n = 3x = 15$). Разнообразие размеров генома внутри рода можно объяснить установленной ранее высокой изменчивостью числа хромосом, связанного с анеу- и миксоплоидией [10].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-74-00004.

Список литературы:

1. Ильин М.М. *Chondrilla* L. // Бюллетень отделения каучуконосов. 1930. № 3. С. 1-61.
2. Леонова Т.Г. Хондрилла - *Chondrilla* L. // Флора Европейской части СССР. Л.: Наука. 1989. Т. 8. С. 57-61.
3. The World Flora Online [электронный ресурс] // URL: <http://www.worldfloraonline.org/search?query=chondrilla&view> (дата обращения: 10.01.2023 г.)
4. Изменчивость морфологических параметров некоторых таксонов *Chondrilla* (Asteraceae) европейской России в связи с их систематикой / А.С. Кашин [и др.] // Ботанический журнал. 2018. Т. 103, № 11. С. 1407-1436.
5. Кашин А.С., Крицкая Т.А., Попова А.О., Пархоменко А.С. Генетическая дифференциация видов *Chondrilla* (Asteraceae) европейской части России по данным ISSR маркирования // Бюл. МОИП. Отдел биологический. 2017. Т. 122(1). С. 60-70.
6. Пархоменко А.С., Кашин А.С., Гребенюк Л.В. Полиморфизм хромосом видов *Chondrilla* (Asteraceae) европейской части ареала // Ботанический журнал. 2019. Т. 104, № 4. С. 137-154.
7. Otto F. DAPI Staining of Fixed Cells for High-Resolution Flow Cytometry of Nuclear DNA // Methods in Cell Biology. 1990. V. 33. С. 105-110.
8. Pfosser M., Heberle-Bors E., Amon A., Lelley T. Evaluation of sensitivity of flow cytometry in detecting aneuploidy in wheat using disomic and ditelosomic wheat-rye addition lines // Journal of Quantitative Cell Science. Cytometry parta. 1995. V. 21, I. 4. P. 387-393.
9. Doležel J., Lucretti S., Meister A., Lysak M., Nardi L., Obermayer R. Plant genome size estimation by flow cytometry: Inter-laboratory comparison // Ann. Bot. 1998. V. 82 (Suppl A). P. 17-26.
10. Пархоменко А.С., Кашин А.С. Особенности кариотипической изменчивости у некоторых видов рода *Chondrilla* (Asteraceae) // Ботанический журнал. 2018. Т. 103, № 6. С. 726-739.

Сиквенс-типы уропатогенных *Escherichia coli*

А.В. Казанцев¹, М.А. Кулагин^{1,2}, Е.А. Нарышкина¹, Е.А. Соседова¹, А.В. Федоров¹,
А.Д. Катышев¹, Н.А. Шаранова¹, Я.М. Краснов¹, А.Н. Микеров^{3,4}

¹Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, Саратов, Россия

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

³Саратовский МНЦ гигиены ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий
управления рисками здоровью населения», Саратов, Россия

⁴Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского,
Саратов, Россия

andreikazancev@mail.ru

Ключевые слова: уропатогенные штаммы *Escherichia coli*, УПЭК, сиквенс-тип, инфекции мочевыводящих путей.

Основными этиологическим агентом при развитии инфекций мочевыводящих путей (ИМП) является уропатогенная *Escherichia coli* (УПЭК). Данный микроорганизм выделяется при бактериологическом исследовании мочи пациентов, страдающих ИМП, до 80% случаев. При этом, факторы вирулентности, устойчивость к антибактериальным препаратам (АБП) выделенных штаммов могут различаться в зависимости от принадлежности к филогенетическим группам и подгруппам, О-серогруппам [1, 2]. Одним из способов характеристики и типирования штаммов УПЭК является определение принадлежности культур к сиквенс-типам. Наиболее распространенным, как в мире, так и на территории РФ является ST131, обладающий наибольшей частотой встречаемости факторов вирулентности, резистентности к АБП. В исследованиях на территории РФ по определению принадлежности штаммов УПЭК к сиквенс-типам были выявлены ST14, ST58, ST69, ST73, ST93, ST127, ST131, ST-141, ST165, ST297, ST457, ST537, ST744, ST1434, ST9239, ST10102 [2]. В Республике Беларусь были определены ST69, ST73, ST95, ST131 [3].

Цель данного исследования – определить сиквенс-типы уропатогенных *E. coli*, выделенных из мочи пациентов на территории г. Саратов. В работе было исследовано 35 штаммов *E. coli*, выделенных из средней порции мочи пациентов, находящихся на стационарном лечении в урологических отделениях многопрофильных лечебных учреждений.

Выделение ДНК осуществляли с использованием набора реагентов «PureLink Genomic DNA Mini Kits» (Invitrogen, США) согласно инструкции производителя. Секвенирование исследуемых штаммов проводили на платформе Ion S5™ XL System (Thermo Fisher Scientific, США). Для анализа результатов полногеномного секвенирования с целью определения сиквенс-типа применяли онлайн-ресурс MLST 2.0 (<https://cge.food.dtu.dk/services/MLST/>) «Center for Genomic Epidemiology» (<https://www.genomicepidemiology.org/services/>).

В ходе проведенного исследования было установлено, что к сиквенс-типу ST 131 принадлежали 9 штаммов (25,7 %); к ST10 – 4 культуры (11,4 %); к ST141 – 3 изолята (8,6 %); к ST59, ST69, ST73, ST95, ST127 и ST1057 по 2 культуры (5,7 %); к ST117, ST162, ST167, ST416, ST533, ST744, ST12013 по 1 изоляту (2,9 %).

Таким образом, впервые на территории г. Саратов определены сиквенс-типы штаммов УПЭК, выделенных из мочи пациентов с ИМП. Представляется перспективным продолжить исследование, направленное на изучение распространенности генов, ассоциированных с факторами вирулентности, а также генетических детерминант антибиотикорезистентности штаммов УПЭК, принадлежащих к различным сиквенс-типам.

Список литературы:

1. Факторы вирулентности и филогенетическая характеристика уропатогенных штаммов *Escherichia coli*, выделенных на территории г. Саратова / А.В. Казанцев [и др.] // Проблемы особо опасных инфекций. 2019. Т. 4. С. 56-60.

2. Характеристика вирулентных штаммов *Escherichia coli*, выделенных от пациентов с урологической инфекцией / П.В. Слукин [и др.] // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2021. Т. 98, № 6. С. 671-684.
3. Мовкаленко Е.В. Сиквенс-типы уропатогенных *E. coli* / Актуальные проблемы современной медицины и фармации 2019: Сб. тез. докл. LXXIII Междунар. науч.-практ конф. студентов и молодых ученых. Минск: БГМУ, 2019. С. 681.

Биологические и функциональные особенности микроорганизмов, выделенных из высокомагнитной почвы*М.А. Касаткина, Е.В. Плешакова*Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
milena.kasatkina22@yandex.ru

Ключевые слова: высокомагнитная почва, марганцеоокисляющие микроорганизмы, устойчивость.

Городские почвы отличаются от естественных по перечню показателей. В них значительно выше значение рН, и нередко наблюдается загрязнение органическими и неорганическими поллютантами. Преобладающими среди них являются тяжелые металлы и металлоиды. Со временем меняется и минералогический состав почв, особенно количество оксидов железа [1], а также происходит изменение почвенной микробиоты [2, 3]. Было показано, что в микробоценозах почв с высоким уровнем магнитности наблюдается увеличение доли железоокисляющих микроорганизмов [4].

Целью настоящей работы было изучение биологических и функциональных особенностей микроорганизмов, выделенных из высокомагнитных почв. В качестве объектов исследования использовались микроорганизмы, выделенные ранее из почвенных микробоценозов г. Медногорска (Оренбургская область, Россия), характеризующихся сильным техногенным загрязнением и высоким уровнем магнитности. Изучали три микробных штамма, выделенных с использованием селективной среды, содержащей Mn (II), и один штамм железоокисляющих микроорганизмов [4]. Проведенными ранее исследованиями была установлена высокая резистентность данных микробных штаммов к повышенным содержаниям ионов марганца в среде [5]. Микроорганизмы были идентифицированы по совокупности изученных культурально-морфологических, физиолого-биохимических признаков и результатов молекулярного типирования, как: *Bacillus megaterium* 69.5, *Bacillus simplex* 55.2, *Bacillus simplex* 13.2 и *Listeria murrayi* 13.4.

Исследование *B. megaterium* 69.5 показало, что данный штамм представлен грамположительными палочками, расположенными одиночно и попарно. Эндоспоры эллипсоидальные, расположение центральное. Данный штамм не кислотоустойчив (гибель при рН 5), но наблюдался рост при значении рН 9 и 10 (таблица), подвижен. Оксидазоотрицательный. Каталазоположительный. Не использует цитрат на среде Симмонса. Не образует аммиак. Гидролизует крахмал, желатин, слабо гидролизует казеин. Факультативный анаэроб. Окисляет и ферментирует глюкозу, лактозу, сахарозу, фруктозу, арабинозу, мальтозу, маннит, окисляет ксилозу. Реакция Фогес-Проскауэра отрицательная.

Изучение микробных штаммов *B. simplex* 55.2 и *B. simplex* 13.2 показало, что они представлены грамположительными прямыми палочками, расположенными одиночно. Способны образовывать споры. Данные штаммы факультативные анаэробы. Не растут при 42 и 10 °С. Наблюдается гибель при рН 5, при значениях рН 9 и 10 рост сохраняется (таблица). Не используют цитрат на среде Симмонса и не образуют аммиак. Оксидазоотрицательные. Каталазоположительны. Способны гидролизовать крахмал, желатин. Есть способность к окислению глюкозы, лактозы, сахарозы, фруктозы, арабинозы, мальтозы, маннит и ксилозу окисляют слабо. Реакция Фогес-Проскауэра отрицательная.

Изучение штамма *L. murrayi* 13.4 показало, что микроорганизм является грамположительной палочкой, обладает подвижностью. Имеет идентичную способность к гидролизу крахмала и желатина, как и у вышеописанных микробных штаммов. Способность к окислению перечня углеводов схожа, но способность окислять манит и ксилозу отсутствует. У всех изученных штаммов наблюдался активный рост в среде с содержанием NaCl до 10 %. При концентрации NaCl, равной 15 %, рост не наблюдался (таблица).

Гемолитическую активность у микроорганизмов определяли методом посева на кровяной агар и последующей инкубацией в термостате в течение 24–48 ч. В результате не было обнаружено зон гемолиза вокруг образовавшихся колоний. Также был произведен посев

данных штаммов на желточно-соляной агар, результат теста оказался отрицательным, липазная и лецитиназная активность у изученных микробных штаммов отсутствовала. Проведенные тесты косвенно свидетельствуют об отсутствии патогенности изучаемых нами микроорганизмов.

Таблица – Ростовые характеристики микроорганизмов

Микроорганизмы	Рост в условиях:								Активность		
	рН			содержание NaCl, % по объему					гемолитическая	липазная	лецитиназная
	5	9	10	2	5	7	10	15			
<i>Bacillus megaterium</i> 69.5	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Bacillus simplex</i> 13.2	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Bacillus simplex</i> 55.2	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Listeria murrayi</i> 13.4	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-

Таким образом, в результате проведенных исследований подтверждено, что высокомагнитные почвы представляют собой источник высокоспециализированных микроорганизмов, обладающих способностью расти при неблагоприятных условиях окружающей среды (рН 9-10), а также в условиях повышенной солености, и являющихся условно экологически безопасными. Учитывая, что данные микроорганизмы способны удалять высокие концентрации Mn (II) из водной среды, они представляют перспективу для использования их в биотехнологии очистки воды.

Список литературы:

1. Vodyanitsky Yu.N., Shoba S. Magnetic susceptibility as an indicator of heavy metal pollution of urban soils // Bulletin of the Moscow University. Series 17: Soil Science. 2015. N 1. P. 13-20.
2. Carbon and metal(loid)s in parkland and road verge surface soils in the city of Liverpool, UK / L. Beesley [et al.] // Agronomy. 2020. V. 10. P. 335-343.
3. Angelovičová L., Bobuľská L., Fazekašová D. Toxicity of heavy metals to soil biological and chemical properties in conditions of environmentally polluted area middle spiš (Slovakia) // Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. 2015. V. 10, N 1. P. 193-201.
4. Микробиологическая и биохимическая индикация почв города Медногорска / Е.В. Плешакова [и др.] // Агрохимия. 2016. №1. С. 66-73.
5. Изучение марганцеоксилирующих микроорганизмов, выделенных из микробоценозов высокомагнитных почв / Е.В. Плешакова [и др.] // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22, Вып. 4. С. 409-418.

Перспективность применения технологии фагового дисплея для получения антител, специфичных к антибиотикам

*О.А. Караваяева¹, С.С. Евстигнеева¹, А.С. Фомин¹, С.А. Староверов¹,
А.В. Мартыненко², О.И. Гулий¹*

¹ Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов,
ФИЦ «Саратовский научный центр РАН», Саратов, Россия

² Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
helga1121@yandex.ru

Ключевые слова: технология фагового дисплея, антибиотики, определение.

Успехи современной биотехнологии, медицины и сельского хозяйства зачастую зависят от того, насколько быстро можно обнаружить специфичные антигены. Большой научный и практический интерес представляет технология фагового дисплея, направленная на получение и наработку антител к известным антигенам. В основе технологии фагового дисплея находится экспонирование чужеродных пептидов или белков на поверхности фаговых частиц в составе одного из химерных белков оболочки [1-3]. Данная технология была разработана в середине 80-х годов американским химиком Джорджем П. Смитом, который доказал возможность экспрессии чужеродного белка на поверхности нитчатого бактериофага M13, осуществив встройку гена, кодирующего фрагмент эндонуклеазы рестрикции *EcoRI*, в единую рамку трансляции с минорным белком оболочки рIII нитчатого бактериофага [4]. В 1990-х годах метод фагового дисплея был использован британским биохимиком сэром Грегори Уинтером для экспонирования антигенсвязывающих фрагментов иммуноглобулинов на поверхности бактериофага fd [5]. В результате появился новый комбинаторный подход к разработке рекомбинантных антител, являющийся альтернативным традиционной гибридомной технологии.

Молекулярно-направленные аффинные лиганды играют важную роль в понимании развития заболеваний [6-9], используются в фармацевтических разработках [10-12], приложениях для нанотехнологий [13], дизайне агентов молекулярной визуализации [14-16]. Кроме того, антитела, полученные с помощью технологии фагового дисплея, проходят несколько этапов отбора по аффинности и могут быть использованы в качестве селективных рецепторов биосенсоров [6, 17].

Фаговые антитела в качестве биорецепторов имеют ряд преимуществ перед стандартными иммуноглобулинами: они намного меньше по размеру и обычно содержат менее 100 аминокислотных остатков, обладают высокой стабильностью, не имеют дисульфидных связей, а также дешевле в производстве. Таким образом, фаговые антитела отлично подходят для создания биосенсоров, которые могут найти применение во многих сферах деятельности, в том числе пищевой промышленности, медицине, фармакологии, биотехнологии, экологии и т.д.

Одним из перспективных направлений по развитию технологии фагового дисплея является применение данной методики для получения антител, специфичных к антибактериальным препаратам и возможность их дальнейшего применения в аналитических системах, в том числе в биосенсорах. Антибактериальные препараты выступают одной из наиболее широко используемых групп лекарственных средств на фармацевтическом рынке [18]. В связи с этим, возникает проблема контроля содержания антибиотиков в лекарственных формах, а также их определения в питьевой воде, сточных водах фармацевтических предприятий и других объектах. Одной из важных составляющих при разработке диагностических аналитических систем для антибактериальных препаратов является подбор оптимального биорецептора. Таким биорецептором могут выступать фаговые антитела.

С применением овечьей дисплейной библиотеки фрагментов scFv (Griffin.1, UK) получены антитела, специфичные к ампициллину, и с их помощью проведена детекция ампициллина методом дот-иммуноанализа, при этом минимальная определяемая

концентрация антибиотика составляла 1 мкг/мл. Установлено, что фаговые антитела обладают специфичностью в отношении ампициллина и не взаимодействуют с другими антибиотиками (тетрациклином и канамицином), а также с близкими по химической структуре веществами – L-фенилаланином, L-триптофаном и L-цистеином. Показана перспективность применения фаговых антител в качестве биорецептора для индикации ампициллина.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного Фонда № 22-24-00417.

Список литературы:

1. Willats W.G.T. Phage display: practicalities and prospects // *Plant Molecular Biology*. 2002. V. 50. P. 837-854.
2. Wang L.F., Yu M. Epitope Identification and Discovery Using Phage Display Libraries: Applications in Vaccine Development and Diagnostics // *Current Cancer Drug Targets*. 2004. V. 5(1). P. 1-15.
3. Кузьмичева Г.А., Белявская В.А. Пептидный фаговый дисплей в биотехнологии и биомедицине // *Биомедицинская химия*. 2016. V. 62(5). P. 481-495.
4. Smith G.P., Scott J.K. Libraries of Peptides and Proteins Displayed on Filamentous Phage // *Methods in enzymology*. 1993. V. 217. P. 228-257.
5. McCafferty J., Griffiths A., Winter G., Chiswell D.J. Phage antibodies: filamentous phage displaying antibody variable domains // *Nature*. 1990. V. 348. P. 552-554.
6. Progressive vascular changes in a transgenic mouse model of squamous cell carcinoma / J.A. Hoffman [et al.] // *Cancer Cell*. 2003. V. 4. P. 383-391.
7. Stage-specific vascular markers revealed by phage display in a mouse model of pancreatic islet tumorigenesis / J.A. Joyce [et al.] // *Cancer Cell* 2003. V. 4. P. 393-403.
8. Valadon P., Garnett J.D., Testa J.E., Bauerle M., Oh P., and Schnitzer J.E. Screening phage display libraries for organ-specific vascular immunotargeting in vivo // *Proc Natl Acad Sci USA* 2006. V. 103. P. 407-412.
9. Zurita A.J., Arap W., Pasqualini R. Mapping tumor vascular diversity by screening phage display libraries // *J. Control Release*. 2003. V. 91. P. 183-186.
10. Ladner R.C., Sato A.K., Gorzelany J., de Souza M. Phage display-derived peptides as therapeutic alternatives to antibodies // *Drug Discov Today*. 2004. V. 9. P. 525-529.
11. Frank R., Hargreaves R. Clinical biomarkers in drug discovery and development // *Nat. Rev. Drug Discov*. 2003. V. 2. P. 566-580.
12. Rudin M., Weissleder R. Molecular imaging in drug discovery and development // *Nat. Rev. Drug Discov*. 2003. V. 2. P. 123-131.
13. Perez J.M., Josephson L., O'Loughlin T., Hogemann D., Weissleder R. Magnetic relaxation switches capable of sensing molecular interactions // *Nat. Biotechnol*. 2002. V. 20. P. 816-820.
14. Kelly K.A., Allport J.R., Tsourkas A., Shinde-Patil V.R., Josephson L., Weissleder R. Detection of vascular adhesion molecule-1 expression using a novel multimodal nanoparticle // *Circ. Res*. 2005. V. 96. P. 327-336.
15. Akerman M.E., Chan W.C., Laakkonen P., Bhatia S.N., Ruoslahti E. Nanocrystal targeting in vivo // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2002. Vol. 99. P. 12617-12621.
16. Mikawa M., Wang H., Guo L., Liu R., Marik J., Takada Y., Lam K., Lau D. Novel peptide ligands for integrin $\alpha 4\beta 1$ overexpressed in cancer cells // *Mol. Cancer Ther*. 2004. V. 3. P. 1329-1334.
17. Guliy O.I., Evstigneeva S.S., Dykman L.A. Recombinant antibodies by phage display for bioanalytical applications // *Biosensors and Bioelectronics*. 2023. V. 222. P.114909.
18. European Medicines Agency, European Surveillance of Veterinary Antimicrobial Consumption, 2021. 'Sales of veterinary antimicrobial agents in 31 European countries in 2019 and 2020'. (EMA/58183/2021).

Особенности осеннего миграционного состояния воробьиных птиц в условиях Заполярья (заповедник «Пасвик»)

П.В. Кожухина¹, Е.Ю. Мельников¹, У.Ю. Шаврина², Н.В. Поликарпова²

¹ Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

² Государственный природный заповедник «Пасвик», Никель, Россия
kozuhina.polina@mail.ru

Ключевые слова: заповедник «Пасвик», остров Варлама, воробьинообразные птицы, линька, жирность.

Изучение миграций птиц проводится во многих регионах Европейской части России. Несмотря на большое количество данных по особенностям осеннего пролета и состояния птиц, есть территории, где такие исследования начались сравнительно недавно. В частности, заповедник "Пасвик", расположенный в Мурманской области на границе России, Норвегии и Финляндии, на сегодняшний день выступает самой северной точкой сбора миграционных данных [1].

Долина реки Паз, в которой расположен заповедник, является важным миграционным путем для многих видов птиц. С 2016 года на ООПТ работает полевой стационар – остров Варлама, где ежегодно проходят отлов и кольцевание птиц [2]. В данной работе мы представляем результаты оценки миграционного состояния птиц в 2022 г, когда на полевых работах стало проводиться более детальное описание пойманных особей.

Отловы проводились с помощью паутинных сетей на постоянных местах на острове и в пойме реки. Было установлено шесть сетей в разных биотопах. Для дополнительного привлечения пролетающих стай использовались акустические колонки с записями голосов птиц. Кольцевание проводилось с 11 августа по 6 сентября 2022 года, в период наиболее интенсивной осенней миграции в Заполярье [3].

С каждой птицы собирались минимальные данные - видовая принадлежность, пол, возраст. У массовых видов измеряли длину крыла, клюва, хвоста, цевки. Взвешивание проводилось на электронных весах с помощью стакана с конусом. По степени заполненности надключичной впадины проводилась оценка величины жировых резервов. Стадия линьки определялась по количеству и степени сменяющихся перьев [4, 5].

За весь период работы было окольцовано 582 птицы 22 видов из отряда воробьинообразные *Passeriformes*. Полные промеры были сделаны для 163 особей. Наибольший пролет наблюдался у пеночки-веснички *Phylloscopus trochilus*, обыкновенной чечетки *Acanthis flammea*, камышовой овсянки *Shoeniclus shoeniclus* и варакушки *Luscinia svecica*. В качестве немногочисленных видов рассматривались большая синица *Parus major* и пухляк *Parus montanus*. В первую очередь анализировались молодые особи.

По итогам работ было установлено, что большинство (>80%) птиц на момент поимки практически не набрали жировых резервов для миграции. Остров Варлама для них являлся точкой, где они набирались сил перед новым рывком. Пойманные молодые пеночки находились, преимущественно, на 3-4 стадиях линьки, птицы с пятой стадией стали попадаться только к началу сентября.

Камышовые овсянки и чечетки – ближние мигранты – имели маленькие жировые запасы, однако в основном были на последних стадиях линьки. Во второй и третьей декаде августа в долине р. Паз эти виды обычно завершают линьку и только начинают набирать запасы для перелетов. При этом, если овсянки могут держаться в окрестностях острова несколько дней, накапливая жир, то чечетки, пролет которых идет более неравномерно по времени, попадают стайками и впоследствии перемещаются выше по течению реки.

Пойманные пухляки имели нулевую, реже маленькую степень жирности, а линька находилась на третьей стадии. Это объясняется оседлостью вида, которому не нужно совершать длительных перемещений, и, следовательно, он имеет большой временной промежуток для подготовки к зиме.

Таким образом, в долине р. Паз дольше всего накапливают жировой запас оседлые виды. Ближние мигранты имеют возможности перемещаться по окрестностям острова, завершая линьку, а дальние мигранты находятся здесь на средней стадии смены оперения. Это позволяет птицам эффективно использовать кормовые ресурсы местности для подготовки к осенним перемещениям.

Список литературы:

1. Миграции птиц Северо-Запада России. Воробьиные / под ред. Г.А. Носкова, Т.А. Рымкевич, А.Р. Гагинской. СПб.: «Реноме», 2020. 532 с.
2. Мельников Е.Ю., Поликарпова Н.В., Большаков А.А. Динамика осеннего пролета воробьиных птиц на начальном этапе в долине р. Паз (заповедник «Пасвик») // Научный труды Национального парка «Хвалынский». Сборник научных статей. Саратов – Хвалынский: ООО «Амирит», 2019. Вып. 11. С. 23-27.
3. Птицы Пасвика / Е.И. Хлебосолов [и др.]. Рязань: НП «Голос губернии», 2007. 176 с.
4. Виноградова Н.В., Дольник В.Р., Ефремов В.Д., Паевский В.А. Определение пола и возраста воробьиных птиц фауны СССР: Справочник. Москва: Наука, 1976. 190 с.
5. Линька воробьиных птиц Северо-Запада СССР / Т.А. Рымкевич [и др.]. Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1990. 304 с.

Сравнительный анализ геномов штаммов *Yersinia pestis*, выделенных в очагах чумы Северо-Восточного Прикаспия

А.В. Коврижников^{1,2}, А.Н. Балыкова¹, С.А. Коннова², Г.А.Ерошенко¹

¹Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, Саратов, Россия

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
alexander.kovrizhnikov@gmail.com

Ключевые слова: *Yersinia pestis*, MLVA-типирование, SNP-типирование.

Грамотрицательная бактерия *Yersinia pestis* является возбудителем особо опасной инфекционной болезни – чумы, которая до сих пор представляет угрозу для населения многих стран. В этой работе исследованы штаммы *Y. pestis*, выделенные в очагах чумы Северо-Восточного Прикаспия на территориях России и Казахстана, индекс эпизоотической активности которых достигает 0,86. Общая площадь проанализированных очагов составляет 350100 кв. км., из них на территории России находится 29498 кв. км [1]. Ранее Eroshenko G.A с соавторами проанализировали ряд изолятов с этих территорий и установили их принадлежность к филогенетическим ветвям средневекового биовара основного подвида – 2.MED1 и 2.MED4 [2]. Тем не менее, недостаточно данных имеется по молекулярно-генетической характеристике возбудителя чумы из этих очагов. Наличие протяженных границ и развитые торгово-экономические отношения России и Казахстана могут привести к заносу эпидемически опасных штаммов возбудителя чумы на территорию России. В связи с этим актуальность проведения молекулярного типирования штаммов *Y. pestis* для установления специфических маркеров, обладающих высокой дифференцирующей способностью при эпидемиологическом мониторинге, не вызывает сомнений.

Целью этой работы явилось проведение MLVA, SNP-типирования штаммов *Yersinia pestis*, выделенных в очагах чумы Северо-Восточного Прикаспия с территории России и Казахстана для установления генетического профиля возбудителя чумы с этих территорий.

Исследовано 79 штаммов *Y. pestis*, выделенных за период 1912-2002 гг. от переносчиков, носителей и человека из 5 очагов чумы: Волго-Уральского степного (6 штаммов), Волго-Уральского песчаного (49 штаммов), Урало-Уильского степного (13 штаммов), Урало-Эмбенского пустынного (9 штаммов) и Предустюртского пустынного (2 штамма).

Высокопроизводительное секвенирование проводили на платформе Ion GeneStudio S5 System. Для обработки данных использовали Ion Torrent Suite software package 5.12, Unicycler v0.4.9. Для молекулярного типирования использовали анализ единичных полиморфных нуклеотидов (SNPs) и мультилокусный анализ числа варибельных тандемных повторов (MLVA) [3]. WG-SNP анализ корового генома исследуемых штаммов проводили в snippy v4.6. Последующую филогенетическую реконструкцию на основании выявленных 2336 SNPs осуществляли алгоритмом максимального правдоподобия (Maximum Likelihood) с помощью пакета программ SeaView v5.04. Подбор эволюционной модели нуклеотидных замен проводили в программе jModelTest v2.1.9, согласно информационному критерию Акаике (AIC) была выбрана модель GTR. В качестве статистического параметра оценки достоверности узлов использовался бутстреп в количестве 500 реплик. Визуализацию полученного файла филогенетического дерева проводили с помощью программы FigTree 1.4.3. в формате укорененного филогенетического дерева (от англ. rectangular tree). Определение и анализ VNTR-профилей, а также основных детерминант вирулентности осуществляли с помощью биоинформатических программ (Bionumerics 7.6.3., Tandem RepeatsFinder 4.09, MEGA X).

Для установления популяционной структуры возбудителя чумы из анализируемых очагов нами проведена филогенетическая реконструкция методом максимального правдоподобия (Maximum Likelihood) 79 штаммов *Y. pestis*. По результатам анализа выявлено наличие двух популяций средневекового биовара: филогенетических ветвей 2.MED4, 2.MED1, являвшимися этиологическими агентами вспышек чумы в первой половине XX в. Несмотря

на мономорфную структуру генома штаммов, относящихся к ветви средневекового биовара 2.MED1, по результатам SNP-анализа определены 7 SNP-генотипов, характерных для ключевых филогеографических популяций, а также различных периодов эпидемической и эпизоотической активности очагов Северо-Восточного Прикаспия. При этом 5 из 7 SNP-генотипов представляют собой клональную форму и отличаются друг от друга не более, чем на 1 уникальную мутацию. Схожий SNP-профиль может свидетельствовать о существовании консервативной субпопуляции средневекового биовара в период с 1967 по 2002 гг. на территории Северо-Восточного Прикаспия.

Вторым методом молекулярного типирования явился MLVA-анализ на основе 24 VNTR локусов. Поиск VNTR-локусов в полногеномных последовательностях осуществлялся с помощью программы MEGA X, число копий вариабельных повторов определялось в Tandem Repeats Finder 4.09. Полученные результаты вносили в созданную базу данных в программе Bionumerics 7.6.3. (Applied Maths). Кладограмму по данным анализа нуклеотидной последовательности и числа копий VNTR -локусов 79 штаммов возбудителя чумы методом MLVA24 проводили алгоритмом иерархической кластеризации UPGMA (невзвешенного попарного среднего). По результатам данного анализа были получены 45 MLVA-генотипов. Наблюдаемая кластеризация имела четкую корреляцию с годами выделения изолятов и очагами, из которых они выделены.

Таким образом, по результатам WG-SNP-анализа и филогенетической реконструкции штаммов из Северо-Восточного Прикаспия на территории России и Казахстана определены 7 SNP-генотипов и 45 MLVA-генотипов, характеризующие генетическую структуру популяции возбудителя чумы на этих территориях. Выявлены маркерные SNPs и вариабельные VNTR-локусы, обеспечивающие дифференциацию штаммов с этих территорий. Полученные данные обеспечат лучшую дифференциацию генетически однородных штаммов *Y. pestis* средневекового биовара при проведении молекулярно-эпидемиологического мониторинга очагов чумы.

Список литературы:

1. Кадастр эпидемических и эпизоотических проявлений чумы на территории Российской Федерации и стран ближнего зарубежья / А.Ю. Попова [и др.]. Саратов: Амирит, 2016. С. 248.
2. Evolution and circulation of *Yersinia pestis* in the Northern Caspian and Northern Aral Sea regions in the 20th-21st centuries / G.A. Eroshenko [et al.] // Plos one. 2021. V. 16, N 2. P. e0244615.
3. Vogler A.J., Keim P., Wagner D.M. A review of methods for subtyping *Yersinia pestis*: from phenotypes to whole genome sequencing // Infection, Genetics and Evolution. 2016. T. 37. С. 21-36.

Технология повышения терапевтической эффективности Авастина

А.Ю. Колоскова, Т.Д. Искра

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
koloskovaanne@gmail.com

Ключевые слова: глиобластома, БЦМ (Авастин), гематоэнцефалический барьер.

Плохое проникновение недавно разработанных терапевтических средств через гематоэнцефалический барьер сыграло важную роль в ограничении их клинического успеха [1]. Особенно сложной терапевтической мишенью является глиобластома, наиболее часто встречающаяся злокачественная опухолью головного мозга. Для повышения терапевтического действия препаратов в опухолях исследователи разрабатывают стратегии модуляции проницаемости гематоэнцефалического барьера [2].

Одним из известных противоопухолевых препаратов является препарат Авастин (бевацизумаб, БЦМ), созданный в 2003 году и впервые одобренный в 2009 г. в США для лечения глиобластомы. Авастин представляет собой моноклональное антитело, предотвращающее активацию фактора роста эндотелия сосудов и демонстрирующее антиангиогенные эффекты [3]. Антиангиогенная терапия работает через нормализацию сосудов и улучшение доставки химиотерапии. Следовательно, модуляция доставки БЦМ в нормальные сосуды головного мозга может значительно улучшить эффекты антиангиогенной терапии глиобластомы [1, 4]. Однако эффективность данной терапии снижена из-за естественной преграды между сосудами и тканями головного мозга – гематоэнцефалический барьер, поэтому новая технология повышения терапевтической эффективности Авастина при открытом ГЭБ может стать более эффективным средством при лечении опухолей мозга [4].

Работа выполнена на базе научной лаборатории «Умного сна» медицинского центра и кафедры физиологии человека и животных Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского, Саратовского государственного медицинского университета имени В.И. Разумовского, медицинского центра ЦКП «Симбиоз» ИБФРМ РАН.

Эксперименты выполняли на самцах крыс линии Wistar, распределенных по следующим группам: 1 группа включала крыс с глиобластомой, которые получали внутрибрюшинную инъекцию физиологического раствора; 2 группа - крысы с глиобластомой и вызванным громкой музыкой открытием гематоэнцефалического барьера; 3 группа - крысы с глиобластомой, которые получали внутрибрюшинную инъекцию БЦМ; 4 группа - крыс с глиобластомой и вызванным громкой музыкой открытием гематоэнцефалического барьера, которые получали внутрибрюшинную инъекцию БЦМ; 5 группа - здоровые крысы с инъекцией физиологического раствора в том же объеме и в ту же область мозга, которая была выбрана для инъекции клеток глиомы; 6 группа - здоровые или интактные крыс с открытием гематоэнцефалического барьера, вызванным громкой музыкой.

В качестве терапевтического средства у крыс с глиобластомой применяли только Авастин, использовали громкую музыку (100 дБ и 11-10 000 Гц, Scorpions «Still loving you») для открытия гематоэнцефалического барьера, а также их комбинации. Авастин вводили в дозе 10 мг/кг в соответствии с рекомендациями Управления по контролю за продуктами питания и лекарствами. Первая доза Авастина была введена через 7 дней после имплантации клеток глиомы, когда был обнаружен первоначальный МРТ-признак опухоли головного мозга. Вторую дозу Авастина крысы получали через 14 дней роста глиомы в соответствии с рекомендациями.

Первый этап работы заключался в изучение распределения Авастина в головном мозге после открытия ГЭБ. Эта серия экспериментов продемонстрировала, что вызванное музыкой открытие ГЭБ увеличивает доставку комплекс Evans Blue-альбумин в ткани головного мозга и экстравазацию Бевацизумаба в мозг крыс с глиобластомой.

На следующем этапе были проанализированы терапевтические эффекты Авастина на рост глиобластомы без и с открытием гематоэнцефалического барьера, вызванным громкой музыкой. Было обнаружено, что объем глиобластомы был значительно увеличен с 7 по 21 день наблюдения во всех протестированных группах.

На заключительном этапе исследования, было выявлено значительно меньшее прогрессирование глиомы у крыс, получавших БЦМ с музыкой, по сравнению с другими группами (рисунок).

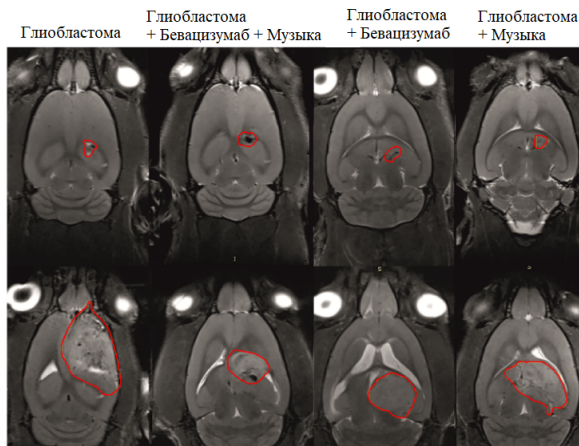


Рисунок – Репрезентативные МРТ-изображения ГБМ в группах ГБМ, ГБМ+Музыка, ГБМ+БЦМ и ГБМ+БЦМ+Музыка

Музыкальное воздействие способствует лучшему улучшает терапевтические эффекты Авастина через открытие ГЭБ в нормальных сосудах головного мозга. Это способствует лучшему распределению БЦМ в жидкостях головного мозга и среди нормальных сосудов головного мозга, которые используются ГБМ для миграции и прогрессирования.

Вывод: обнаружено значительно меньшее прогрессирование глиобластомы у крыс, получавших БЦМ с музыкой, по сравнению с другими группами. Музыкальное воздействие существенно увеличивало распределение Авастина вокруг сосудов головного мозга крыс с ГБМ по сравнению с группой крыс без музыкального воздействия. Индуцированное музыкой открытие ГЭБ улучшает подавляющее действие Авастина на объем ГБМ и клеточные механизмы прогрессирования опухоли.

Лечение Авастином вместе с открытием ГЭБ, вызванным музыкой, привело к более эффективному подавлению прогрессирования ГБМ, чем монотерапия. В ходе исследования, было продемонстрировано, что музыкальное воздействие способствует лучшему улучшает терапевтические эффекты Авастина через открытие ГЭБ в нормальных сосудах головного мозга. Это способствует лучшему распределению Авастина в жидкостях головного мозга и среди нормальных сосудов головного мозга, которые используются глиобластомой для миграции и прогрессирования.

Список литературы:

1. Aneesa A., Rosemary M., Chaitali G. Drug Delivery Challenges in Brain Disorders across the Blood–Brain Barrier: Novel Methods and Future Considerations for Improved Therapy // *Biomedicines*. 2021. Vol. 9. № 12. P. 1834-1845.
2. Is the blood-brain barrier really disrupted in all glioblastomas? A critical assessment of existing clinical data / J. Sarkaria [et al.] // *Neuro Oncol*. 2018. V. 22, N 2. P. 184-191.
3. Bevacizumab (Avastin®) in cancer treatment: A review of 15 years of clinical experience and future outlook // J. Garcia [et al.] // *Cancer Treatment Reviews*. 2020. V. 83, N 5. P. 237-249.
4. Shih T., Lindley C. Bevacizumab: an angiogenesis inhibitor for the treatment of solid malignancies // *Clin. Ther*. 2006. V. 28, N 11. P. 1779-1802.

Использование гетероконцентральной модели для отображения консортивных связей между членистоногими нидиколами и гнездом береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) в Саратовской области

Е.Н. Кондратьев

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
eugene.n.kondratyev@gmail.com

Ключевые слова: нидиколы, береговая ласточка, консорция, гетероконцентровая модель.

Гнезда птиц представляют собой микробиоценозы, в которых складываются особые условия для обитания многочисленных видов членистоногих и не только их [9, 10, 13]. Специфичность гнездовой фауны, ее дифференциация по топическим и трофическим связям с хозяином гнезда дали возможность рассматривать гнездо как консорцию [2], где членистоногие, выступают в качестве консортов, концентрируются вокруг гнезда и его хозяина, который выступает в качестве ядра консорции (источника трофических и топических ресурсов). В отличие от классического определения консорции [6, 11] здесь нет продуцента, поэтому гнезда рассматриваются как гетеротрофные консорции [3, 5].

Целью работы было проанализировать разнообразие членистоногих и, обитающих в гнездах береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) на территории Саратовской области и составить гетероконцентровую модель. Исследования являются продолжением авторского изучения состава нидиколов гнезд береговой ласточки в регионе Нижнего Поволжья [1, 4, 12].

Материал был собран с 2019 по 2021 г. из гнезд береговой ласточки (*R. riparia*) в следующих районах Саратовской области: Красноармейском, Лысогорском, Воскресенский, Ровенском, Энгельском, Хвалынском и Гагаринском районе МО г. Саратов. Всего было обследовано 167 гнезд. Гнездовой материал извлекали при раскапывании нор и помещали индивидуально в пронумерованные zip-пакеты, а затем разбирались с помощью эклектора Туллгрена 2-3 часа, а затем вручную. После проводилось определение видовой принадлежности членистоногих по стандартным методикам.

После определения материала и его подсчета была составлена гетероконцентровые модели консорций, включающие типы концентров, выделенных на основе консортивных связей [7,8].

Размеры концентров соответствуют числу входящих в них видов консортов. Наибольший концентр в модели определяет потенциальные размеры всех остальных (окружности, изображенные пунктирной линией). Реальные размеры концентров соответствуют фактическому числу входящих в них видов.

В представленной модели доминирующими (системообразующими) типами связей являются топические и трофические.

На трофическом уровне среди артропода доминируют эктопаразиты (*Ixodes lividus*, *Rhipicephalus sanguineus*, *Haemogamasus horridus*, *H. liponyssoides*, *Dermanyssus hirundinis*, *Androlaelaps casalis*, *Oeciacus hirundinis*, *Leptoconops borealis*, *Ceratophyllus styx*), питающиеся на хозяине гнезда – береговой ласточке (*R. riparia*). На втором месте зоофаги (*Cheiridium museorum*, *Chernes cimicoides*, *Cyrtolaelaps* sp., *Rhodacarellus* sp., *Euryparasitus tori*, *Geholaspis mandibularis*, *Lasioseius muricatus*, *Protogamasellus mica*, *Melichares* sp., *Hypoaspis aculeifer*, *H. expolitus*, *H. miles*, *Haploglossa nidicola*, *H. picipennis*, *Falagrioma thoracica*, *Leptacinus sulcifrons*, *Sepedophilus obtusus*, *Saprinus rugifer*, *Lampyrus noctiluca*), использующие в пищу в первую очередь эктопаразитов но так же и других членистоногих из гнезда и фитофаги (*Ameroseius delicatus*, *H. brevipilis*, *H. heselhausi*, *H. zachvatkini*, *H. lubrica*, *Sphaerolichus* sp., *Halotydeus* sp., *Campodea plusiochaeta*, *Proisotoma minuta*, *Desoria* sp., *Tomocerus vulgaris*, *Pseudosinella sexoculata*, *Entomobrya* sp., *Lepidocyrtus* sp., *Arrhopalites* sp., *Mesaphorura yosii*, *Hemisotoma thermophila*, *Seira squamoornata*, *Liposcelis divinatorius*, *Lepinotus reticulatus*, *Aptinothrips styliifer*, *Chirothrips manicatus*, *Thrips* sp., *Haplothrips tritici*, *Berytinus clavipes*,

Agrilus hyperici, *Cytilus sericeus*, *Chaetocnema hortensis*, *Acompsia cinerella*, *Brachmia dimidiella*, *Rhyacia simulans*, *Epermenia ochreomaculella*, *Acleris forsskaleana*, *Cochylidia implicitana*, *Borkhausenia fuscescens*, *Caloptilia fidella*, *Laodamia faecella*, *Loxostege sticticalis*, *Polypogon tentacularia*, *Ctenosciara hyalipennis*, *Lycoriella* sp., *Phytosciara porrecta*, *Gitona* sp., *Agathomyia* sp., *Megaselia flavicoxa*, *M. elongate*, *Metopina* sp.), питающиеся растительными частями гнезда. Менее всего представлены сапрофаги (*Nenteria* sp., *Pachylaelaps perlucidus*, *Siteroptres* sp., *Scutovertex sculptus*, *Damaeus* sp., *Pleurophorus caesus*, *Plagiogonus arenarius*, *Dermestes lanarius*, *Sericoderus lateralis*, *Xyleborinus saxeseni*, *Anthicus flavipes*, *Corticaria* sp., *Corticaria crenulata*, *Blaps lethifera*, *Niditinea fuscella*, *Infurcitinea rumelicella*, *Epicypsa scatophora*), питающиеся разлагающимися остатками как растительного, так и животного происхождения, полифаги (*Tetramorium* sp., *Solenopsis fugax*, *Lasius flavus*, *L. alienus*, *Myrmica rubra*, *Formica rufa*, *Camponotus aethiops*), питающиеся разнообразной растительной и животной пищей и афаги (*Sycorax silacea*, *Kiefferulus tendipediformis*, *Schwenckfeldina carbonaria*).

По топическим связям гнездо можно рассмотреть как консорцию, где представлены два вида взаимодействия детерминанта и консорта: субстратные (*I. lividus*, *H. horridus*, *H. liponyssoides*, *D. hirundinis*, *A. casalis*, *O. hirundinis*, *C. styx*, *N. fuscella*, *I. rumelicella*) и субстратно-стациональные (*Cyrtolaelaps* sp., *E. tori*, *H. miles*, *H. lubrica*, *A. siro*, *L. divinatorius*, *H. nidicola*, *H. picipennis*, *S. rugifer*, *D. lanarius*) связи.

Список литературы:

1. Аникин В.В., Кондратьев Е.Н. Распределение экологических групп чешуекрылых (Lepidoptera, Insecta) в гнездах береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) на территории Саратовской области // Поволжский экологический журнал. 2022. № 2. С. 232-241.
2. Беклемишев В.Н. Популяции и микропопуляции паразитов и нидиколов // Зоологический журнал. 1959. Т. 38, № 8. С. 1128-1137.
3. Василевич В.И. Очерки теоретической фитоценологии. Л.: Наука, 1983. 248 с.
4. Кондратьев Е.Н., Корнеев М.Г., Поршаков А.М., Матросов А.Н. Гамазовые клещи гнезд береговой ласточки (*Riparia riparia* (Linnaeus, 1758)) на территории Саратовской области // Паразитология. 2021. Т. 55, № 4. С. 346-352.
5. Кривохатский В.А. Исследования обитателей нор млекопитающих СССР // Вестник Ленинградского Университета, серия 3. 1989. Т. 4, № 24. С. 13-18.
6. Мазинг В.В. Консорции как элементы функциональной структуры биогеоценозов // Труды МОИП. 1966. Т. 27, № 2. С. 117-126.
7. Негрбов В.В., Хмелев К.Ф. Консорционный анализ семейств кувшинковых Nymphaeaceae Salisb, бассейна Среднего Дона. Воронеж: ВГТУ, 1999. 184 с.
8. Негрбов В.В., Хмелев К.Ф. Современные концепции консорциологии // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2000. Вып. 2. С. 118-121.
9. Нельзина Е.Н. Структура норных микробиоценозов на примере малого суслика и некоторых видов песчанок // Паразитология. 1971. Т. 5, № 3. С. 266-273.
10. Нельзина Е.Н. Основные таксономические группировки организмов, участвующие в формировании гнездово-норных микробиоценозов // Паразитология. 1977. Т. 11, № 4. С. 326-332.
11. Работнов Т.А. Некоторые вопросы изучения ценологических популяций // Бюллетень МОИП, отделение биологии. 1969. Т. 74, № 1. С. 147-149.
12. Сажнев А.С., Кондратьев Е.Н. Жесткокрылые (Insecta: Coleoptera) из нор ласточек береговушек *Riparia riparia* (Linnaeus, 1758) (Aves: Hirundinidae) Саратовской области // Полевой журнал биолога. 2020. Т. 2, № 4. С. 276-281.
13. Hicks E.A. Check-list and bibliography on the occurrence of insects in bird's nests. The Iowa State College Press, Iowa, 1959. 681 p.

Генетический полиморфизм в популяциях *Globularia L.* Восточно-Европейского фрагмента ареала

А.О. Кондратьева, Т.А. Крицкая, А.С. Пархоменко, А.С. Кашин

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
porova.ao@mail.ru

Ключевые слова: генетический полиморфизм, *Globularia bisnagarica*, *Globularia trichosantha*.

Целью данного исследования являлось изучение генетической изменчивости в 29-ти популяциях двух редких, реликтовых видов-кальцефилов *Globularia bisnagarica* L. и *Globularia trichosantha* Fisch. et Mey. в пределах фрагментов их дизъюнктивных ареалов, значительно удаленных от основной территории распространения.

Несмотря на наличие ряда исследований этих двух видов на территории основных частей их ареалов, молекулярно-генетический полиморфизм популяций, слагающих значительно изолированные фрагменты ареалов ранее не изучался. Поэтому совершенно неопределённым остаётся вопрос об уязвимости генофонда этих видов и степени риска потери их биоразнообразия при исчезновении отдельных популяций или частей ареала, а также влияния их длительной изоляции друг от друга на генетическую структуру.

Для анализа всей выборки использовали межгенный транскрибируемый спейсер рибосомной ДНК (ITS1-5.8S-ITS2), который амплифицировали при помощи праймеров ITS-1 и ITS-4 [1]. Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили в объеме 50 µl. Реакционная смесь содержала 10 µl готовой реакционной смеси MaGMix (Dialat Ltd., Москва, Россия), 35 µl деионизированной воды, 3.4 pmol каждого праймера и 5 µl исходной ДНК. Секвенирование проводили на секвенаторе ABI PRISM 3130 XL с использованием набора реактивов BIG DYE TERMINATOR kit ver. 3.1 согласно протоколу производителя на базе компании «Синтол» (Москва, Россия). Прямые и обратные последовательности редактировали и выравняли вручную в программе BioEdit 7.0.5.3. [2]. Полученные последовательности ДНК депонированы в базе данных GenBank (ON406420, ON416865-67). В анализ были включены последовательности других видов *Globularia*, доступные в GenBank.

В изученных популяциях *G. bisnagarica* восточноевропейского фрагмента ареала обнаружена полная генетическая однородность как по хлоропластным, так и по ядерным маркерам. Более того, и на протяжении всего ареала этого вида, включая западноевропейские образцы (KP278480, MG428585 и MG428531), в выравнениях ITS-региона рДНК не обнаружено ни одной замены/индела. Отличие между образцами западноевропейского (KT853056, KT853069, MG428461) и восточноевропейского (ON416865) фрагментов ареала *G. bisnagarica* обнаружено только в регионе *trnL-trnF* хлДНК в виде делеции 10-ти нуклетидов (AGGATGAAGG) у всех образцов восточноевропейских популяций.

Генетическая однородность в изученных популяциях *G. trichosantha* менее выражена. Одна мутация в гене *rbcL* хлоропластной ДНК отличает образцы, собранные в Кавказском биосферном заповеднике (OP313103), от образцов из Горного Крыма (OP313104). При сравнении полученных последовательностей ITS-региона *G. trichosantha* с западноевропейскими и анатолийскими образцами наблюдается противоречивая картина (рисунок). Это противоречие вносит образец, взятый из коллекции Ботанического сада Университета Филиппа (Марбург, Германия). Если пренебречь им, то риботип, встречающийся у образцов восточноевропейского фрагмента ареала (OP289318), и турецкий риботип (MG428595) *G. trichosantha* отличаются по двум заменам между собой и по трем заменам и одному инделу – от риботипа *G. bisnagarica*.

Образец из Германии имеет лишь одну общую замену с указанными выше риботипами *G. trichosantha*, остальная последовательность была полностью идентична таковой *G. bisnagarica*. Учитывая это и то, что данный образец был взят из коллекции ботанического сада, обоснованно предположить, что он является продуктом межвидовой гибридизации между *G. bisnagarica* и *G. trichosantha*.

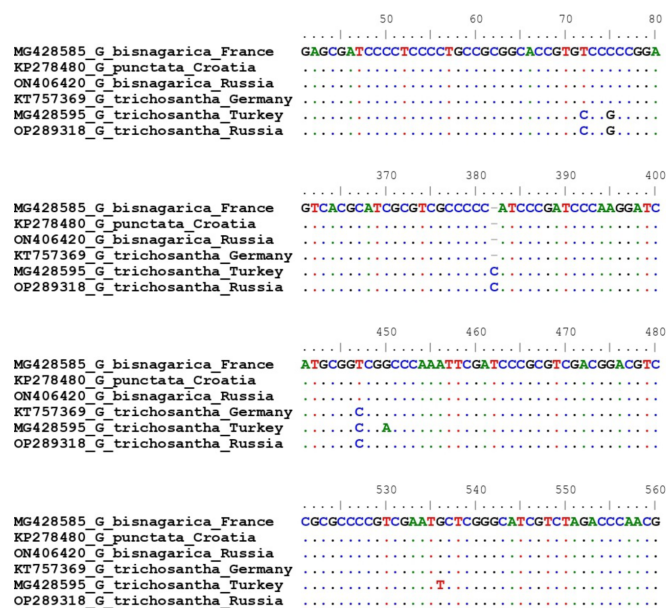


Рисунок – Фрагменты выравниваний последовательностей ITS *G. bisnagarica* и *G. trichosantha*, содержащие замены или инделы

G. trichosantha от *G. bisnagarica* также отличают 6 замен и 1 индел в регионе *trnL-trnF* (OP313101, ON416865), 1 замена – в гене *rbcL* (OP313104, ON416866) и 6 замен – в гене *rpS16* (OP313102, ON416867). Изученные нами последовательности *G. trichosantha* в перечисленных локусах хлДНК идентичны западноевропейским гаплотипам (кроме кавказской популяции, имеющей одну замену в гене *rbcL*).

Учитывая, что гаплотипы хлДНК *G. trichosantha* идентичны у всех западноевропейских образцов, включая образец, взятый из коллекции Ботанического сада Университета Филиппа (Марбург, Германия), и, допуская гибридную природу последнего, обоснованно предположить, что в этой гибридной комбинации материнским родителем выступала *G. trichosantha*.

Таким образом, в отличие от *G. bisnagarica*, *G. trichosantha* показывает более выраженный генетический полиморфизм, в основном совпадающий с разделенностью естественными географическими барьерами в виде морей и горных систем (Крым – Кавказ – Анатолия).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-74-00004.

Список литературы:

1. White T.J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. PCR Protocols: a guide to methods and applications. San Diego: Academic Press, 1990. P. 315-322.
2. Hall T.A. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT // Nucleic Acids Symposium Series. 1999. V. 41. P. 95-98.

**Ответные реакции *Triticum aestivum* L. на обработку липополисахаридом
эндофитных видов гербаспирилл**

Н.К. Кондюрина^{1,2}, Н.С. Величко¹

¹ Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов

ФИЦ «Саратовский научный центр РАН», Саратов, Россия

² Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

natasha.kondyurina@gmail.com

Ключевые слова: симбиоз, *Herbaspirillum*, растительно-микробные взаимодействия, ответные реакции растений, липополисахарид.

Почвенный микробиом – источник формирования эндофитной микрофлоры, определяющей питание растений, их устойчивость к патогенам и абиотическим стрессам. На ранних стадиях формирования ассоциаций любые микроорганизмы распознаются как «чужие», что приводит к инициации неспецифического фитоиммунитета. В случае симбиоза бактерии блокируют или «обходят» защитные системы хозяина, выделяя целый набор физиологически активных соединений, обеспечивающих их проникновение в растительную ткань и реализацию серий быстрых, а также длительных физиологических реакций [1]. Одними из таких элиситоров являются трехкомпонентные молекулы липополисахаридов (ЛПС), закрепленные во внешней мембране грамотрицательных бактерий при участии погруженных в фосфолипидный бислой липидов А и экспонированные в окружающее пространство углеводными составляющими, представленными коровыми олигосахаридами и О-специфическими полисахаридами (ОПС) [2]. Показано, что ЛПС принимает участие в формировании врожденного и адаптивного иммунного ответа как у животных, так и у растений [1]. Обработка препаратом ЛПС приводит к увеличению уровня генерации активных форм кислорода в растительных клетках, экспрессии белков, связанных с патогенезом, индукции системной устойчивости, а также подавляет запрограммированную гибель клеток [1]. Однако молекулярный механизм этих биологических реакций, а также связанные с ними каскады передачи сигналов, в значительной степени неизвестны. Для понимания иммунного ответа растений и особенностей межклеточных взаимодействий на молекулярном уровне особо остро встает проблема изучения взаимосвязи между структурой ЛПС бактериальных агентов и их способностью индуцировать системную устойчивость хозяина.

Род *Herbaspirillum* представляет особый интерес в связи с повсеместным распространением в окружающей среде [3] и множеством метаболических способностей, благодаря которым они оказывают положительное влияние на растения через прямые или косвенные механизмы. Особый интерес вызывают эндофитные представители этой группы. Для *Herbaspirillum* отмечены сложные специфические взаимоотношения с растением-хозяином на молекулярно-генетическом уровне. Отмечена важная роль ЛПС гербаспирилл в процессах адгезии, инфицирования, подавления реакции защиты растений и синтеза ими противомикробных соединений [4]. Информация об участии ЛПС гербаспирилл в индукции антиоксидантных ферментов и, как следствие, повышении защитных реакций растений отсутствует. Исследования в этом направлении позволят получить фундаментальные знания и развить биологические подходы для использования в практике экологически ориентированного сельского хозяйства. Цель данной работы заключалась в изучении влияния структурно различных ЛПС гербаспирилл на ранние этапы роста и индукцию развития окислительного стресса, регистрируемого с помощью измерения содержания перекиси водорода и степени перекисного окисления липидов в тканях проростков *T. aestivum* L. сорта Саратовская 29.

Для оценки ростстимулирующего действия структурно охарактеризованных препаратов ЛПС определяли морфометрические показатели проростков пшеницы сорта Саратовская 29. При выращивании проростков в водной культуре было установлено позитивное влияние обработки препаратами ЛПС гербаспирилл на ранние этапы развития растений, что

выражалось в увеличении длины корней, а также их суммарной массы. На 10 сутки показатели сырой массы корней, обработанных ЛПС в концентрации 10 и 100 мкг мл⁻¹ были выше, чем у необработанных. Обработка ЛПС также приводила к увеличению количества корней.

ЛПС, в числе других бактериальных экзометаболитов, выполняют множественные функции, включая активацию неспецифического иммунитета. Для анализа развития окислительного стресса и изучения адаптационных свойств растений пшеницы при обработке зерновок препаратом ЛПС была исследована активность фермента-антиоксиданта (каталазы) и продуктов перекисного окисления липидов. Продуктом перекисного окисления мембран является малоновый диальдегид (МДА), по содержанию которого можно судить о степени развития окислительного стресса в растительных тканях. В ходе эксперимента было установлено, что у проростков пшеницы, не обработанных препаратом ЛПС, происходило накопление МДА в корнях. У проростков, обработанных ЛПС, накопления МДА в корнях не происходило, что может свидетельствовать о том, что в данном случае процессы перекисного окисления шли менее интенсивно по сравнению с необработанным контролем.

Одной из наиболее хорошо изученных неспецифических защитных реакций растений является изменение содержания пероксида водорода в клетках, который не только обладает противомикробной активностью, но и может активно влиять на деятельность сигнальных каскадов. При обработке семян пшеницы образцами ЛПС в концентрации 10 и 100 мкг мл⁻¹ наблюдалась тенденция снижения содержания пероксида водорода в корнях ранних проростков пшеницы по сравнению с контролем. Из литературных источников известно о способности полисахаридов бактерий участвовать в подавлении реакции защиты растений и синтеза ими противомикробных соединений. ЛПС гербаспирлл, как основные поверхностные компоненты бактериальной клетки, вероятнее всего, участвуют в формировании эффективного симбиоза, не вызывая при этом реакций защиты, или же растение таким образом регулирует возможность проникновения эндофитных бактерий внутрь корня.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-24-00421.

Список литературы:

1. Dow M., Newman M.A., Von Roepenack E. The induction and modulation of plant defense responses by bacterial lipopolysaccharides // *Annu. Rev. Phytopathol.* 2000. V. 38. P. 241-261.
2. Newman M.A., Dow J.M., Molinaro A., Parrilli M. Priming, induction and modulation of plant defence responses by bacterial lipopolysaccharides // *J. End. Res.* 2007. V. 13. P. 69-84.
3. *Herbaspirillum* / F.P. Matteoli [et al.] // *Beneficial Microbes in Agro-Ecology.* 2020. V. 23. P. 493-508.
4. Lipopolysaccharide O-antigen molecular and supramolecular modifications of plant root microbiota are pivotal for host recognition / A. Vanacore [et al.] // *Carbohydr. Polymers.* 2022. Vol. 277. P. 118839.

Субстратный спектр углеводородокисляющих микроорганизмов почв г. Когалыма*А.С. Коробейникова, Е.В. Глинская, Е.В. Плевакова*Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
korobeinikovaanastasija@yandex.ru

Ключевые слова: почва, нефтяное загрязнение, микроорганизмы, субстраты.

В настоящее время в результате антропогенной деятельности происходит широкомасштабное загрязнение окружающей среды токсичными веществами. Нефть и нефтепродукты являются основными загрязнителями окружающей среды. Их потери при добыче, транспортировке, переработке и хранении оказывают значительную нагрузку на почву, что проявляется в ухудшении ее морфологических и физико-химических свойств, угнетении самоочищающей способности и негативных изменениях развития и функциональной активности организмов почвенного биоценоза [1, 2]. Нефтяное загрязнение отличается от других антропогенных воздействий тем, что оно дает не постоянную, а «залповую» нагрузку на среду, вызывая быструю ответную реакцию. При оценке последствий такого загрязнения не всегда можно однозначно судить о возможности возврата экосистем к их устойчивому состоянию [2]. Среди методов, снижающих концентрацию нефти в почвах, находят широкое применение биологические методы, основанные на естественных процессах разложения нефти, в которых принимают участие микроорганизмы, окисляющие углерод, такие как бактерии, грибы и дрожжи. Эти микроорганизмы широко распространены в природных экосистемах и способны использовать нефть и нефтепродукты в качестве источника углерода и энергии. Это позволяет снизить содержание углеводородов при низких эксплуатационных затратах и простоте решения [3 - 5].

Целью исследования было изучение субстратного спектра почвенных бактерий, использующих углеводороды в качестве единственного источника углерода и энергии.

Работа проводилась на базе кафедры микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского.

Объектом исследования являлись углеводородокисляющие микроорганизмы, выделенные из почв антропогенно нарушенных территорий г. Когалыма Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО), Тюменской области - основного нефтегазоносного района России [6].

Для изучения субстратного спектра углеводородокисляющих бактерий использовали следующие субстраты: сырая нефть Соколовогорского нефтяного месторождения (Волго-Уральский нефтяной бассейн, Саратов, Россия), а также ряд индивидуальных углеводородов: n-алканы – гексан, гептан, декан, гексадекан; ароматические соединения – толуол, фенол.

Способность микроорганизмов использовать нефть определяли с помощью чашечного метода Мак-Кланга, согласно которому отмечали наличие роста культуры вокруг и внутри капель углеводородного субстрата на поверхности плотной минеральной среды. Многокомпонентные субстраты стерилизовали отдельно и вносили в агаризованную среду М9 при равномерном перемешивании в момент розлива среды в чашки Петри. Конечная концентрация субстратов составляла 0,4 г/л [7].

Способность бактерий к деструкции индивидуальных углеводородов определяли с помощью метода лунок [8]. Субстрат вносили в лунку диаметром 8 мм, проделанную стерильным пробочным сверлом в центре агаризованной минеральной среды М9 на чашке Петри. Вокруг лунки с субстратом осуществляли посев культур штрихом. Культивирование проводили одновременно и на твердом субстрате, и в парах углеводородов, за счет их равномерной диффузии и частичного испарения. Учет результатов осуществляли на 1-7-е сутки после инкубации в термостате при 28 °С. О деструкции углеводородов судили по интенсивности роста тест-культур.

В ходе проведенных исследований было показано, что *B. alcalophilus*, *B. psychrodyrans*, *B. halodurans* и *B. funiculus* способны разлагать все исследуемые субстраты, кроме фенола, *B. niacini*, помимо фенола, не способен разлагать толуол, а *Curtobacterium flaccumfaciens* из всех указанных субстратов способен только к деструкции гептана и гексана (таблица).

Таблица - Субстратный спектр углеводородокисляющих микроорганизмов

Субстрат	Штаммы					
	<i>B. alcalophilus</i>	<i>B. funiculus</i>	<i>B. halodurans</i>	<i>B. niacini</i>	<i>B. psychrodyrans</i>	<i>C. flaccumfaciens</i>
Нефть	+	+	+	+	+	-
Толуол	+	+	+	-	+	-
Фенол	-	-	-	-	-	-
Гексадекан	+	+	+	+	+	-
Гептан	+	+	+	+	+	+
Гексан	+	+	+	+	+	+
Декан	+	+	+	+	+	-

Полученные в результате исследования данные можно использовать для комплексного подхода при биоремедиации урбосистем и прогнозирования состояния антропогенно нарушенных территорий. Проведенное изучение субстратного спектра углеводородокисляющих бактерий, выделенных из проб почв г. Когалыма, открывает перспективы использования данных видов в качестве активных деструкторов нефтепродуктов, в том числе, в районах Крайнего Севера.

Список литературы:

1. Никонов А.Н., Потапова С.О. Нефтяная промышленность, как один из серьезных загрязнителей окружающей среды // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. Т. 1, № 9. С. 666-673.
2. Дурыгина Е.Г. Нефтепродукты в морской среде // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2011. № 17. С. 122-130.
3. Тусупова Ж.Б., Мелдекул Д.Е. Эффективность очистки нефтезагрязненных почв с использованием микроорганизмов // Молодой ученый. 2022. № 18 (413). С. 522-524.
4. Гоголева О.А., Немцева Н. В. Углеводородокисляющие микроорганизмы природных экосистем // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2012. № 2. С. 1-7.
5. Биоремедиационный потенциал аборигенных микроорганизмов чернозема южного / Д.М. Успанова [и др.] / Поволжский экологический журнал. 2022. № 2. С. 216-231.
6. Коробейникова А.С., Мурзина Ю.И., Глинская Е.В., Плешакова Е.В. Численность микроорганизмов в составе почвенных микробсообществ г. Когалым // Исследования молодых ученых в биологии и экологии: Сборник научных статей. Саратов, 2022. С. 57-58.
7. Теппер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. М.: Колос, 1993. 175 с.
8. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. Практ. пособие / под ред. Н. С. Егорова. 2-е изд. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 251 с.

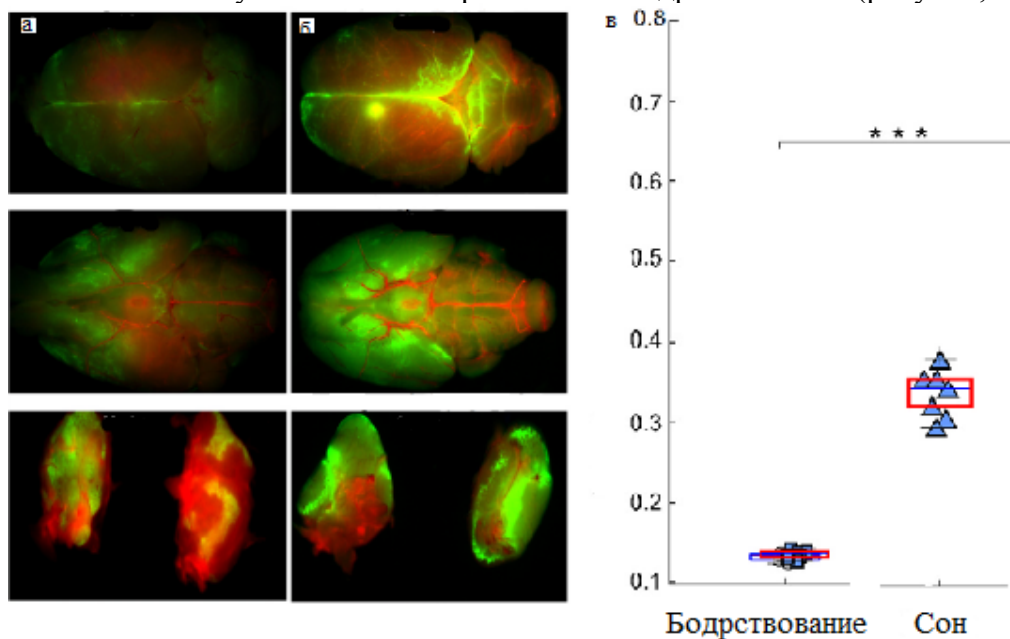
Активация лимфодренажной системы мозга во время сна у крыс*В.В. Крупнова, И.А. Блохина, О.В. Семячкина-Глушкова*Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
krupnova_0110@mail.ru

Ключевые слова: лимфодренажная система головного мозга, гематоэнцефалический барьер, электроэнцефалография, нелинейный анализ.

Лимфодренажная система головного мозга (ЛДСГМ) выполняет важную функцию выведения метаболитов и токсинов из его тканей, обеспечивая гомеостаз в центральной нервной системе (ЦНС). Нарушение функций ЛДСГМ лежит в основе развития большого числа заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера и Паркинсона, опухоли головного мозга, внутричерепные кровоизлияния [1-3]. Однако, несмотря на важную роль ЛДСГМ, мало известно об природе и механизмах ЛДСГМ. Считается, что сон является естественным состоянием, при котором активируется ЛДСГМ [4,5]. Это сопровождается специфическими изменениями в электрических характеристиках головного мозга, которые могут быть выявлена на электроэнцефалографии (ЭЭГ). Целью данного исследования явилось изучение активации ЛДСГМ по оптической визуализации движения трейсера в тканях головного мозга и по ЭЭГ показателям во время сна у крыс.

Исследования проводили на самцах крыс, у которых детектировали сон по ЭЭГ-параметрам, а также изучали в режиме реального времени активацию ЛДСГМ во время сна по конфокальному мониторингу диффузии трейсера – флуоресцеинизотиоцианат (FITC)-декстрана 70 кДа (FITCD) в тканях головного мозга.

Результаты выявили, что активная диффузия FITCD в тканях головного мозга наблюдается при появлении дельта-ритма в ЭЭГ-паттерне, что свидетельствует об активации ЛДСГМ в состоянии глубокого сна. Во время бодрствования (ЭЭГ альфа- и бета-ритм), а также в состоянии дремоты (ЭЭГ тета-ритм), распространение красителя по тканях головного мозга минимально (рисунок, а и б). Активация ЛДСГМ сопровождается выведением FITCD из тканей головного мозга в глубокие шейные лимфоузлы, что было также было наиболее выражено в состоянии глубокого сна по сравнению с бодрствованием (рисунок, в).



а и б – конфокальная микроскопия диффузии FITCD из правого бокового желудочка в ткани головного мозга с последующим наклплением красителя в глубоких шейных лимфоузлах крыс в бодрствовании и во время сна; в – Количественный анализ накопления FITCD в глубоких шейных лимфоузлах крыс в бодрствовании и во время сна, *** - $p < 0.0001$ между группами, тест Манна-Уитни-Уилкоксона, $n=7$.

Рисунок – Конфокальный анализ активации ЛДСГМ во время сна у крыс

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют об активации ЛДСГМ в состоянии глубокого сна или дельта-активности головного мозга, что может быть изучено с помощью *in vivo* конфокальной микроскопии и ЭЭГ-анализа. Полученные результаты являются важной информативной платформой для дальнейшего изучения механизмов активации ЛДСГМ во время сна и развития методов диагностики функций ЛДСГМ и их нарушения с целью прогнозирования болезней мозга, связанных с нарушениями ЛДСГМ.

Исследования выполнены за счет гранта Российского научного фонда № 23-75-30001 и Правительственного гранта № 075-15-2022-1094.

Список литературы:

1. Meningeal lymphatic vessels regulate brain tumor drainage and immunity / X. Hu [et al.] // *Cells*. 2020. V. 30. P. 229-243.
2. Meningeal lymphatics clear erythrocytes that arise from subarachnoid hemorrhage / J. Chen [et al.] // *Nature Portfolio*. 2020. V. 11. P. 3159-3161.
3. Impaired meningeal lymphatic drainage in patients with idiopathic Parkinson's disease / X. B. Ding [et al.] // *Nature Portfolio*. 2021. V. 27. P. 411-418.
4. Sleep drives metabolite clearance from the adult brain / L. Xie [et al.] // *Science*. 2013. V. 342. P. 373-377.
5. Sleep as a novel biomarker and a promising therapeutic target for cerebral small vessel disease: a review focusing on Alzheimer's disease and the blood-brain barrier / O. Semyachkina-Glushkovskaya [et al.] // *Int. J. Mol. Sci*. 2020. V. 21. P. 6293-6294.

**Перспективы использования ассоциативных бактерий
томата (*Solanum lycopersicum* L.) для борьбы с фитопатогенами**

Ю.А. Курочкина, А.М. Петерсон

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
julkurochkina@yandex.ru

Ключевые слова: *Solanum lycopersicum*, фитопатогены, антагонизм.

Томаты (*Solanum lycopersicum*) составляют неотъемлемую часть рациона человека из-за содержания в них важных питательных веществ, поэтому широко культивируются в нашей стране. Однако из-за поражения фитопатогенами происходят огромные потери урожая как в процессе вегетации, так и при хранении плодов [1]. Целью данного исследования стал поиск ассоциативных бактерий растений томата, эффективных против комплекса фитопатогенов, вызывающих заболевания *Solanum lycopersicum* на территории Саратовской области.

Материалом исследования послужили плоды и листья томатов, выращенные в Энгельском районе Саратовской области. В работе были использованы штаммы грибов, выделенные с растений томатов, имеющих различные патологии: *Trichoderma* sp. 20, *Rhizopus stolonifer* 7, *Alternaria solani* 102, *Trichoderma viride* 99, *Alternaria alternata* 5, *Apophysomyces jiangsuensis* 8, *Colletotrichum gloeosporoides* 97, *Cladosporium lycopersicum* 76, *Rhizopus* sp. 34, *Trichoderma hamatum* 21, *Penicillium lanosum* 71, *Trichoderma koningii* 11. Также использовалась коллекция микроорганизмов, выделенных с растений томата и обладающих антагонистической активностью по отношению к различным фитопатогенам: *Bacillus circulans* A46, *B. clausii* A39, *B. firmus* A29, *B. halodurans* A30, *B. cereus* A52.

Перед использованием микроорганизмов в борьбе с фитопатогенами вначале было необходимо убедиться в безопасности этих культур для самих растений томата. Для этого на поверхность плодов и листьев томата наносили суточную культуру бактерий и выдерживали их в чашках Петри во влажных камерах при температуре +25-28°C в течение 7 суток. В качестве контроля использовали плоды и листья, на которые наносился стерильный физиологический раствор. Ни один штамм бактерий-антагонистов не вызвал каких-либо патологических изменений на использованных фрагментах растений томата.

На первом этапе работы антагонистическая активность ассоциативных бактерий томатов по отношению к фитопатогенным грибам определялась на питательных средах с помощью диско-диффузионного метода. Грибы газонем высевали на среду PDA, затем накладывали диски с трехсуточными культурами бактерий-антагонистов. Эффективность их действия определялась по диаметру зон подавления роста фитопатогенных грибов. Оказалось, что многие использованные антагонисты способны подавлять рост фитопатогенов томатов (таблица).

**Таблица – Антагонистическая активность бактерий по отношению к фитопатогенным грибам
(диаметр зон подавления роста, М±m, мм)**

Фитопатогенные грибы	Бактерии				
	<i>B. circulans</i> A46	<i>B. clausii</i> A39	<i>B. halodurans</i> A30	<i>B. cereus</i> A52	<i>B. firmus</i> A29
<i>Alternaria alternata</i> 5	16±0,3	15±0,4	0	0	32±0,5
<i>Alternaria solani</i> 102	40±0,7	45±0,8	15±0,3	0	50±1,2
<i>Apophysomyces jiangsuensis</i> 8	0	0	0	0	36±0,7
<i>Cladosporium lycopersicum</i> 76	0	0	0	0	30±0,7
<i>Colletotrichum gloeosporoides</i> 97	0	0	0	0	22±0,4
<i>Penicillium lanosum</i> 71	0	0	0	25±0,2	22±0,3
<i>Rhizopus</i> sp. 34	0	0	0	0	30±0,8
<i>Rhizopus stolonifer</i> 7	0	0	0	0	24±0,6
<i>Trichoderma hamatum</i> 21	0	0	26±0,5	22±0,2	40±1,1
<i>Trichoderma koningii</i> 11	0	0	0	50±0,9	50±1,3
<i>Trichoderma</i> sp. 20	0	0	0	0	32±0,8
<i>Trichoderma viride</i> 99	18±0,5	22±0,4	20±0,4	23±0,3	36±0,8

Результаты данного эксперимента были обработаны с помощью дисперсионного анализа Крускала-Уоллиса (H-теста), основанного на рангах [2]. Наибольшей ранговой суммой обладал штамм *B. firmus A29*, следовательно, он является самым эффективным антагонистом среди исследуемых ассоциативных бактерий томата. Данный вид ранее использовался для создания биопрепарата против нематод и ветеринарных препаратов [3-4]. Для защиты томатов от фитопатогенов в составе биопрепаратов не применялся.

Далее была исследована способность *B. firmus A29* подавлять рост фитопатогенных грибов на поверхности плодов и листьев томатов в условиях *in vitro*. В пробирки с физиологическим раствором вносили культуру бактерии-антагониста и одного из фитопатогенных грибов. 0,1 мл полученной взвеси наносили на поверхность фрагментов плодов и листьев томата сорта Валентина, которые находились в чашках Петри с фильтровальной бумагой, смоченной физиологическим раствором.

На контрольные фрагменты наносили взвесь возбудителя в физиологическом растворе без добавления антагониста. Учет результатов проводили на 7 сутки.

На листьях рост фитопатогенов полностью отсутствовал как на опытных, так и на контрольных образцах. Контрольные образцы плодов были полностью поражены фитопатогенными грибами. На обработанных плодах полностью был подавлен рост *Rhizopus* sp 34 и *P. lanosum* 71, более слабый рост по сравнению с контролем был отмечен у *A. solani* 102, *T. viride* 99, *A. alternata* 5, *A. jiangsuensis* 8, *C. lycopersicum* 76 и *T. hamatum* 21.

Порчу томатов при хранении предположительно вызывают те же микроорганизмы, которые приводят к патологиям растений в течение вегетационного периода. Поэтому было исследовано влияние *B. firmus A29* на хранение плодов томата. Использовали томаты сортов Пилигрим и Сливка. Готовили бактериальную взвесь концентрацией 10^6 КОЕ/мл, обрабатывали ей плоды, которые помещали в пластиковые контейнеры и хранили при температуре +2 °С. Учет проводили через 1, 2 и 3 недели.

К концу эксперимента все плоды были поражены. Чаще всего порчу вызывали грибы родов *Alternaria* и *Penicillium*. Таким образом, использованный антагонист не сумел предотвратить развитие фитопатогенов на плодах томатов, так как появились другие возбудители порчи, против которых он оказался не эффективен.

Список литературы:

1. Национальный доклад о ходе и результатах реализации в 2021 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [Электронный ресурс]: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/60d/60d8f2347d3eb724-ab9b57c61a9ac269.pdf> (дата обращения: 20.02.23).
2. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. С. 352.
3. *Bacillus firmus* Strain I-1582, a nematode antagonist by itself and through the plant / Z. Ghahremani [et al.] // *Frontiers in plant science*. 2019. V.11, N 796. P. 1-37.
4. Пат. 2190016 Российская Федерация. Штамм *Bacillus firmus*, используемый для изготовления пробиотического препарата, предназначенного для профилактики и лечения бактериальных кишечных инфекций молодняка сельскохозяйственных животных / Л.С. Каврук, Р.П. Сотников. Заявка № 2001116689/13 от 21.06.2001; опубл. 27.09.2002, Бюл. №13.

Оценка морфогенетического потенциала *in vitro* у некоторых видов пасленовых

Л.И. Линкова, Т.А. Алаторцева

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
linkova.lyuba222@gmail.com

Ключевые слова: пасленовые, *in vitro*, морфогенез, каллусогенез, геммогенез.

Культура *in vitro* – перспективный способ воспроизводства растений, размножение которых сопряжено с определенными трудностями или невозможно по ряду причин в естественных условиях. В настоящее время метод успешно применяется в отношении представителей разных семейств растений, в том числе и пасленовых, обладающих важными для человека пищевыми, лекарственными и декоративными свойствами [1-3].

При введении в стерильную культуру любого растительного материала для его размножения необходима оценка его морфогенетического потенциала на различных питательных средах.

С этой целью в качестве объектов исследования нами были выбраны семь представителей семейства Solanaceae: межродовой гибрид петунии и калибрахоа – петхоа, *Petchoa* (Beautical Cinnamon), калибрахоа *Calibrachoa* (Aloha Double Orange), баклажан *Solanum melongéna* (сорт Универсал 6), петуния *Petunia hybrida* (Blanket Violet), декоративный дурман *Datura metel*, перец *Cápsicum ánnuum* (сорт Белозерка), физалис *Physalis pubescens* (сорт Сюрприз).

Для культивирования фрагментов листьев использовали агаризованную питательную среду MS, дополненную витаминами, сахарозой и фитогормонами. Всего испытано 6 вариантов с разным количественным соотношением ИУК и БАП.

В ходе эксперимента установлена неоднозначность реакций исследуемых объектов на условия культивирования. У эксплантов калибрахоа, перца, баклажана и физалиса ни на одном из испытанных вариантов среды не отмечалось тенденций к морфогенетическим преобразованиям. Только культивирование листовых фрагментов петхоа, петунии и дурмана оказалось более успешным. Для них был характерен одинаковый спектр морфогенетических процессов, включающий неморфогенный и морфогенный каллусогенез, а также прямой геммогенез. Интенсивность формирования новообразований на эксплантах изменялась в зависимости от генотипа донора и гормонального состава среды (таблица).

Появление неморфогенного каллуса отмечалась с разной частотой на всех апробированных вариантах питательной среды. Он развивался по краю среза экспланта и не был перспективным для получения регенерантов.

Морфогенный каллус мог формироваться в любой области экспланта и давал начало почкам, развивающимся в растения. Частота его образования варьировала у петунии до максимальной величины 65,6% (среда №3), у дурмана до 63,6 % (среда №4), у петхоа до 12,9 (среда №3), при отсутствии процесса на средах №1 и №5.

Прямой геммогенез – формирование почек непосредственно из клеток листовой пластинки, имел место у эксплантов трех донорных форм. Его появление на всех шести вариантах среды было установлено у петунии (41,2–62,6%) и дурмана (9,4–24,2%). У петхоа прямой геммогенез удалось наблюдать только на среде № 6 (3,1%) и №4 (6,9%), что свидетельствует о более низкой регенерационной активности этого растения.

Из проведенного эксперимента следует констатировать, что названные представители семейства пасленовых обладают в данных условиях *in vitro* разным морфогенетическим потенциалом, который в большей степени определяется генотипическими особенностями донора и в меньшей степени составом питательной среды.

Таблица – Результаты культивирования листовых фрагментов представителей семейства пасленовых

Генотип донорных растений	Питательная среда		Частота проявления морфогенеза, %		
	№ варианта	фитогормоны, мг/л	неморфогенный каллусогенез	морфогенный каллусогенез	прямой геммогенез
Петхоа Beautical Cinnamon	№ 1	ИУК – 0,5; БАП – 0,5	15,2	0	0
	№ 2	ИУК – 0,5; БАП – 1,0	9,4	3,1	0
	№ 3	ИУК – 1,0; БАП – 1,0	6,5	12,9	0
	№ 4	ИУК – 1,0; БАП – 2,0	3,4	10,3	6,9
	№ 5	ИУК – 2,0; БАП – 1,0	3,2	0	0
	№ 6	ИУК – 2,0; БАП – 4,0	6,3	6,3	3,1
Петуния Blanket Violet	№ 1	ИУК – 0,5; БАП – 0,5	2,9	38,2	41,2
	№ 2	ИУК – 0,5; БАП – 1,0	3,0	42,4	42,4
	№ 3	ИУК – 1,0; БАП – 1,0	6,3	65,6	62,5
	№ 4	ИУК – 1,0; БАП – 2,0	3,0	51,5	57,6
	№ 5	ИУК – 2,0; БАП – 1,0	6,3	34,4	59,4
	№ 6	ИУК – 2,0; БАП – 4,0	5,9	35,3	52,9
Дурман <i>Datura metel</i>	№ 1	ИУК – 0,5; БАП – 0,5	6,3	31,3	9,4
	№ 2	ИУК – 0,5; БАП – 1,0	5,9	32,4	14,7
	№ 3	ИУК – 1,0; БАП – 1,0	8,8	47,1	11,8
	№ 4	ИУК – 1,0; БАП – 2,0	6,1	63,6	24,2
	№ 5	ИУК – 2,0; БАП – 1,0	6,3	62,5	9,4
	№ 6	ИУК – 2,0; БАП – 4,0	3,2	3,2	9,7

Возможно, что индивидуальным подбором адекватных питательных сред и для других представителей семейства пасленовых можно добиться разнообразия морфогенетических реакций и высокого регенерационного потенциала *in vitro*.

Список литературы:

1. Beck M.J., Camper N.D. Shoot regeneration from petunia leaf discs as a function of explant size, configuration and benzyladenine exposure // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 1991. V. 26 (2). P. 101-106.
2. Смолеговец Д.В. Особенности выращивания *in vitro* микроклубней и их использование в оригинальном семеноводстве картофеля: автореф. дис. канд. с.-х. наук. М., 2008. 23 с.
3. Burbulis N., Blinstrubiene A., Jonytiene V. *In vitro* regeneration from leaf explants of *Petunia hybrida* L. // Propagation of Ornamental Plants. 2015. V. 15 (2). P. 47-52.

Фотостимуляция лимфатической доставки бевацизумаба в головной мозг мышей с глиобластомой

М.Б. Манжаева, И.А. Блохина, И.В. Федосов, О.В. Семячкина-Глушковская
Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
mariamang1412@gmail.com

Ключевые слова: ГЭБ, гематоэнцефалический барьер, ГБМ, глиобластома, бевацизумаб, фотостимуляция.

Гематоэнцефалический барьер (ГЭБ) является препятствием для доставки большинства противораковых препаратов в головной мозг и, в частности, для лечения глиобластомы. Несмотря на тот факт, что ГЭБ внутри глиобластомы разрушен, вокруг нее интактный ГЭБ в здоровых сосудах, по которым опухоль разрастается. Таким образом, эффективное лечение глиобластомы зависит от разработки безопасных методов доставки лекарств в ткани головного мозга в обход гемато-опухолевого барьера [1].

Целью исследования явилась разработка фототехнологии доставки БВЦ в ткани головного мозга мышей с глиобластомой через лимфатическую систему, минуя ГЭБ. Выбор данного дизайна исследований связан с нашими ранними результатами, указывающими на тот факт, что лимфатические сосуды глубоких шейных лимфоузлов и решетчатой кости являются «воротами» в головной мозг [2,3]. Ранее нами также показано, что лазерное воздействие (1267 нм) эффективно стимулирует лимфатическую систему и проницаемость ГЭБ [3-5]. На основании этого в данном исследовании изучали эффективность доставки бевацизумаба (БВЦ), противоопухолевого средства, в головной мозг мышей с глиобластомой на фоне применения фотовоздействия (ФС, 1267 нм) на шейные лимфососуды.

Результаты исследований выявили, что введение БВЦ в глубокие шейные лимфоузлы без ФС сопровождается его появлением в оболочках головного мозга мышей. Однако, в этих условиях БВЦ не проникает непосредственно в ткани головного мозга. Применением ФС существенно ускорило как интенсивность лимфатического переноса БВЦ из шейных лимфоузлов в оболочки головного мозга, но и его диффузию в периваскулярные пространства и распределение между ножками астроцитов (рисунок, данные конфокального *ex vivo* анализа). Эти результаты позволяют заключить, что ФС оказывает стимулирующие эффекты на лимфатическую доставку БВЦ непосредственно в ткани головного мозга мышей, минуя ГЭБ.

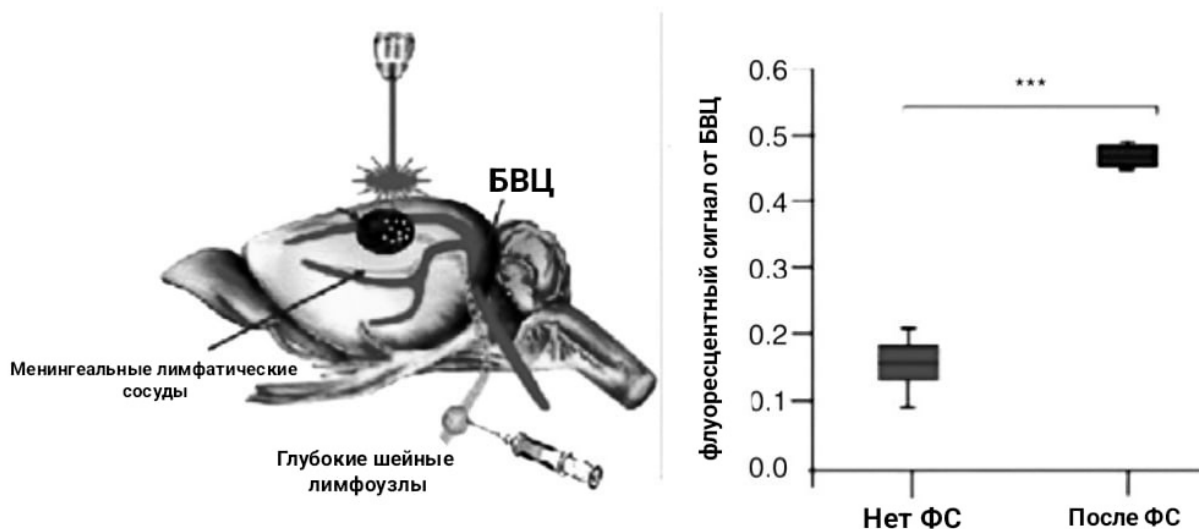


Рисунок – Схематичное изображение влияния фотостимуляции (ФС) на лимфатическую доставку БВЦ в головной мозг

Данные результаты согласуются с нашими теоретическим и экспериментальными исследованиями, указывающими на тот факт, что лимфатические узлы являются «воротами» для иммунной коммуникацией между мозгом и периферией, а также для доставки лекарственных препаратов в центральную нервную систему, минуя ГЭБ [3,5]. При этом ФС эффективно повышает эти процессы за счет повышения продукции оксида азота в лимфатическом эндотелии и его проницаемости [3, 6].

Исследования выполнены за счет гранта Российского научного фонда № 23-75-30001 и Правительственного гранта № 075-15-2022-1094.

Список литературы:

1. Photodynamic Opening of the Blood–Brain Barrier and the Meningeal Lymphatic System: The New Niche in Immunotherapy for Brain Tumors / O. Semyachkina-Glushkovskaya [et al.] // *Pharmaceutics*. 2022. V. 14. P. 36-51.
2. Intranasal delivery of liposomes to glioblastoma by photostimulation of the lymphatic system / O. Semyachkina-Glushkovskaya [et al.] // *Pharmaceutics*. 2023. V. 15, N 1. P. 12-29.
3. Photomodulation of lymphatic delivery of liposomes to the brain bypassing the blood-brain barrier: new perspectives for glioma therapy / O. Semyachkina-Glushkovskaya [et al.] // *Nanophotonics*. 2021. Vol. 10, № 12. P. 3215-3227.
4. Night Photostimulation of Clearance of Beta-Amyloid from Mouse Brain: New Strategies in Preventing Alzheimer’s Disease / O. Semyachkina-Glushkovskaya [et al.] // *Cells*. 2021. V. 10. P. 3289-3293.
5. Biophotonic Strategies of Measurement and Stimulation of the Cranial and the Extracranial Lymphatic Drainage Function / O. Semyachkina-Glushkovskaya [et al.] // *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*. 2021. V. 27, N 4. P. 1-13.
6. Photobiomodulation of lymphatic drainage and clearance: perspective strategy for augmentation of meningeal lymphatic functions / O. Semyachkina-Glushkovskaya [et al.] // *Biomedical Optics Express*. 2020. V. 11. P. 725-734.

Педагогическая модель мониторинга остаточных знаний у студентов, необходимых для изучения гистологии в вузе

М.Э. Максимов^{1,2}, А.Д. Максимова¹, Т.В. Перевозникова^{1,2}

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

²Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского, Саратов, Россия
maksimov93@yandex.ru

Ключевые слова: остаточные знания, педагогическая модель, гистология, входной контроль.

Ключевым требованием Федеральных государственных образовательных стандартов, которые разработаны для разных уровней образования, является формирование системы знаний у обучающихся как предметного результата учебной деятельности. Принцип преемственности среднего (полного) общего и высшего профессионального образования предполагает то, что эти предметные знания необходимы при обучении в вузе, что означает существование связи между общеобразовательной подготовкой школьника и общей и специальной подготовкой студента. В отношении абитуриентов биологических факультетов (БФ) и факультетов фундаментальной медицины и медицинских технологий (ФФМиТ) при освоении базовых и специальных дисциплин очень важен уровень их подготовки по биологии. Однако в практике преподавания базовых учебных дисциплин в вузе (в нашем случае - гистологии) преподаватели сталкиваются с существенными пробелами в знаниях по биологии, которые должны были быть сформированы в общеобразовательной школе согласно программам среднего (полного) общего образования. В данном случае речь идет о проблеме качества остаточных знаний (далее – ОЗ) по биологии. Под ОЗ обучающихся понимают определенный объем информации, полученный ими ранее в ходе обучения и хранящийся в их долговременной памяти, который необходим на новом этапе учебной и профессиональной деятельности. Формирование ОЗ проходит через несколько этапов их усвоения: понимание, узнавание, воспроизведение, применение и творчество. В вузе наиболее актуален мониторинг ОЗ, которые были получены в средней школе и прошли почти все этапы усвоения вплоть до применения и творчества, который может быть организован в виде входного контроля в начале изучения базовых дисциплин. В основу педагогической модели мониторинга ОЗ по биологии может быть положена технология полного усвоения знаний [1], которая включает следующие этапы:

1. Определяется содержание и структура предметных знаний, полученных в общеобразовательной школе, необходимых для изучения конкретной дисциплины в вузе. Для этого актуальный учебный материал разбивается на отдельные фрагменты (учебные единицы). Каждый фрагмент представляет собой целостный раздел учебного материала.

2. Определяются критерии оценки предметных знаний, полученных студентами в общеобразовательной школе, необходимых для изучения конкретной дисциплины.

В этом случае возникает проблема преемственности контролируемых требований (КТ) к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и контролируемых элементов содержания (КЭС) между школой и вузом. Система КТ и КЭС по биологии хорошо разработана для средней школы, тогда как в вузе итогами обучения являются достижения выпускниками универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций. Эти две системы зачастую описывают необходимые предметные знания в разных формулировках, хотя тематически они бывают очень близки. По нашему мнению, для входного контроля ОЗ в вузе могут быть применены КТ и КЭС, которые используются в системе Государственной итоговой аттестации.

3. Подготавливаются контрольно-измерительные материалы (КИМ) входного контроля, создаются ключи и балльно-рейтинговая шкала для анализа полученных результатов. Во время входного контроля перед началом курса также может быть организована самооценка

достаточности ОЗ, необходимых для изучения новой дисциплины. Это делает входной контроль личностно-значимым для самого студента, а, следовательно, может рассматриваться как метод мотивации к изучению новой дисциплины.

4. Анализ результатов и коррекция образовательного процесса по дисциплине на основе полученных результатов входного контроля, актуализация необходимых знаний и создание ситуаций для их применения в новых условиях, в том числе для научно-исследовательской деятельности. Выбираются актуальные формы и методы изучения материала, составляются обучающие материалы.

Предложенная выше педагогическая модель мониторинга ОЗ по биологии была апробирована у студентов 2 курса БФ, а также факультета ФФМиМТ СГУ им. Н.Г. Чернышевского, начинающих изучение базовой учебной дисциплины - гистологии. Применение входного контроля по биологии основывалось на использовании КТ и КЭС, а также КИМ, разработанных для выпускников средней школы, сдающих ЕГЭ. На основе материалов Федерального института педагогических измерений был составлен банк заданий по биологии базового и повышенного уровня сложности, а также несколько вариантов диагностической работы из 17 вопросов. Содержание заданий было направлено на диагностику КТ 2.7.1 и 2.7.3, а также таких КЭС, как 2.2 – 2.4; 2.7; 3.24 3.3; 5.1 – 5.5. Разработана балльно-рейтинговая шкала оценки знаний, в которой максимальное количество баллов составило 47. Недостаточным уровнем остаточных знаний, необходимых для изучения гистологии, считался порог менее 50% правильных ответов, что составило менее 28 баллов набранных баллов. Была также организована самооценка знаний, необходимых для изучения гистологии. Были получены следующие результаты (см. таблицу).

Таблица – Результаты мониторинга ОЗ по биологии у студентов БФ и ФФМиМТ (2022-2023 уч.год)

Факультет и направление подготовки	Средний балл ЕГЭ по биологии	Доля студентов, с достаточным уровнем ОЗ, на основе самооценки	Недостаточный уровень ОЗ. Доля студентов, имеющих менее 50% правильных ответов (менее 28 баллов)	Достаточный уровень ОЗ	
				Доля студентов, имеющих более 50% правильных ответов (более 28 баллов)	Из них доля студентов, имеющих высокобалльные результаты (40-47 баллов)
ФФМиМТ. Медицинская биохимия	-//-	5,5	44,5	55,5	5,5
ФФМиМТ. Медицинская кибернетика	71	16,7	5,5	94,5	27,8
ФФМиМТ. Медицинская биофизика	65	44,4	33,4	66,6	11,1
БФ. Биология	63	97,4	5,7	84,3	37,7
БФ. Педагогическое образование	61	85,0	28,5	71,5	24,5

В ходе исследования было отмечено, что около четверти студентов БФ и ФФМиМТ имеют недостаточный уровень остаточных знаний, необходимых для изучения гистологии в вузе. Наибольшие затруднения (выполнение 15-45%) вызвали вопросы, связанные с определением хромосомного набора клеток на разных стадиях митоза, мейоза, гаметогенеза; со строением рефлекторной дуги и зародыша амниот; вопросы на умение распознавать по рисунку фазы деления клетки, а также виды тканей человека; задания на соответствие между характеристиками и рисунками видов мышечной ткани, между зародышевыми листками и органами, которые из них формируются; задания на установление последовательности процессов свертывания крови и нейрогуморальной регуляции. Анализ результатов самооценки показывает, что около половины студентов осознают имеющиеся предметные затруднения, что необходимо учитывать в процессе учения и преподавания.

Список литературы:

Кларин М.В. Инновации в мировой педагогике: обучение на основе исследования, игры и дискуссии. (Анализ зарубежного опыта). Рига: НИЦ Эксперимент, 1995. 176 с.

Изучение влияния особенностей цвета среды обитания на окраску ящерицы прыткой *Lacerta agilis*

П.С. Мартынова

Самарский медико-технический лицей, Самара, Россия

miasseu9@gmail.org

Ключевые слова: *Lacerta agilis*, криптическая окраска, маскировка, механизм формирования окраски.

Большинство животных, какими бы грозными, сильными или неуловимыми они ни казались, являются пищей для других. Окрас животных часто можно объяснить средой обитания, с которой им необходимо слиться для того, чтобы быть незаметными, когда они сидят в засаде, готовясь к нападению на жертву, и когда потенциальная жертва, опасаясь быть съеденной, стремится слиться с зеленью листвы дерева или с золотым цветом выжженной солнцем травы. По утверждению зоологов, рептилии представляют собой наиболее удобные модельные объекты для изучения механизмов формирования окраски кожи. Ученые объясняют это широким разнообразием рисунков и расцветок, которые демонстрируются и ящерицами в том числе.

Несмотря на то, что прыткая ящерица принадлежит к наиболее распространенному виду рептилий и достаточно подробно описана в научной и научно-популярной литературе, вопрос об ее окраске остается до сих пор не до конца изученным. Поскольку известно, что окраска ящериц может меняться на протяжении жизни животного, встает вопрос, относится ли прыткая ящерица к животным, способным менять свою окраску при смене фона и существует ли именно у данного вида подобная взаимосвязь. Безусловно, существование подобных рептилий уже давно описано в различных источниках, например, наиболее ярко эта способность проявляется у древесного хамелеона. Однако нам нигде не удалось найти информацию о том, способны ли представители вида прытких ящериц маскироваться с использованием окраски субстрата и фона. Целью проведенного исследования стало изучение возможности изменения окраски (вариации цвета и рисунка) у взрослых особей прыткой ящерицы *Lacerta agilis* при смене цветового фона среды обитания.

Термин «окраска» обозначает «совокупность двух компонентов – цвета и рисунка. Использование этого термина в отношении биологических объектов предполагает сочетание цветового фона тела и рисунка» [1]. Кожа рептилий «способна генерировать широкий спектр цветовых сигналов» [4], причем организмы одного вида могут демонстрировать различия в окраске. В самом общем смысле ученые объясняют это явление работой генетического механизма, лежащего в основе «дивергенции — процесса расхождения признаков в процессе адаптации к разным условиям существования» [5], т.е. различия в окраске обусловлены приспособлением к разным условиям среды. При анализе литературы по теме исследования были выделены три группы факторов, которые могут повлиять на окраску рептилий (рисунок).

Необходимо обозначить, что окраска ящериц меняется под «давлением и воздействием химических соединений» [2] и способность ее смены непосредственно связана со зрением животного. Доказано, что «если повредить зрительный нерв животного, оно потеряет способность изменить цвет» [2]. Проще говоря, зрение посылает в мозг определенный сигнал, мозг, в свою очередь запускает работу механизма в пигментных клетках, которые называются хроматофоры (греч. «краску несущие»). Эти пигменты поглощают видимый свет на всех длинах волн, кроме определенного. У прытких ящериц «в самых нижних слоях дермы лежат меланофоры, а выше — хроматофоры, среди которых преобладают желтые ксантофоры и красные эритрофоры» [3].

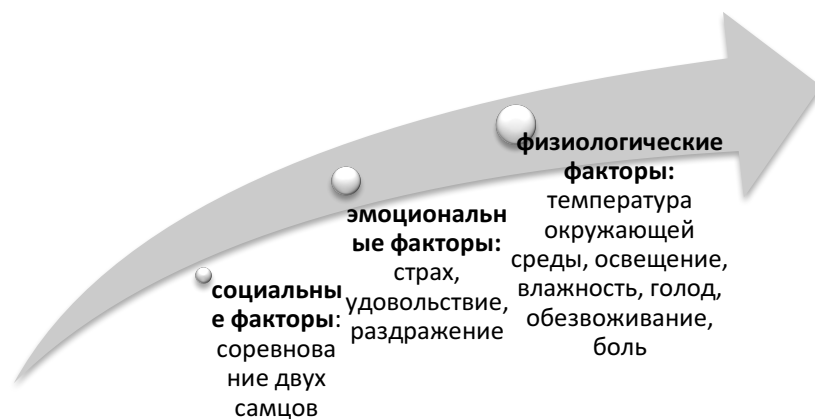


Рисунок - Факторы, влияющие на окраску рептилий

Окраска прыткой ящерицы зависит от пола и возраста животного. К тому же ученые отмечают существование значительной географической изменчивости окраски. Интересно отметить, что «авторы, изучавшие окраску ящериц в первой трети XX в., отмечают, "что основной цвет у большинства ящериц - серый, или серовато-бурый". Однако большой современный материал показывает, что в настоящее время основным цветом прыткой ящерицы является коричневый. Особи с серой окраской встречаются в популяциях как редкое исключение» [3]. Это свидетельствует об определенной хронографической изменчивости данного признака.

В ходе эксперимента мы помещали самца и самку прыткой ящерицы в террариум с монохромным цветом субстрата и фона на длительное время. Затем цвет среды меняли на контрастный. Очевидно, что рисунок и форма пятен не могут измениться при изменении среды, поэтому параметром, который вызвал исследовательский интерес для нас, являлся цвет. Определение наличия изменений в цвете подопытных образцов проводилось на всех этапах эксперимента. Для определения разницы нами была разработана исследовательская процедура с привлечением специальной компьютерной программы, фиксирующей разницу в цветовом спектре, зачастую незаметную человеческим глазом. Данная процедура повышает объективность исследования, и позволяет получить более точные данные для анализа.

На первом этапе эксперимента делались фотографические снимки подопытных рептилий, снимки загружались в приложение Ibis Paint, затем, с помощью инструмента «пипетка» находился цвет чешуи животного и в «параметрах цвета» определялся его код. Далее на сайте <https://sanstv.ru> в разделе «Сервисы» вводился код цвета, соответствующий стадии эксперимента и образцу животного. Полученные показатели сравнивались по нижеприведенным параметрам.

1) HSL — цветовая модель, в которой цветовыми координатами являются тон (доминирующая длина волны), насыщенность (степень отличия хроматического цвета от равного ему по светлоте ахроматического (серого)) и светлоты или относительная яркость (степень отличия данного цвета от черного). Светлота зависит от количества отражаемой энергии, а цветовой тон в основном определяется волновым составом отражаемого светового потока. В этом смысле светлоту можно рассматривать как количественную характеристику, а цветовой тон — как качественную особенность изолированного цвета, которая объективно присуща ему и которую можно выразить в единицах, характеризующих длину волны монохроматического излучения. Добавление насыщенности делает цвет темнее.

2) CMYK — субтрактивная схема формирования цвета. Цвет в CMYK зависит не только от спектральных характеристик пигментов, но и их количества.

Полученные результаты демонстрируют очевидное изменение параметров тона, насыщенности и светлоты, а также колебания в количестве цветовых пигментов. Особого внимания заслуживают параметры насыщенности и светлоты, которые подверглись наиболее значительным изменениям. Что касается количества цветовых пигментов, то чаще всего менялось количество черного и желтого пигментов. Также обращает на себя внимание

увеличение количества цианового (цвет между голубым и зеленым, бирюзовый) пигмента при нахождении ящериц в ярко-синем грунте, при этом отмечается значительное изменение тона окраски. Необходимо отметить, что в других условиях количество цианового пигмента оставалось неизменным, т.е. можно прийти к выводу о прямой взаимосвязи окраски ящерицы с окружающей ее средой.

Следует обратить внимание на то, что при перемещении в светлый грунт менялись параметры светлоты окраски при общем сокращении количества черного пигмента. Все показатели на данной стадии эксперимента свидетельствуют о явной связи изменения среды и параметров окраски в сторону подстройки окраски под среду.

Также измерения позволяют прийти к выводу о большей реактивности образца №2 (самки прыткой ящерицы). Стоит также отметить разницу в интенсивности изменения показателей на спинке и на брюшке наблюдаемых образцов. Окраска брюшка менялась гораздо сильнее. Особое внимание привлекают показатели, полученные на последней стадии эксперимента. При смене окружающего фона и грунта со светлого на темный, т.е. речь идет об ахроматических изменениях, параметры брюха образца №1 менялись настолько значительно, что для исключения ошибки было принято решение повторить измерения. Повторные измерения подтвердили первичные результаты. Однако, существует вероятность, что помимо смены грунта на изменения характеристик окраски могли повлиять либо гормональные изменения (соответствующий сезон), либо период линьки.

Таким образом, по результатам исследования можно сделать вывод о наличии прямой зависимости тональности и интенсивности цвета окраски ящерицы прыткой *Lacerta agilis* от цвета грунта и фона окружающей среды, в которой обитает рептилия. Применение исследовательской процедуры с использованием современных технологичных инструментов позволило зафиксировать, что чаще всего на изменение окраски ящерицы прыткой *L. agilis* влияет изменение количественного соотношения желтого и черного пигментов, содержащегося в клетках животного, также очевидно значительное влияние красного пигмента и, в редких случаях, цианового. В результате проведенных экспериментов и наблюдения был получен однозначный ответ на вопрос, лежащий в основе данного исследования, а именно было установлено, что представители вида прытких ящериц способны маскироваться с использованием окраски субстрата и фона. Анализ, представленный в нашем исследовании, вносит вклад в существующее представление о прытких ящерицах. Однако для более тщательной проверки нашей гипотезы, необходимы всесторонние исследования. Перспективным направлением для будущего изучения нам представляется более длительный эксперимент с большим количеством испытуемых и с применением более высокоточного оборудования, а также сравнительный анализ рептилий различных видов. С опорой на результаты нашего исследования можно было бы провести дальнейшую разработку данной темы. Это могло бы пролить свет на общие вопросы работы механизма окраски животных.

Выражаем благодарность научному руководителю учителю биологии Самарского медико-технического лицея Д.А. Костиной

Список литературы:

1. Епланова Г.В. Анализ окраски прыткой ящерицы из двух популяций Самарской области [Электронный ресурс] // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. №5-2. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-okraski-prytkoy-yascheritsy-iz-dvuh-populyatsiy-samarskoy-oblasti>
2. Физика в мире животных: хамелеоны и их цвет [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/399825/> - Загл. с экрана.
3. Яблоков А.В. Фенетика [Эволюция, популяция, признак] // Режим доступа: https://www.4italka.ru/nauka_obrazovanie/biologiya_biofizika_biohimiya_/370810/fulltext.htm
4. Kuriyama T., Murakami A., Brandley M., Hasegawa M. Blue, Black, and Stripes: Evolution and Development of Color Production and Pattern Formation in Lizards and Snakes // Front. Ecol. Evol. 2022. V. 8. P. 232.
5. Manukyan L., Montandon S.A., Fofonjka A., Smirnov S., Milinkovitch M.C. A living mesoscopic cellular automaton made of skinscales // Nature. 2017. V. 544. P. 173-179.

Определение содержания ртути в волосах школьников в рамках проблемы ртутного загрязнения в Вологодской области

Т.М. Машкарина

Вологодский государственный университет, Вологда, Россия

tatiana.mashkarina@mail.ru

Ключевые слова: ртуть, метилртуть, волосы, интоксикация.

Загрязнение окружающей среды становится основным фактором, влияющим на здоровье как отдельного человека, так и населения в целом. Анализ воздуха, поверхностных вод, почв дает представление об экологическом состоянии среды обитания, но не позволяет оценить влияние загрязнения на человеческий организм. Содержание микроэлементов в организме человека может служить индикатором как избытка или недостатка конкретных питательных веществ в рационе, так и индикатором воздействия элементов-токсикантов за счет неблагоприятного состояния окружающей среды [1].

Ртуть относится к супертоксикантам, и по степени воздействия на организм является веществом чрезвычайно опасным, так как может вызывать поражение систем органов человека, представляет угрозу для внутриутробного развития плода и раннего развития ребенка [2]. Поэтому важно освещать проблему ртутного загрязнения в среде подростков и молодежи для сохранения здоровья нации.

Население Вологодской области находится в зоне риска накопления ртути в организме. Это обусловлено наличием природноклиматических условий (высокий коэффициент озерности и заболоченности территории) для образования наиболее токсичных и доступных для биоты ртутьорганических соединений [3]. В водоемах Вологодской области неоднократно регистрировались высокие значения содержания ртути в мышцах рыб, превышающие действующие в России и мире нормативы количества металла в рыбе. Население употребляет в пищу рыбу из местных водоемов, что приводит к закономерному накоплению ртути в организме.

В последние годы получил широкое распространение анализ волос на микроэлементы, в том числе ртуть, который оказался весьма удобным для оценки состояния здоровья и воздействия окружающей среды.

Исследование проводилось на базе МОУ «СОШ № 31» г. Вологды. Подходы к расчету воздействия ртути включают измерение уровней ее содержания в волосах, что считается формой "биомониторинга". Волосы накапливают метилртуть в процессе формирования и позволяют выявить относительно прямое соотношение с уровнями ртути в крови [1].

У учащихся 9-х и 10 класса с их согласия были отобраны пробы волос и проведено измерение содержания ртути. Всего в выборке присутствовало 40 старшеклассников в возрасте 15 и 16 лет, из них 30 юношей и 10 девушек. Для анализа отбирали прядь волос (толщиной несколько мм). Их срезали ножницами около корня, с тыльной части головы. Обрабатывались прикорневые участки волос, длиной 2см. Исследование проводилось в научной лаборатории биологии и экологии на кафедре биологии и химии Вологодского государственного университета.

Содержание ртути определяли с помощью ртутного анализатора РА-915+ с приставкой ПИРО (Люмэкс) атомно-абсорбционным методом холодного пара без предварительной подготовки. Для определения общего содержания ртути, навеску переносят в ячейку термолитыза в специальной термостойкой кювете. Сжигание проб проводится при температуре 300°C в течение 50-70 секунд.

У старшеклассников, принявших участие в эксперименте, в ходе предварительного анкетирования устанавливали возраст, пол, частоту употребления в пищу рыбы и мяса диких животных.

Для всей выборки средний уровень накопления ртути в волосах был равен 74,2 мкг/кг, различий по половому признаку не обнаружено (таблица 1).

Таблица 1 – Среднее содержание ртути в волосах школьников всей выборки

	Среднее содержание ртути, мкг/кг
Для всей выборки	74,2
Юноши	<u>69,0</u> 5,7 – 424,7*
Девушки	<u>70,6</u> 13,5 – 154,7*

Примечание: * под чертой – минимальные и максимальные значения показателя.

По возрастной категории школьники были разделены на 2 группы: первая – 15 лет, а вторая 16 лет. Значения их различаются. На основании проведенных исследований была выведена следующая закономерность: содержание ртути у 16 – летних подростков, больше, чем у 15 – летних (таблица 2):

Таблица 2 – Содержание ртути в волосах 15- и 16-летних школьников

	Среднее содержание ртути, мкг/кг
15 лет (9 класс)	<u>55,1</u> 5,7 – 181,8*
16 лет (10 «А» класс)	<u>96,5</u> 11,0 – 424,7*

Примечание: * под чертой – минимальные и максимальные значения показателя.

Эта закономерность сохраняется и при половом разделении.

Таким образом, независимо от половой принадлежности, накопление ртути в организме увеличивается с возрастом. Биологически допустимые значения содержания ртути в волосах человека, принятые в РФ, составляют 5000 мкг/кг. Фоновое содержание ртути в организме взрослого здорового человека находится в интервале от 500 до 1000 мкг/кг [2]. Исходя из этих нормативов, можно сделать вывод, что содержание ртути в организме школьников данной выборки находится значительно ниже фонового значения и данные учащиеся не входят в группу риска по ртутной интоксикации. Данные исследования подтверждаются и анализом особенностей питания данных школьников: в предварительном анкетировании 98% учащихся из данной выборки ответили, что редко употребляют рыбу и морепродукты (менее 1 раза в неделю), а мясо диких животных вообще не употребляют.

Список литературы:

1. Таций Ю.Г. Возможности использования волос в качестве биоиндикатора загрязнения окружающей среды ртутью // Вестник Тюменского государственного университета. 2013. № 12. С. 158-163.
2. Ртуть: ФБУЗ «Центр гигиенического образования населения» Роспотребнадзора (официальный сайт). - URL: <http://cgon.rospotrebnadzor.ru/content/62/1950/> (дата обращения: 05.01.2023) [Электронный ресурс]
3. Комов В.Т., Немова Н.Н., Лысенко Л.А., Мещерякова О.В. Ртуть в рыбах: биохимическая индикация // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2014. Т. 6, № 2. С. 176-186.

Жесткокрылые (Insecta: Coleoptera) в энтомокомплексе ксилотрофных базидиальных грибов (Fungi: Basidiomycetes) на деревьях прибрежных районов г. Энгельса

А.А. Миронова, В.В. Аникин

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
maa9898@mail.ru

Ключевые слова: мицетофильные жуки, ксилотрофные базидиомицеты, город Энгельс.

В настоящей работе рассматривается состав энтомокомплекса и экологическая специализация мицетофильных жесткокрылых прибрежных районов города Энгельса. Взаимоотношения жесткокрылых и ксилотрофных грибов многогранны и могут характеризоваться зависимостью жука от гриба и наоборот. Изучение мицетофильных жесткокрылых позволяет пополнить сведения о составе отряда в регионе и установить общие закономерности формирования энтомокомплексов.

Исследования проводились в мае – сентябре с 2017 по 2022 год в прибрежных районах г. Энгельс (территория у транспортного моста Саратов-Энгельс, набережная на ул. Берег Волги) [1-3]. Материалом послужили жесткокрылые насекомые, собранные с поверхности и из толщи плодовых тел основных ксилотрофных грибов данного района. Всего исследовано 318 плодовых тел 7 видов базидиомицетов из 3 семейств и 2 порядков (таблица).

Таблица – Количество базидиомицетов и видов жесткокрылых на исследованной территории

Порядок	Семейство	Вид гриба	Кол-во плодовых тел в выборке	Кол-во видов жуков
Hymenochaetales	Hymenochaetaceae	<i>Inocutis dryophila</i>	11	6
Polyporales	Fomitopsidaceae	<i>Daedalea quercina</i>	5	7
		<i>Phaeolus schweinitzii</i>	2	4
	Polyporaceae	<i>Fomes fomentarius</i>	75	27
		<i>Laetiporus sulphureus</i>	69	19
		<i>Trichaptum biforme</i>	55	17
		<i>Cerriaporus squamosus</i>	101	43
Всего:			318	123

Фауна жесткокрылых – мицетобиотнов основных ксилотрофных грибов исследованного района включает 123 вида жуков из 12 семейств (Bothrideridae, Carabidae, Ciidae, Cryptophagidae, Erotylidae, Latridiidae, Leiodidae, Laemophloeidae, Mycetophagidae, Staphylinidae, Tenebrionidae, Zopheridae). Наиболее богаты видами грибы *Cerriaporus squamosus* (Huds.) и *Fomes fomentarius* (L.) [1].

В прибрежных районах города Энгельса небольшой ассортимент видов деревьев, в связи с чем разнообразие ксилотрофных базидиомицетов невелико. Для данной территории интересным видом является *Phaeolus schweinitzii*, который известен для Саратовской области только отсюда. Энтомокомплекс *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat. включает 4 вида жуков – *Dacne bipustulata* (Thunberg, 1781), *Mycetophagus quadripustulatus* (Linneus, 1760), *Cis comptus* (Gyllenhal, 1827) и *Diaperis boleti* (Linneus, 1758).

Для наглядного рассмотрения консортивных связей грибов и жесткокрылых была составлена гетероконцентрированная модель (рисунок).

На рисунке, в представленной модели доминирующими типами связей являются топические и трофические (облигатная мицетофагия, факультативная мицетофагия, сапротрофия и биотрофия). Второстепенную роль играют фензивные связи.

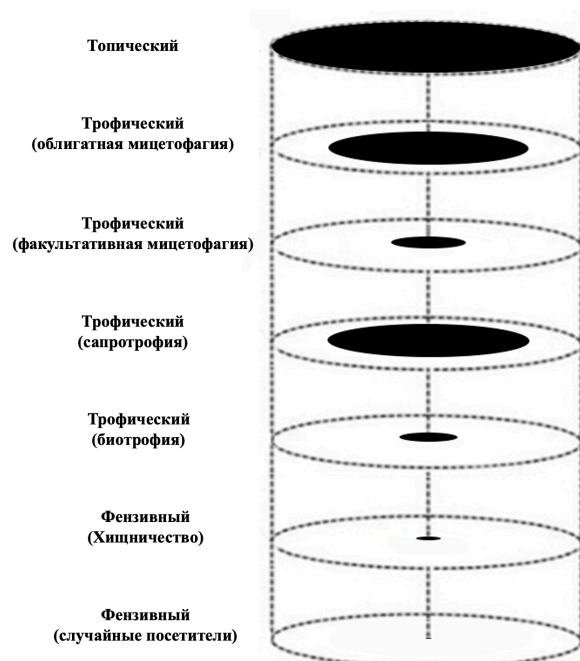


Рисунок – Гетероконцентрированная модель микоконсорциев ксилотрофных базидиальных грибов прибрежных районов города Энгельса

Пищевые связи жуков с грибами являются важнейшим комплексным показателем, который фактически раскрывает функции видов в мицетофильных сообществах [4-6]. На трофическом уровне среди жесткокрылых преобладают облигатные мицетофаги (65%), питающиеся исключительно грибами, могут употреблять в пищу части плодового тела на различных стадиях развития и отмирания плодового тела [7]. Факультативные мицетофаги составляют 24.3% от общего количества. Также в модель включены сапротрофы (65.4%), преобладающие над биотрофами (18.7%). Меньше всего оказалось хищников (8.7%) и случайных посетителей (2%).

Выражаем глубокую признательность за консультации по определению и проверке определения видов насекомых А.С. Сажневу (к. б. н., старшему научному сотруднику лаборатории экологии водных беспозвоночных Института биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина) и проверке определения базидиомицетов О.В. Костецкому (к.б.н., доценту кафедры ботаники и экологии СГУ им. Н.Г. Чернышевского).

Список литературы:

1. Сажнев А.С., Миронова А.А. Материалы к фауне мицетофильных жесткокрылых Саратовской области // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. Саратов, 2018. Вып. 15. С. 37-41.
2. Сажнев А.С., Миронова А.А., Аникин В.В. Предварительные данные по фауне мицетофильных жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2018. Т. 18, Вып. 3. С. 336-340.
3. Миронова А.А., Сажнев А.С., Костецкий О.В. Сведения по ксилотрофным базидиальным грибам (Basidiomycota) Саратовской области и связанным с ними жесткокрылым (Insecta, Coleoptera) // Бюллетень ботанического сада Саратовского государственного университета. 2018. Т. 16(4). С. 18-29.
4. Красуцкий Б.В. Мицетофильные жесткокрылые Урала и Зауралья. Система «Грибы-насекомые». Челябинск, 2005. Т. 2. 213 с.
5. Щигель Д.С. Жесткокрылые - обитатели трутовых грибов Европейской части России: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2003. 21 с.
6. Яковлев Е.Б. Данные по экологии наиболее массовых разрушителей плодовых тел грибов в Карелии / Проблемы комплексного использования древесины и охраны природы. Петрозаводск, 1981 С. 82-84.
7. Красуцкий Б. В. Мицетофильные жесткокрылые Урала и Зауралья (Краткое иллюстрированное руководство к определению по имаго наиболее обычных в энтомокомплексах дереворазрушающих базидиальных грибов видов жесткокрылых). Екатеринбург, 1996. 146 с.

Геномные и фенотипические доказательства метаболизма коричной кислоты штаммом *Achromobacter insolitus* LCu2

Е.С. Морозова¹, Е.С. Тучина¹, Е.В. Крючкова², В.С. Гринев^{1,2}

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр РАН», Саратов, Россия
element-87@list.ru

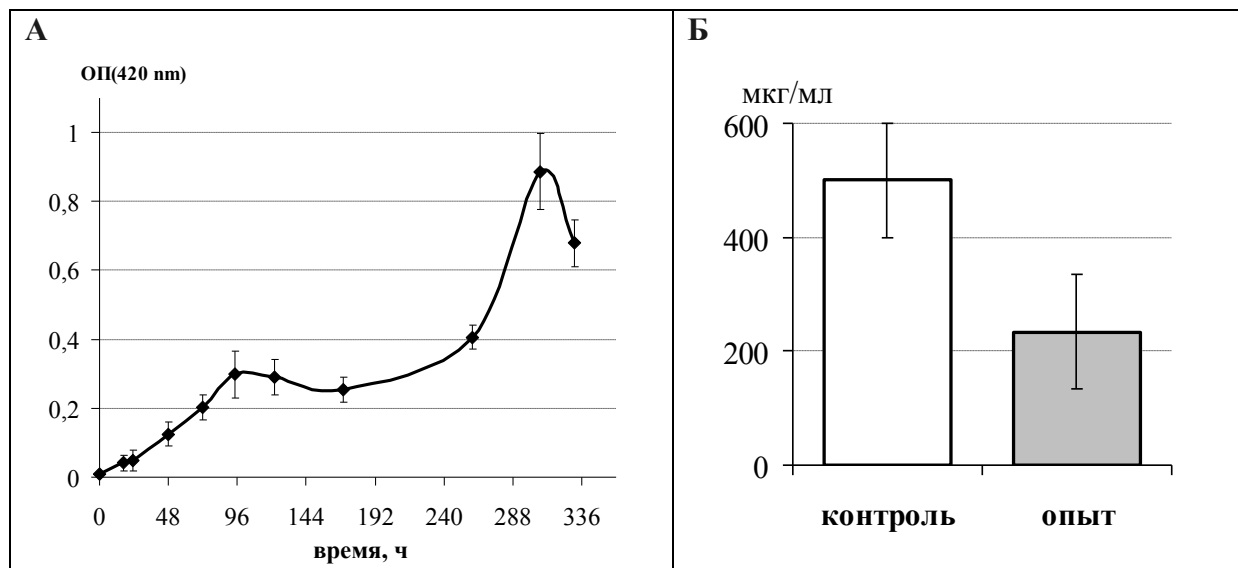
Ключевые слова: *A. insolitus* LCu2, коричная кислота, диоксигеназы типа Риске, дигидроксилирование.

Фенольные кислоты (ФК), синтезируемые растениями в процессе вторичного метаболизма, обладают аллелопатическим действием. Они оказывают влияние на рост растений, а также на взаимодействие с другими организмами, например, с бактериями, грибами, насекомыми [7, 8]. Бензойная, коричная, сиригиновая, фенилуксусная и другие кислоты выделяются в ризосферу с корневыми экссудатами [8]. В ризосфере они могут быть использованы как альтернативные источники углерода диазотрофными бактериями. Наряду с этим, выделяясь из растений в ответ на микробную колонизацию, ФК ингибируют рост бактерий и образование биопленок [4], защищая организм хозяина от инфекции. Вопрос о том, как ризосферное микробное сообщество влияет на фенольный синтез, секрецию и сигналинг растения хозяина остается открытым. Однако можно предположить, что метаболически активные бактерии регулируют концентрацию фенольных аллелопатических соединений, выживая и заселяя ризосферу и ризоплану хозяина.

Тема настоящего исследования – провести адаптацию ризосферного штамма *Achromobacter insolitus* LCu2 к коричной кислоте, оценить его деструктивную активность, предсказать предположительный метаболический путь деградации коричной кислоты у штамма LCu2 на основе геномного анализа.

A. insolitus LCu2 (IBPPM631; RCAM04723) был изолирован с корней люцерны в ИБФРМ РАН г. Саратов. Для выявления способности штамма LCu2 использовать коричную кислоту в качестве единственного источника углерода бактерии выращивали на синтетической среде MS [1] с добавлением витаминов и фосфатов. Коричную кислоту (0,5 г/л) добавляли в среду после автоклавирования, предварительно растворив в небольшом объеме ДМСО. Среда без LCu2 с коричной кислотой служила химическим контролем, а культуры, выращенные на яблочной кислоте (0,5 г/л), биологическим. Бактерии росли при 35° С на шейкере 130 rpm. Рост оценивали по изменению оптической плотности (ОП) при 420 нм. Скорость роста и время генерации рассчитывали по общепринятым формулам [2]. Концентрацию коричной кислоты определяли методом ВЭЖХ, предварительно экстрагируя ее из культуральной жидкости этилацетатом [5]. Эффективность деградации (Q) рассчитывали, как отношение потребленной коричной кислоты к количеству сырой биомассы бактерий (мкг/мг). Для предсказания предположительного метаболического пути использовали биохимические реакции и пути из Киотской энциклопедии генов и геномов [6]. Поиск гомологов в геноме LCu2 осуществляли с использованием BLASTP с алгоритмом (protein-protein BLAST) [3].

Первоначальные исследования роста *A. insolitus* LCu2 на коричной кислоте показали, что максимальное значение ОП_{420нм} бактериальных культур было 0,4; при удельной скорости роста 0,041 ч⁻¹ и времени генерации 16,9 ч. Поскольку коричная кислота обладает бактерицидной активностью, мы провели серию последовательных пересевов LCu2 на среду с коричной кислотой, чтобы получить адаптированный вариант LCu2a. Кривая роста LCu2a приведена на рисунке (А). Рост культуры не был сбалансированным, кривая имела два пика. Первый стационар зарегистрирован через 96 ч, второй через 307 ч. Скорость роста для обоих пиков была одинаковой и составила 0,017-0,018 ч⁻¹, а время генерации 38,5-41,0 ч⁻¹ соответственно. Таким образом, культура LCu2a, полученная после пересевов, росла медленнее, чем исходная. Однако прирост биомассы был, в конечном счете, выше. Максимальное значение ОП_{420нм} 0,9, что в 2,3 раза выше, чем у LCu2, а прирост сырой биомассы составил 9 мг/мл.



А - кривая роста *A. insolitus* LCu2a на коричной кислоте (0,5 г/л); **Б** – концентрация коричной кислоты в среде культивирования после роста бактерий (мкг/мл)
Рисунок – Параметры роста LCu2a и убыль коричной кислоты

Убыль коричной кислоты в среде культивирования составила 266 мкг/мл или 53% по сравнению с контролем рисунок (Б). Эффективность деградации Q была 30 мкг/мл.

В геноме LCu2 найдены гены, кодирующие ключевые ферменты деградации коричной кислоты по пути дигидроксилирования - α и β субъединицы фенилпропионат диоксигеназы (*hcaA*, *hcaB*) и соответствующих ферредоксина (*fdx*) и ферредоксин редуктазы (*fdr*) (*hcaCD*), а также интрадиольные диоксигеназы, расщепляющие кольцо. Предположительный биохимический путь сконструирован.

Список литературы:

1. Микробная деструкция органофосфонатов почвенными бактериями / И. Т. Ермакова [и др.] // Микробиология. 2008. Т. 77, №. 5. С. 689-695.
2. Стейниер Р., Эдельберг Э., Ингрэм Дж. Мир микробов // Пер. с англ. под ред. Е.Н. Кондратьевой, С.В. Шестакова. 1979. С. 318.
3. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs / S.F Altschul [et al.] // Nucl. A. Res. 1997. V. 25, N 17. P. 3389-3402.
4. Interactions between phenolic acids and microorganisms in rhizospheric soil from continuous cropping of *Panax notoginseng* / L. Bao [et al.] // Front. in microb. 2022. V. 13. P. 13-21.
5. Isolation of a cinnamic acid-metabolizing *Clostridium glycolicum* strain from oil mill wastewaters and emendation of the species description / M. Chamkha [et al.] // Int. J. of Syst. and Evol. Microb. 2001. V. 51, N 6. P. 2049-2054.
6. KEGG as a reference resource for gene and protein annotation / M. Kanehisa [et al.] // Nucl. A.Res. 2016. V. 44, N 1. P. D457-D462.
7. Phenolic acids act as signaling molecules in plant-microbe symbioses / S.M. Mandal [et al.] // Plant signaling & behavior. 2010. V. 5, N 4. P. 359-368.
8. Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems / J.O. Siqueira [et al.] // Critical Reviews in Plant Sciences. 1991. V. 10, N 1. P. 63-121.

Сравнительная оценка результатов биотестирования почв г. Когалыма с геохимическими и микробиологическими показателями

А.Е. Мурзина¹, А.С. Коробейникова¹, Е.В. Глинская¹, М.В. Решетников², Е.В. Плешакова¹

¹ Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

² Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть», Когалым, Россия
aemurzina@gmail.com

Ключевые слова: ТМ (тяжелые металлы), биотестирование, дегидрогеназная активность.

Город Когалым, расположенный на территории Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО), занимающего ведущее место в экономике России по добыче нефти и газа, – это молодой и быстроразвивающийся город с большим экономическим потенциалом. Основная отрасль промышленности Когалыма – нефтедобывающая, а также обработка и транспортировка углеводородной продукции. В случае загрязнения почвы нефтепродуктами может возникнуть геохимическая угроза для экосистем, т.к. в сырой нефти и буровых растворах присутствует ряд тяжелых металлов (ТМ): свинец, никель, кадмий, хром, ванадий и цинк [1]. ТМ негативно влияют на численность и видовое разнообразие почвенной микробиоты, оказывая мутагенный, микростатический и стерилизующий эффекты, а также на правильную последовательность биохимических путей в биогеохимических циклах почвы [2]. Проведение комплексной оценки эколого-функционального состояния почвенного покрова в таких промышленных районах является одной из приоритетных задач в современной сфере обеспечения рационального природопользования и восстановления антропогенно нарушенных экосистем.

В ходе настоящей работы были отобраны и изучены 53 почвенные пробы на пересечении основных автомобильных дорог г. Когалыма. 10 фоновых проб были отобраны на удалении 10 км в западном направлении от территории города. Подвижные кислоторастворимые формы ТМ (Pb, Zn, Ni, Cu) в почве определяли атомно-абсорбционной спектрометрией с пламенной атомизацией. Оценку общей численности культивируемых гетеротрофных микроорганизмов производили на ГРМ-агаре общепринятыми бактериологическими методами. Учет численности культивируемых микроорганизмов азотного цикла (аммонификаторов, денитрификаторов, нитрификаторов, азотфиксаторов) производили на агаризованных селективных средах. Отдельной составляющей комплексного мониторинга явилось проведение биотестирования почв г. Когалыма с помощью метода, основанного на способности дегидрогеназ микробного штамма *Dietzia maris* AM3 восстанавливать за счет дегидрирования бесцветный 2,3,5-трифенилтетразолийхлорид (2,3,5-ТТХ) до 2,3,5-трифенилформазана (2,3,5-ТФФ), имеющего темно-красный цвет [3]. Корреляционный анализ взаимосвязей между микробиологическими, геохимическими свойствами почв и результатами биотестирования проводили с помощью расчета коэффициента Пирсона (r). Результаты представлены в таблице.

На исследованной территории г. Когалыма подвижные формы Cu превышали ПДК (3,0 мг/кг) в 12 пробах, подвижные формы Ni превышали ПДК (4,0 мг/кг) в 14 пробах. Выделялся Восточный промышленный район, в котором отмечено превышение подвижных форм Cu и Ni над ПДК в большинстве проб. Подвижные формы Pb (от 0,08 до 2,93 мг/кг почвы) не превышали ПДК (6,0 мг/кг почвы) во всех пробах. Обнаружены подвижные формы Zn в концентрации от 1,76 до 26,01 мг/кг почвы. Только в 3 пробах концентрация подвижных форм Zn незначительно превышала ПДК (23,0 мг/кг почвы). Была установлена (таблица) значимая отрицательная корреляция между количеством денитрифицирующих микроорганизмов и содержанием в почве ТМ: Ni и Cu ($r=-0,53$ и $r=-0,44$). Снижение количества денитрифицирующих микроорганизмов в микробоценозах почв г. Когалыма по сравнению с фоновой территорией и наличие достоверной обратной корреляции с содержанием подвижных форм Ni и Cu указывало на возможное негативное действие данных ТМ на развитие денитрификаторов.

Таблица – Корреляция между геохимическими, микробиологическими свойствами почв и показателями биотестирования

Показатели	C _{Ni}	C _{Pb}	C _{Zn}	C _{Cu}	Концентрация 2,3,5-ТФФ	ОЧГМ	Численность		
							АФМ	АММ	ДНМ
C _{Ni}	1				-0,30		-0,35	-0,35	-0,53*
C _{Pb}		1			0,20		0,36	0,10	0,20
C _{Zn}			1		-0,33		0,23	-0,38	-0,33
C _{Cu}				1	-0,21		-0,25	-0,32	-0,44*
Концентрация 2,3,5-ТФФ					1	0,17	0,14	0,10	0,31
ОЧГМ						1	0,32	0,04	0,02
Численность АФМ						0,29	1	0,22	0,32
АММ						0,84*		1	0,21
ДНМ						0,25			1

Примечания. *Значимая корреляция, при r , соответствующем уровню статистической значимости при $p=0,05$. Сокращения: С – концентрация металла; ОЧГМ – общая численность гетеротрофных микроорганизмов; АФМ – азотфиксирующие микроорганизмы; АММ – аммонифицирующие микроорганизмы; ДНМ – денитрифицирующие микроорганизмы.

Результаты биотестирования показали, что количество 2,3,5-ТФФ, образованного дегидрогеназами *D. maris* AM3, составляло от 0,159 до 0,747 мг/мл, что свидетельствовало об отсутствии высокой токсичности почвы. Слабая отрицательная корреляция показана между дегидрогеназной активностью *D. maris* AM3 и концентрацией в почве подвижных форм ТМ (Cu, Ni и Zn): $r=-0,21$; $-0,30$ и $-0,33$; слабая положительная корреляция выявлена между дегидрогеназной активностью *D. maris* AM3 и количеством в почве денитрифицирующих микроорганизмов ($r=0,31$).

Таким образом, согласно проведенным исследованиям, почвы территории г. Когалыма слабо загрязненные и не представляют опасности для человека. Однако в Восточном промышленном районе отмечено превышение ПДК подвижных форм ТМ (Ni, Pb, Zn, Cu) в большинстве проб, сниженное количество микроорганизмов азотного цикла и повышенная степень токсичности почв согласно результатам биотестирования.

Список литературы:

1. Oil spill related heavy metal: a review / A.D. Mustafa [et al.] // Malaysian J. Anal. Sci. 2015. V. 19, N 6. P. 1348-1360.
2. Friedlová M. The influence of heavy metals on soil biological and chemical properties // Soil & Water Res. 2010. V. 5, N 1. P. 21-27.
3. Плешакова Е.В. Разработка нового метода определения токсичности нефтезагрязненной почвы // Вестник СГТУ. 2010. № 3. С. 188-193.

Трансформация болотных биогеоценозов после осушения болота и дальнейшего хозяйственного использования

Е.С. Новоселова

Вятский государственный агротехнологический университет, Киров, Россия
gonina-elena@mail.ru

Ключевые слова: болото, осушение, торфяные почвы, растения болот.

Болотные экосистемы бореальной зоны – важная составная часть биосферы. Их устойчивость обусловлена определенным балансом компонентов, слагающих данную систему, и их тесными взаимосвязями между собой. Осушение болот и добыча торфа ведут к трансформации уникальных болотных комплексов [1]. Многие аспекты функционирования болотных экосистем до настоящего времени остаются неизвестными и малоизученными, особенно на региональном уровне. Исследование осушенных болот позволяет отследить начальные этапы формирования и сукцессии новых биогеоценозов на их территории.

Цель данной работы – оценить степень трансформации почвенно-растительного яруса болотных биогеоценозов в результате осушения и последующего хозяйственного использования. Объектами исследования являются торфяные болотные почвы и фитоценозы осушенного низинного болота разной степени антропогенной трансформации центральной части Кировской области.

Исследования проводились в 2011-2016 гг. на осушенном болоте центральной части Кировской области – «Зенгинское», расположенном в Оричевском районе Кировской области, на первой надпойменной террасе реки Вятка. Преобладающим типом торфообразования является низинный, но в центральных частях месторождения встречались смешанные и верховые участки [2]. Контрольный участок расположен в сосняке багульниково-зеленомошном на осушенной неосвоенной части болота с мощностью торфяного слоя около 1,5 – 2,0 м. Ключевые участки заложены на территориях, которые формировались после добычи торфа и заняты в настоящее время естественными луговыми и лесными фитоценозами, и на территориях, вовлеченных в хозяйственную деятельность. Мощность остаточного слоя торфа варьирует от 1,3 – 1,5 м до 0,5 м и меньше.

Известно, что почвы болот, которые не подвергались антропогенному воздействию, имеют кислую реакцию среды, в частности для торфяных почв Вятско-Камских ландшафтов pH_{KCl} составляет 2,00 – 4,00 [3]. Этим значениям соответствуют показатели величины pH_{KCl} , установленные на контрольном неосвоенном участке болота «Зенгинское». Величина pH_{KCl} торфа здесь варьирует в пределах от 2,53 до 3,94 единиц ($3,23 \pm 0,17$).

В результате антропогенной деятельности происходит нарушение целостности болотных систем. При осушении болот и сработке торфа минеральные подстилающие породы оказываются ближе к поверхности и активно влияют на химический состав и физико-химические параметры оставшихся слоев торфа. На участках болота «Зенгинское», занятых посевами сельскохозяйственных культур, величина pH остаточных слоев торфа в 1,75 раза ($5,66 \pm 0,18$) выше, по сравнению с данным показателем контрольного участка ($3,23 \pm 0,17$), а на участках, занятых посадками *P. sylvestris* и *P. abies* – в 1,81 раза ($5,86 \pm 0,19$). Понижение кислотности остаточного торфа связано с влиянием жестких грунтовых вод ($pH 7,35 \pm 0,17$) и подстилающих карбонатных пород. Кроме того, хозяйственное использование торфяных почв осушенных болот ведет к нарушению процессов накопления органического вещества и активной минерализации торфа, что также способствует изменению величины pH_{KCl} почвенного профиля.

Трансформация почвенного яруса влечет и изменение растительного сообщества.

Видовой состав фитоценозов на контрольном осушенном неосвоенном участке «Зенгинского» болота характерен для переходных и верховых болот [4]. Доминирующими видами на данном участке являются багульник болотный (*Ledum palustre*), мирт болотный (*Chamaedaphne calyculata*), брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea*), голубика топяная (*Vaccinium uliginosum*), черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus*). Хорошо развит моховой

ярус, состоящий преимущественно из сфагновых мхов (*Shp. magellanicum*, *Shp. angustifolium*, *Shp. fuscum*) и некоторых других видов.

После осушения болота и добычи торфа формируются новые фитоценозы. Доля участия болотных видов в фитоценозах значительно снижается (до 8 – 43%), на смену им приходят новые виды (кошачья лапка двудомная (*Antennaria dioica*), ястребинки зонтичная (*Hieracium umbellatum*) и волосистая (*H. pilosella*), лапчатки норвежская (*Potentilla norvegica*) и Гольдбаха (*P. goldbachii*), льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris*)).

На более поздних стадиях естественного зарастания осушенных болот и при искусственном лесовозобновлении при незначительной мощности торфяного слоя (до 50 см) в составе фитоценозов появляются древесные виды, под пологом которых в последующем формируется новое растительное сообщество. В составе травяно-кустарничкового яруса преобладают светолюбивые виды растений – земляника лесная (*Fragaria vesca*), подмаренник мягкий (*Galium mollugo*), чистотел большой (*Chelidonium majus*), крапива двудомная (*Urtica dioica*), малина обыкновенная (*Rubus idaeus*). При доминировании в составе древостоя *Pinus sylvestris* и *Picea abies* произрастают грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia*), майник двулистный (*Maianthemum bifolium*) и некоторые другие виды, характерные для хвойных лесов.

Таким образом, осушение болот и добыча торфа приводят к полному разрушению естественных болотных экосистем, смене физико-химического режима почв и трансформации растительных сообществ. В результате формируются новые природно-антропогенные системы, дальнейшая судьба которых зависит от их последующего хозяйственного использования.

Список литературы:

1. Состав экстрактивных веществ торфов, осушенных и ненарушенных верховых болот Беларуси и западной Сибири / О.В. Серебренникова [и др.] // Известия Томского политехнического университета. Химия и химические технологии. 2014. Т. 325, № 3. С. 31-45.
2. Зверков Ю.В. Вторая жизнь торфяников. Киров: Волго-Вятское кн. изд-во, Кировское отд., 1982. 80 с.
3. Крештапова В.Н. Агрогеохимия торфяных почв Нечерноземной зоны Европейской части РСФСР: автореф. дис. д. с.-х. н. Москва, 1991. 44 с.
4. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. М.: Недра, 1976. 488 с.

Оценка количественных показателей физиологических групп микроорганизмов, выделенных из почв с хроническим нефтяным загрязнением

Д.Д. Нестеркина¹, Д.М. Голубев¹, Е.В. Глинская¹, О.В. Нечаева²

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

²Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, Саратов, Россия
nesterkina.darya@yandex.ru

Ключевые слова: почва, нефтяное загрязнение, микроорганизмы, биоремедиация, углеводороды.

Среди современных проблем человечества в последние десятилетия особое внимание уделяется состоянию окружающей среды. Добыча, транспортировка и хранение нефти и нефтяных продуктов влечет за собой попадание в окружающую среду различных токсичных химических веществ, что негативно сказывается на структуре почвенного покрова, геохимических свойствах почв и растениях [1].

Новейшие технологии очистки загрязненной нефтью почвы включают биологические, а также физические и химические подходы. Поскольку вторая группа способов восстановления часто связана с высокими затратами и риском дальнейшего загрязнения воздуха и воды, биоремедиация является эффективным, экономически выгодным и экологически чистым методом и все чаще используется для очищения почвы. Среди стратегий биоремедиации наиболее распространенными подходами к деградации нефти являются биостимуляция и биоаугментация [2].

Цель работы: оценка численности гетеротрофных и углеводородокисляющих микроорганизмов почвы с хроническим нефтяным загрязнением.

Работа выполнена на базе кафедры микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского. Объектом исследования являлись темно-каштановые почвы, пробы которых отбирали с земельных участков сельскохозяйственного назначения с хроническим нефтяным загрязнением, расположенных на северо-западе от с. Новокривовка (Саратовская область, Советский район). В работе использовали 3 образца почвы, которые отличались глубиной отбора: № 1 отобран на глубине 15-20 см, № 2 – на глубине 40 см, № 3 – на глубине 50-60 см. Контролем служили образцы почвы № 1а, 2а, 3а, полученные на расстоянии 500 м от места разлива нефтепродуктов на соответствующей глубине.

Определение численности различных физиологических групп почвенных микроорганизмов проводили с использованием метода последовательных разведений почвенной вытяжки и ее высевом на плотные питательные среды [3, 4]. Для выделения гетеротрофных бактерий 0,1 мл почвенной суспензии высевали на ГРМ-агар (Оболонск, Россия), для выделения углеводородокисляющих бактерий использовали среду М9, в которой в качестве единственного источника углерода присутствовало вазелиновое масло. Посевы инкубировали в термостате при температуре +28 °С в течение 2-4 суток.

Анализ полученных результатов показал, что в незагрязненной почве численность гетеротрофных бактерий варьировала от 8,48 до 9,58 lg₁₀КОЕ/г, углеводородокисляющих бактерий – от 3,95 до 4,51 lg₁₀КОЕ/г на разной глубине отбора (таблица).

В образцах почв с хроническим нефтяным загрязнением численность гетеротрофных бактерий находилась в диапазоне от 6,41 до 7,87 lg₁₀КОЕ/г, углеводородокисляющих бактерий – от 4,745 до 5,92 lg₁₀КОЕ/г на разной глубине отбора.

Более высокие количественные показатели микроорганизмов в нижних слоях почвы, вероятно, связаны с тем, в верхних слоях почвенного профиля негативное влияние на микрофлору оказывали токсичные легкие фракции нефти, а в более глубокие слои почвенного профиля проникли менее токсичные фракции нефти, что и позволило выжить большему количеству бактерий.

**Таблица - Количественные показатели гетеротрофных и углеводородокисляющих микроорганизмов
($M \pm m, p \leq 0,05$)**

Образцы почвы (глубина отбора)	Гетеротрофные бактерии, \lg_{10} КОЕ/г	Углеводородокисляющие бактерии, \lg_{10} КОЕ/г
№1 (15-20 см)	6,8±0,14	4,9±0,16
№1а (контроль)	8,6±0,12	4,2±0,05
№2 (40 см)	6,5±0,09	5,0±0,14
№2а (контроль)	9,2±0,10	4,1±0,15
№3 (50-60 см)	7,7±0,17	5,8±0,12
№3а (контроль)	9,4±0,18	4,4±0,11

Увеличение численности углеводородокисляющих бактерий в хронически загрязненных почвах обусловлено использованием микроорганизмами углеводов нефти в качестве дополнительного источника питания.

Список литературы:

1. Назаров А.В. Влияние нефтяного загрязнения почв на растения // Вестн. Перм. ун-та. 2007. Вып. 5 (10). С. 134-139.
2. Comparative Study on Different Remediation Strategies Applied in Petroleum-Contaminated Soils / J.-Q. Cui [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2020. V. 17, N 5. С. 1606-1620.
3. Коробейникова А.С., Мурзина Ю.И., Глинская Е.В., Нечаева О.В. Физиологические группы микроорганизмов, выделенные из почвы с территории полигона (с. Колонтаево, Московская область) / Экологический мониторинг опасных промышленных объектов: современные достижения, перспективы и обеспечение экологической безопасности населения: Материалы Всерос. научно-практ. Конференции. Саратов: СГУ, 2021. С. 56-57.
4. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии. М.: Академия, 2005. 608 с.

Разнообразие форм отгиба листочка околоцветника некоторых таксонов *Colchicum* sl. европейской части России

А.Д. Орлова, А.О. Кондратьева, А.С. Пархоменко

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
nastyia.orlowa2014@yandex.ru

Ключевые слова: геометрическая морфометрия, *Colchicum bulbocodium* subsp. *versicolor*, *C. ancyrense*, *C. laetum*.

Представители *Colchicum* sl. в основном многолетние клубнелуковичные растения. Многие виды находятся под угрозой исчезновения и занесены в Красную книгу Российской Федерации и региональные Красные книги. Изучение редких растений имеет бесспорное значение, для сохранения биоразнообразия в естественных условиях среды [1].

Геометрическая морфометрия – это способ обнаружения различий между объектами только по их форме, исключая влияние абсолютных размеров. Данный подход основан на использовании так называемых меток – ландмарков, координаты которых, содержат информацию о форме изучаемых объектов, и являются входными данными для дальнейшего статистического анализа [2]. Этот метод широко используется во многих областях биологии, так как дает возможность наглядно отображать морфологические преобразования и различия [3].

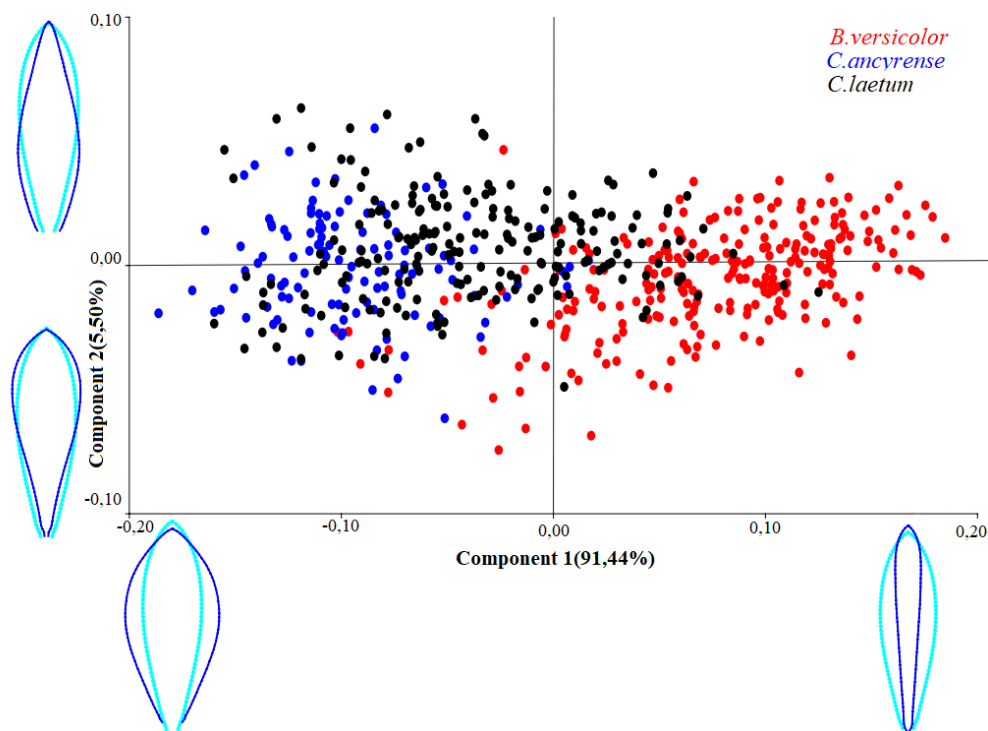
Целью исследования являлся анализ формы отгибов листочков околоцветника некоторых видов рода *Colchicum*.

Исследование проводилось в 2021–22 гг. в 24 популяциях 3 видов *Colchicum*. Было проанализировано 13 популяций *C. bulbocodium* subsp. *versicolor* (Ker Gawl.) K. Perss., 4 популяции *C. ancyrense* V. L. Burt., 7 популяций *C. laetum* Steven. В каждой популяции было промерено 30 особей. Если в популяции было меньше 30 особей, то измеряли имеющееся количество растений. Всего в анализе задействовано 570 образцов. Материал был собран в Волгоградской, Воронежской, Саратовской, Ростовской и Тамбовской областях, в Республиках Калмыкия и Крым, а также в Ставропольском крае.

Обработка материала состояла из нескольких этапов: сканирование гербарных образцов, получение оцифрованных изображений, создание массива данных. Для подготовки первичных данных для анализа формы использовался пакет программ TPS [4]. В программе MorphoJ, с помощью ряда команд была создана ковариационная матрица для последующего анализа [5].

В результате проведенного анализа, было установлено, что первые две главные компоненты объясняют 97% вариации формы.

На рисунке видно, что образцы исследованных видов образуют фактически общее общее облако рассеяния, т.е. виды по анализируемому признаку четко между собой не разделяются. При этом точки, соответствующие образцам *C. bulbocodium* subsp. *versicolor*, находятся в области положительных значений первой компоненты, соответствующей более узкой и вытянутой форме отгиба листочка околоцветника. Точки, соответствующие образцам *C. ancyrense* и *C. laetum*, расположились в левой части области ординации, т.е. имеют более широкие отгибы листочка околоцветника. При этом форма отгибов листочков околоцветника *C. laetum* более вариабельна, так как точки, соответствующие образцам этого вида, распределяются фактически по всему общему облаку рассеяния трех исследованных видов. Облака рассеяния *C. ancyrense* и *C. bulbocodium* subsp. *versicolor* перекрываются в несравнимо меньшей мере, чем облака рассеяния каждого из них с облаком рассеяния *C. laetum*.



Точки на графике соответствуют отгибам листочков околоцветника особей популяций видов рода *Colchicum*. Контурные изображения демонстрируют вариацию формы: средняя форма обозначена голубым цветом; формы, соответствующие экстремальным значениям первых главных компонент – синим

Рисунок – Изменчивость формы отгиба листочка околоцветника в пространстве первых двух главных компонент

Каркасные формы отгиба листочка околоцветника по первой компоненте изменяются от более расширенных центральной и верхней части до более суженного основания отгиба листочка околоцветника и более заостренной верхней его части. Изменение по второй компоненте каркасной формы происходит от более расширенной верхушки и более суженного основания отгиба листочка околоцветника до более расширенной центральной части, более суженного основания и более суженной верхушки отгиба листочка околоцветника. Фактически градиент изменчивости формы отгиба листочка околоцветника по первой компоненте соответствует географическому градиенту распределения образцов всех трех видов в долготном отношении

Таким образом, исследованные виды плохо разделяются между собой по признаку формы отгиба листочка околоцветника, хотя облака рассеяния точек, соответствующих образцам *C. ancyrense* и *C. bulbocodium* subsp. *versicolor* перекрываются в несравнимо меньшей мере, чем облака рассеяния каждого из них с облаком рассеяния *C. laetum*.

Список литературы:

1. Красная книга Российской Федерации (Растения и грибы) / Ю.П. Трутнев [и др.] // М.: Министерство природных ресурсов и экологии РФ и Росприроднадзор, 2008. С. 854.
2. Приходько С.А., Штирц Ю.А. Оценка изменчивости формы листовой пластинки *Populus nigra* LSL в условиях промышленных отвалов методами геометрической морфометрии // Самарская Лука: Проблемы региональной и глобальной экологии. 2019. Т. 28, № 2. С. 219-229.
3. Webster M., Sheets H.D. A practical introduction to landmark-based geometric morphometrics // The paleontological society papers, 2010. V. 16. P. 163-188.
4. Rohlf F.J. The tps series of software // Hystrix, 2015. V. 26(1). P. 9-12.
5. Васильев А.Г., Васильева И.А., Шкурихин А.О. Геометрическая морфометрия: от теории к практике // М.: Товарищество научных изданий КМК, 2018. С. 471.

Влияние химических инсектицидов на эпифитную микробиоту черной смородины

А.Д. Павлова, А.М. Петерсон

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
annadenisovnapav@mail.ru

Ключевые слова: черная смородина, эпифитная микробиота, химические инсектициды.

Черная смородина – ценное растение умеренной зоны России. Для защиты этой культуры от массовых поражений насекомыми-вредителями активно применяются химические инсектициды. Однако входящие в их состав вещества могут влиять на микробиоту поверхности растений, принимающей участие в колонизационной резистентности, а также на фитопатогенные микроорганизмы [1-2].

Целью исследования стало выявление влияния наиболее широко применяемых химических инсектицидов на эпифитную микробиоту черной смородины в условиях Саратовской области. Объектом исследования послужили растения черной смородины, произрастающие в 6 районах: Воскресенском, Екатериновском, Лысогорском, Саратовском, Татищенском, Энгельском. В экспериментах были использованы 6 препаратов: Алатар, Биокилл, Би-58 Новый, Кинмикс, Танрек, Фуфанон-Нова. Препараты разводились непосредственно перед применением согласно инструкции производителя и наносились на растения. Эксперименты проводились в условиях *in vitro* (листья, помещенные в чашки Петри) и *in vivo* (растения в открытом грунте). Контрольные растения обработке не подвергались.

До проведения обработок на поверхности побегов черной смородины было выявлено 7 видов бактерий и 16 видов грибов. Среди бактерий стабильно доминировал *Bacillus subtilis*, известный своей высокой антагонистической активностью [3]. Кроме того, были изолированы другие представители рода *Bacillus* (*B. bataviensis*, *B. halodurans*, *B. soli*), *Paenibacillus alvei*, *Lactococcus plantarum*, *Cellulomonas cellulans*.

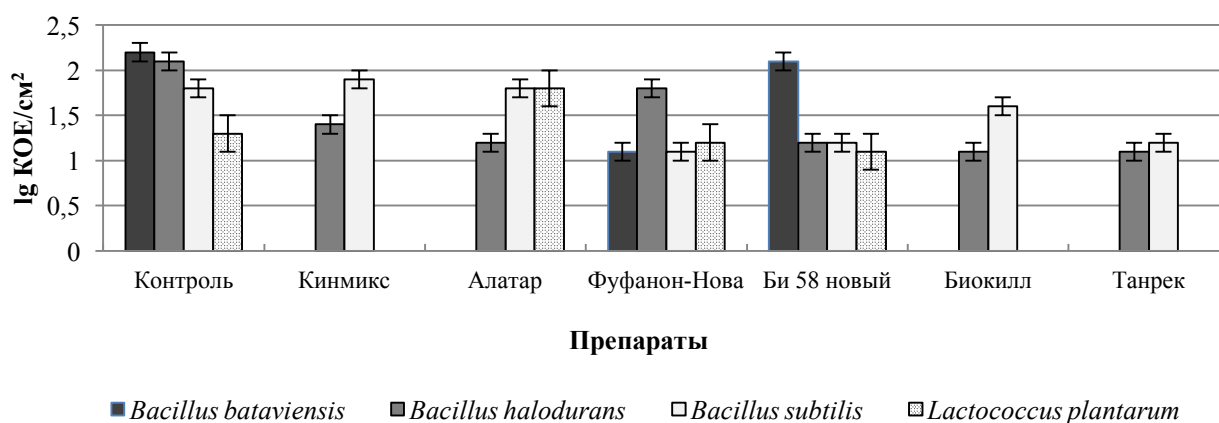
Микокомплекс побегов черной смородины включал представителей родов *Exophiala*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Ulocladium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Aphanocladium*, *Rhizopus*.

В условиях *in vitro* обработка листьев препаратами Кинмикс, Би 58 новый и Танрек на 2 сутки стимулировала рост спорных бактерий. Препараты Кинмикс, Би 58 новый и Биокилл снижали численность неспоробразующих бактерий. Однако к 7 суткам численность неспорных бактерий во всех вариантах экспериментов уже не отличалась от контроля. Численность спорных бактерий оказалась ниже контрольных значений при обработке большинством препаратов. Исключением оказались листья, обработанные Фуфанон-Нова, на которых количество спорных бактерий не отличалось от контроля.

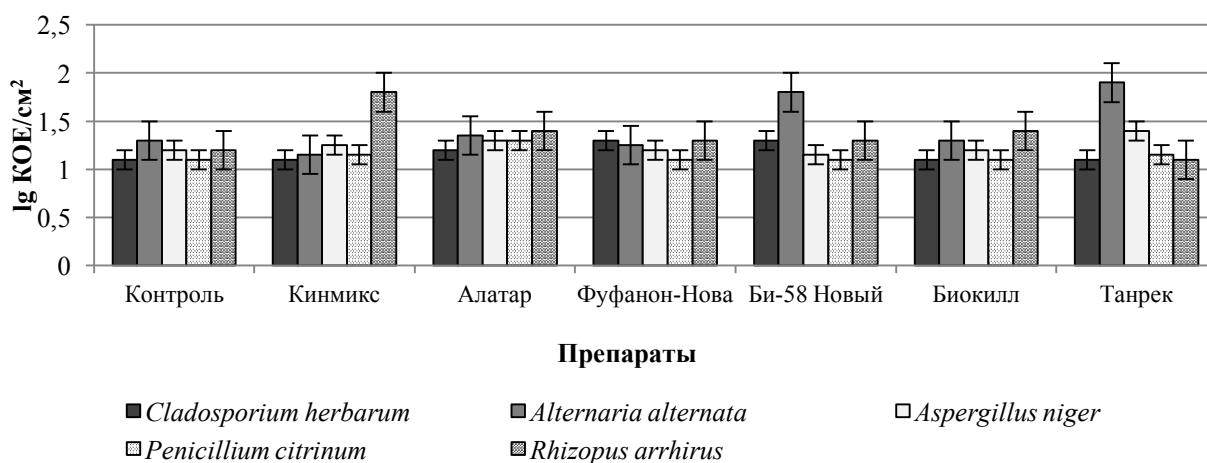
На 2 сутки использованные инсектициды вызвали стимуляцию роста грибов родов *Alternaria* и *Rhizopus*. Численность других грибов была сопоставима с контролем. К 7 суткам численность *Alternaria* и *Rhizopus* по-прежнему превышала контрольные показатели во всех вариантах эксперимента, также в этот период была отмечена стимуляция роста грибов *Penicillium* при обработке всеми препаратами, кроме Танрека. Неоднозначно оказалось влияние инсектицидов на грибы рода *Fusarium*: препараты Алатар, Фуфанон-Нова стимулировали их рост, а Кинмикс, Биокилл и Танрек подавляли.

В условиях *in vivo* через 7 дней после обработки (рисунок) наибольшее отрицательное воздействие на бактериальную часть микробиоты смородины оказали инсектициды Танрек, Кинмикс и Биокилл. Они полностью подавляли рост неспорного *Lactococcus plantarum*, а также части спорных бактерий. Остальные препараты снижали численность лишь единичных видов.

Грибы оказались более устойчивы к действию инсектицидов. Более того, Би-58 Новый и Танрек стимулировали рост *Alternaria alternata*, а Кинмикс – *Rhizopus arrhirus*, что согласуется с результатами предыдущих экспериментов *in vitro*.



А



Б

Рисунок – Изменение количественных показателей эпифитной микробиоты черной смородины на 7 сутки после обработки химическими инсектицидами: А – бактериальная микробиота, Б – грибная микробиота

Таким образом, применение химических инсектицидов с одной стороны, снижает численность бактерий, участвующих в колонизационной резистентности растений, а с другой стороны, стимулирует рост некоторых фитопатогенных грибов. Наибольшее негативное влияние на микробиоту черной смородины оказали инсектициды Танрек, Кинмикс, Биокилл и Би-58 Новый.

Список литературы:

1. Blackcurrant anthocyanins stimulated cholesterol transport via post-transcriptional induction of LDL receptor in Caco-2 cells / Bohkyung Kim [et al.] // European Journal of Nutrition. 2018. V.57, N 1. P. 405-415.
2. What can we learn from commercial insecticides? Efficacy, toxicity, environmental impacts, and future developments / P. Rezende-Teixeira [et al.] // Environmental Pollution. 2022. V.300, N 118983. P. 210-219.
3. Иркитова А.Н., Мацюра А.В., Гребенщикова А.В. Антагонистическая активность штаммов *Bacillus subtilis*, выделенных из различных источников // Ukrainian Journal of Ecology. 2018. № 8. С. 354-364.

Филогенетический анализ скорпионов рода *Mesobuthus* (Vachon, 1950), обитающих на территории Средней Азии, на основании анализа фрагментов гена протеинкиназы

Н.М. Поверенный, В.В. Аникин

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
nikitapov64@yandex.ru

Ключевые слова: *Mesobuthus*, протеинкиназа, секвенирование, кластер, скорпион.

Скорпионы рода *Mesobuthus* обитают на аридных территориях Палеарктики практически повсеместно. Известно, что видовое разнообразие скорпионов этой области связано с высоким количеством географических препятствий. В недавней ревизии рода были изучены филогенетические связи центрально-азиатских популяций на основании результатов сравнительного анализа фрагментов митохондриального гена COI [1]. Однако для подтверждения результатов и получения более подробных данных, помимо анализа митохондриальных генов, необходимо провести анализ ядерных генов.

В данной работе представлены результаты сравнительного анализа фрагментов ядерного гена протеинкиназы скорпионов рода *Mesobuthus*, обитающих на территории Средней Азии.

Азиатская часть Палеарктики – ее Сахаро-Гобийская пустынная область является центром видового разнообразия скорпионов рода *Mesobuthus*. До недавнего времени считалось, что на этой территории в основном обитает номинативный вид *Mesobuthus eupeus*, который насчитывает более десятка подвидов. В 2022 г. на основании молекулярно-генетических и морфологических исследований было доказано, что скорпионы, обитающие на этой территории, представляют собой отдельные виды [1]. Для подтверждения этих данных, а также для уточнения видового статуса скорпионов, обитающих на территории Казахстана, был проведен анализ расшифрованных последовательностей фрагментов ядерного гена.

Для исследования был выбран фрагмент гена протеинкиназы, который является одним из консервативных ядерных генов и оптимально подходит для подобного сравнительного анализа популяций скорпионов [1]. К фрагменту были подобраны специфические праймеры. ДНК была выделена из заднебрюшья скорпионов. ДНК была амплифицирована методом ПЦР-реакции, с амплификационным профилем: денатурация 95°C в течение 5 мин, затем 35 циклов по 25 сек. при 95°C, 20 сек. при 50°C и 90 сек при 72°C. Секвенирование ПЦР-продуктов осуществлялось с помощью генетического анализатора «Applied Biosystems 3500» (Thermo Fisher Scientific Inc (США)). Выравнивание сиквенсов и построение дендрограммы проводились с помощью программы MEGA X. В анализе, в качестве статистического метода, использовалась проверка максимальной вероятности, в качестве модели замещения использовалась модель Джукоса-Кантора. Молекулярные исследования проводились на базе учебной лаборатории молекулярной биологии СГУ имени Н.Г. Чернышевского.

Для исследования в анализ были введены последовательности скорпионов рода *Mesobuthus*, обитающих на территории Казахстана: г. Жезказгана (Карагандинская область), с. Шокай (Жабылская область), п.г.т. Доссор (Атырауская область), берег озера Алаколь (Абайская область), берег озера Балахаш (Алматинской области). Помимо собственных сиквенсов в анализ были введены данные из базы Genbank представителей скорпионов, обитающих на территории северо-восточного Китая, восточной Монголии [2], Турции, а также южного Казахстана, Туркменистана и Узбекистана.

Проведенный нами анализ на основе сделанных сиквенсов образцов и данных Genbank показал наличие четырех кластеров (рисунок). Первый кластер представлен сборной группой узбекских, туркменских и казахских популяций скорпионов. Второй кластер преимущественно представлен турецкой популяцией скорпионов. Третий кластер представлен южно-казахской популяцией (собственные сиквенсы собранных скорпионов). Четвертый кластер представлен восточными монгольскими и северо-восточными китайскими популяциями.

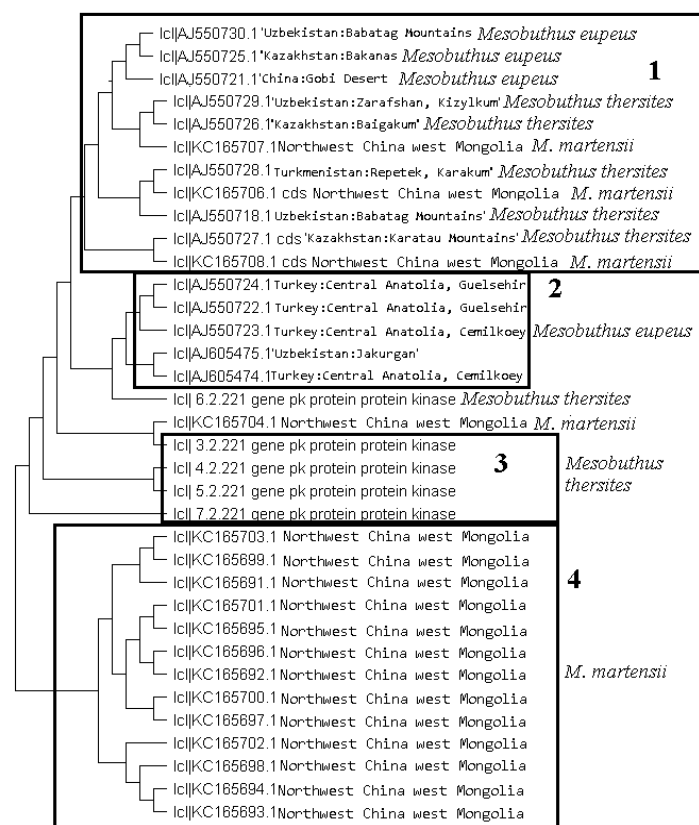


Рисунок – Результаты множественного анализа фрагментов гена протеинкиназы скорпионов, обитающих в аридных пустынных территориях Палеарктики

Исходя из результатов анализа кладограммы, можно с уверенностью сказать, что, несомненно, представители южно-казахской популяции не имеют близких связей с турецкими популяциями. Результаты анализа демонстрируют наличие связей между южно-казахской популяцией и популяциями скорпионов, обитающих в Узбекистане и Туркменистане. Интересно также наличие связей между представителями южно-казахской и восточно-монгольской популяциями. На основании нашего филогенетического анализа представителей скорпионов рода *Mesobuthus* ясно, что изученные скорпионы южно-казахской популяции относятся к виду *Mesobuthus thersites*, что согласуется с данными опубликованной в 2022 году ревизии рода [1].

Список литературы:

1. A revision of the genus *Mesobuthus* (Vachon, 1950), with a description of 14 new species (Scorpiones:Buthidae) / F. Kovařík [et al]. // *Euscorpius*. 2022. V. 348 P. 1-189.
2. Gantenbein B., Keightley P.D. Rates of molecular evolution in nuclear genes of east Mediterranean scorpions // *Evolution*. 2004. V. 58. P. 2486-2497.
3. Shi C.M., Ji Y.J., Liu L., Wang L., Zhang D.X. Impact of climate changes from Middle Miocene onwards on evolutionary diversification in Eurasia: insights from the *Mesobuthus* scorpions // *Mol.Ecol*. 2013. V. 22. P. 1700-1716.

**Межгодовая изменчивость питания орла-могильника (*Aquila heliaca*)
в национальном парке «Хвалынский»**

И.В. Прядилова, А.В. Беляченко

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
inna.pryadilova@yandex.ru

Ключевые слова: орел-могильник, рацион, национальный парк.

Орел-могильник является редким охраняемым видом России и Нижнего Поволжья. В Саратовской области изучались пространственное размещение, особенности гнездования и плодовитость, факторы, влияющие на успех размножения орла-могильника [1]. Изучение питания хищника, как одной из важных особенностей его биологии, всегда привлекало внимание орнитологов в различных регионах Российской Федерации [2–6]. На территории нашей области исследование питания могильника проводилось в 2021 г. в национальном парке Хвалынский [7]. Цель данного исследования – анализ межгодовой изменчивости состава кормов орлов-могильников, обитающих на территории национального парка Хвалынский.

В парке обнаружены 32 участка орла с 37 гнездами. Сбор полевых данных проводился в июле-августе 2021-2022 гг, когда происходит интенсивное выкармливание подросших птенцов и количество пищевых остатков под гнездами быстро увеличивается. Остатки пищи и погадки были собраны под 24 гнездами и 15 присадами, также были полностью разобраны 4 обитаемых гнезда, упавших с деревьев в результате предгрозовых шквалов или кормовой деятельности бобров. Всего обнаружено более 80 погадок взрослых птиц различной степени сохранности, около 300 экземпляров сравнительно крупных остатков жертв орлов и не менее 500 экз. мелких фрагментов. Найденные перья определялись с помощью атласа-определителя [8]. Для выявления видовой принадлежности костных остатков птиц и млекопитающих использовались коллекционные материалы Зоологического музея Саратовского государственного университета.

Было установлено, что в рационе могильника присутствуют 24 вида птиц и 20 видов млекопитающих с разной частотой встречаемости. Пищевые ресурсы, найденные более чем в 25 местах сбора из 40, отнесены к предпочитаемым, обнаруженные в 10-25 местах – к обычным, менее чем в 10 – к редким. В большинстве случаев могильник охотится на сравнительно крупную добычу: луговой лунь, канюк, обыкновенная пустельга, вяхирь, ушастая сова, серая неясыть, обыкновенная лисица, заяц-русак, лесная куница. Однако в рационе хищника были отмечены и мелкие пищевые объекты (полевой воробей, полевой жаворонок, обыкновенная каменка, золотистая щурка, серая крыса, желтогорлая мышь, малая лесная мышь, белогрудый еж) [7]. При наличии водоемов в местах охоты орла в его рационе присутствуют околотовные птицы и амфибионтные млекопитающие. Это водяная полевка, ондатра, крякva. Нами, как и другими исследователями [2–4], отмечены факты добычи в 2021 г. тремя парами орлов (участки на горе Барминская, горе Троицкая, в овраге Крутенький) серой цапли. На с/х полях могильник добывает кормящихся там чаек [7]. Могильники, гнездящиеся недалеко от крупных населенных пунктов (села Еремкино и Демкино) ловят домашнюю курицу, домашнюю кошку, серую крысу.

Объектами питания орла являются также животные, которые ведут подземный образ жизни. Так, в 2021 г нами отмечена неоднократная добыча могильником у села Еремкино обыкновенной слепушонки [5], в 2022 г этот же орел поймал обыкновенного слепыша. Различные авторы приводят факты охоты хищника в других частях ареала на алтайского цокора, сибирского крота [5, 6] и обыкновенного слепыша [4].

Анализ данных по питанию орла показал межгодовую изменчивость трофической специализации разных пар. Преобладающими кормами хищников в 2021 г были сорока и степной сурок, в 2022 г сурок также оставался предпочитаемым кормом, присутствие сороки в рационе резко уменьшилось. Вероятно, это связано со снижением ее численности в 2022 г. К обычным компонентам питания в 2021 г относились обыкновенная лисица, заяц-русак,

крапчатый суслик, серая куропатка, ушастая сова, вяхирь, остальные виды кормов относились к редким [7]. На следующий год такие компоненты питания как обыкновенная лисица, серая куропатка, ушастая сова перешли из разряда обычных в редкие.

Покажем эту закономерность на отдельных примерах. Под гнездом пары, обитающей в окр. с. Еремкино, в 2021 г было найдено значительное количество самых разнообразных кормов (остатки шести видов птиц и пяти видов млекопитающих), в 2022 г обнаружены остатки лишь трех видов млекопитающих (белогрудого ежа, степного сурка и обыкновенного слепыша). Среди кормовых остатков пары, обитающей на северном склоне г. Барминская, в 2021 г присутствовали серая куропатка, ушастая сова, вяхирь, заяц-русак, крапчатый суслик, обыкновенная лисица [7]. В 2022 г эти компоненты в питании орла отсутствовали. В рационе орлов, гнездящихся в окр. с. Подлесное, в 2021-2022 гг присутствовали исключительно птицы с преобладанием грача. На гнездовом участке в окр. с. Демкино среди пищевых остатков были найдены лишь млекопитающие (степной сурок и обыкновенная слепушонка). В 2022 г найдены новые компоненты питания могильника: череп лесного хоря, часть осевого скелета мелкой змеи. Такие изменения в питании, вероятно, связаны с изменением численности тех или иных доступных кормов в разные годы.

В результате проведенных исследований установлена высокая пищевая пластичность орла-могильника. Однако, снижение встречаемости предпочитаемых кормов, связанное с распашкой старозалежных участков, где располагались колонии сурков, вызывает опасения в благополучном состоянии популяции орла-могильника национального парка.

Список литературы:

1. Особенности ландшафтной приуроченности, оценка продуктивности и успешности размножения орла-могильника *Aquila heliaca* в национальном парке «Хвалынский» (Саратовская область) / А.В. Беляченко [и др.] // Русский орнитологический журнал. 2019. Т. 28, Экспресс-выпуск № 1863. С. 5877-5887.
2. Бекмансуров Р.Х., Карякин И.В. Результаты мониторинга гнездовых группировок орла-могильника в республике Татарстан в 2011–2012 гг., Россия // Пернатые хищники и их охрана. 2013. № 26. С. 84-108.
3. Карякин И.В., Николенко Э.Г. Могильник в Хакасии и Красноярском крае, Россия // Пернатые хищники и их охрана. 2010. № 20. С. 158-176.
4. Витер С.Г. Распространение и биология орла-могильника (*Aquila heliaca* Sav.) и орлана-белохвоста (*Haliaeetus albicilla* L.) в Днепро-Донском междуречье. дис. канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 2012. 182 с.
5. Вазов С.В. Могильник в Республике Алтай и Алтайском крае, Россия // Пернатые хищники и их охрана. 2010. № 20. С. 146-157.
6. Могильник в горах Алтая / И.В. Карякин [и др.] // Пернатые хищники и их охрана. 2009. № 15. С. 76-79.
7. Прядилова И.В., Беляченко А.В. Питание орла-могильника (*Aquila heliaca*) в национальном парке «Хвалынский» // Научные труды Национального парка «Хвалынский»: сборник научных статей. Саратов – Хвалынский: ООО «Амирит», 2021. Вып. 13. С. 69-75.
8. Корепова Д.А. Атлас-определитель перьев птиц / Науч. ред. О.Л. Силаева. Ульяновск, 2016. 320 с.

Кряква (*Anas platyrhynchos*) как модельный объект для изучения синантропизации водоплавающих птиц в условиях г. Саратова

А.Е. Пушкова, Е.Ю. Мосолова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского Саратов, Россия
z89271017046@yandex.ru

Ключевые слова: кряква, зимовка, размножение, гнездование, синантропизация.

Антропогенные экосистемы существенно отличаются от естественных, в первую очередь условиями биотопов, которые на территории городов, порождают большое количество экологических ниш, и мозаичным характером природных комплексов, а также постоянным увеличением предметных компонентов окружающей среды и непрерывным присутствием человека, влияющего на поведение животных, живущих в городских районах [1]. Формирование городских популяций птиц в каждом регионе зависит от особенностей местного урбанизационного процесса, соотношения темпов роста основы агломерации и степени развитости сети более мелких населенных пунктов за пределами крупных городов [2].

Кряква, благодаря своей пластичности, успешно осваивает урбанизированный ландшафт. Зимует на местах с постоянной подкормкой антропогенного происхождения, при чем достаточно давно: первые сведения о единичных встречах уток в зимний период на территории некоторых городов европейской части России отмечались еще в конце XIX в. [3], но наиболее активное формирование зимовочных популяций в крупных городах стало происходить со второй половины XX века [4]. Несмотря на это, наличие многочисленных зимних скоплений уток для г. Саратов и некоторых районных центров области явление относительно недавнее (с 2010-х гг.).

Смягчение зимних условий в результате урбанизации позволило успешно зимовать сначала отдельным особям, а затем группам разной численности, поскольку кряквы, остающиеся зимой на незамерзающих участках водоемов средних широт, привлекают перелетных птиц, за счет чего количество зимующих особей быстро увеличивается [4]. Увеличение численности зимующих уток в следствии перехода части особей к оседлому образу жизни, является одним из факторов смены естественных условий обитания на городские. Кроме того, появление оседлых популяций кряквы ведет к возрастанию количества размножающихся особей на городских водоемах, а полное отсутствие охотничьего прессы в разы увеличивает успешность размножения данного вида.

Для выяснения скорости и путей проникновения кряквы в городские местообитания г. Саратова использована шкала синантропизации, стадии от нулевой до четвертой (с некоторыми модификациями), разработанная польским орнитологом Л. Томялойч [5] при изучении городской популяции вяхиря (*Columba palumbus*). В весенне-летний период на территории городского парка и некоторых прудов г. Саратова проводился учет гнездящихся крякв. Фиксировались гнездящиеся самки, количество птенцов в выводках и их возраст. Сроки вылупления птенцов и откладки первого яйца самками определяли методом обратного отсчета, исходя из возраста птенцов и принимая средний срок насиживания за 28 дней. Успешность размножения оценивали по числу утят в выводке с момента появления выводка и до подъема на крыло. Для оценки степени приспособления птиц к соседству с человеком для гнездящихся и зимующих крякв был рассчитан простейший индекс синантропизации по формуле, предложенной А.Г. Резановым [6].

В гнездовой период 2021 г. на обследованных водоемах нами было зафиксировано 18 выводков, с общим количеством птенцов 63 особи, в 2022 г. – 21 выводок с 76 птенцами. Количество птенцов в одном выводке колебалось от 1 до 12 шт, в среднем 5 особей. При этом выживаемость птенцов (количество выживших до момента поднятия на крыло) составила более 70% ежегодно. В 2022 г. отмечены новые места гнездования на Андреевских прудах, расположенных на территории природного парка «Кумысная поляна»; Бахчевом пруду в Ленинском р-не; Воробьевских прудах в Заводском р-не.

Таким образом, городская популяция г. Саратова находится на второй стадии формирования, когда плотность гнездования на городских прудах и в парках выше, чем на водоемах за пределами населенных пунктов. Индекс синантропизации, для гнездящийся в г. Саратов популяции крякв составляет 0.50, в зимний период данный показатель составляет 0.94.

При урбанизации изменяется не только численность птиц, но и их поведение и экология. Адаптации кряквы к жизни в городе, рядом с человеком, разнообразны. Прежде всего, к ним относится изменение типа питания и способы добычи пищи, сезонные и суточные перелеты, переход к дневному образу жизни, смещение и растянутость сроков размножения, а также толерантность к человеку. На территории городских водоемов дистанция вспугивания зимой составляет 0,5-3 м, в то время как летом расстояние увеличивается до 10 метров. В естественной среде дистанция вспугивания составляет 100-150 м.

Урбанизация кряквы (за последнее десятилетие) на территории Саратовской области происходит достаточно быстро. Обилие и доступность кормов антропогенного происхождения – важнейший фактор увеличения зимующих и гнездящихся крякв в населенных пунктах, хорошая защищенность от неблагоприятных факторов (ветра, низких температур, большого числа хищников) объясняет существование крупных зимовок кряквы в европейской части России, в том числе и в Саратовской области, а отсутствие охотничьего пресса хорошую вероятность выживаемости выводков.

За счет высокой пластичности кряквы, вид является удачной моделью для изучения процессов синантропизации и урбанизации водоплавающих птиц, включая изучение адаптаций других видов отряда Гусеобразные (Anseriformes), которые в последние несколько лет часто появляются на городских водоемах. Так, например, на водоемах городского парка г. Саратова в осенне-зимний сезон 2022/2023 гг. в стаях с кряквами отмечены шилохвость (*Anas acuta*), свиязь (*Anas penelope*) и хохлатая чернеть (*Aythya fuligula*).

Список литературы:

1. Симкин Г.Н., Кавтарадзе Д.Н., Фридман В.С. О функциональной классификации природных экологических комплексов большого города и проблеме урбанизированных территорий // Экополис 2000: экология и устойчивое развитие города: Материалы III международной конференции по программе «Экополис». Москва: РАМН, 2000. С. 106-108.
2. Фридман В.С. 2014. Модели урбанизации «диких» видов птиц [Электронный ресурс]: <https://www.academia.edu/12003243/> (дата обращения: 24.02.23)
3. Бирин У.А. 19 лет коллективных учётов кряквы *Anas platyrhynchos* в Санкт-Петербурге // Русский орнитологический журнал. 2015. №2. С. 38-40.
4. Авилова И.В., Корбут, В.В., Фокин С.Ю. Урбанизированная популяция водоплавающих (*Anas platyrhynchos*) г. Москвы. М.: Аргус, 1994. 176 с.
5. Tomiatojc L. The urban population of the woodpigeon *Columba palumbus* Linnaeus, 1758, in Europe - its origin, increase and distribution. *Acta zoologica cracoviensia*. 1976. V. 21. N 18. P. 585-632.
6. Резанов А.А., Резанов А.Г. Индекс оценки степени синантропизации у птиц на основе их антропоустойчивости: эколого-поведенческое обоснование // Вестник МГПУ. 2014. № 1 (13). С. 16-22.

Антибактериальная активность и физико-химические свойства гидроксиметильных производных бензимидазола

Н.В. Родионова

Самарский национальный исследовательский университет

имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

natvlrod@gmail.com

Ключевые слова: *Pseudomonas aeruginosa*, гидроксиметильные производные, бензимидазол.

Устойчивость бактерий к антибактериальным препаратам является общеизвестным фактом, однако за последние десять лет не были созданы новые высокоэффективные антибактериальные препараты, а те, которые появились на рынке, являются производными уже существующих. Необходимо понять не только механизмы устойчивости к известным антибиотикам, но и создать препараты с высокой избирательной активностью. В связи с последним нужны исследования антибактериальной активности химических соединений, незначительно отличающихся структурой с целью понимания возможности их применения. *Pseudomonas aeruginosa* входит в шесть самых опасных прокариотов для населения развитых стран [1] и характеризуется высокой устойчивостью к уже существующим антибиотикам. Именно поэтому логичным было исследование ее реакции на производные бензимидазола, проявивших различную фармакологическую активность [2].

В данной работе была проанализирована антибактериальная активность трех производных бензимидазола, отличающихся положением и числом гидроксиметильных групп: N-гидроксиметилбензимидазол (BzImN-CH₂OH), C-гидроксиметилбензимидазол (BzImC-CH₂OH), 2,3-дигидроксибензимидазол (BzImdi-CH₂OH).

Исследовали спиртовые растворы соединений в концентрации 0,0001 мг/мл, 0,001 мг/мл, 0,01 мг/мл и 0,1 мг/мл. Растворителем служил 0,5% изопропиловый спирт.

Тест-объектом служили *Pseudomonas aeruginosa* (Референс АТСС 27853 Париж) из коллекции в Межрайонной ветеринарной лаборатории ОГБУ «Мелекесский центр ветеринарии и безопасности продовольствия им. С. Г. Дырченкова».

Для анализа антибактериальной активности использовали стандартный диско-диффузионный метод анализа токсичности. Средой для *Pseudomonas aeruginosa* служил агар Гевинталь-Ведьминой. Инокулом использовали стандартный, соответствующий по плотности 0,5 по стандарту МакФарланда и содержащий $1,5 \times 10^8$ КОЕ/мл. Контролем служил диск с растворителем, расположенный в середине чашки Петри. Все соединения в исследуемых концентрациях испытывались в 13-ти повторах. Достоверность различий между действиями соединений проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа и непараметрического критерия Вилкоксона-Манна-Уитни [3].

Физико-химические параметры исследованных гидроксиметильных производных бензимидазола были рассчитаны с использованием программы Spartan'14 V1.1.4 (таблица).

Таблица - Физико-химические характеристики гидроксиметильных производных бензимидазола

№	Соединение	Объем, А ³	Суммарный дипольный момент, D	Липофильность log P
1	BzImN-CH ₂ OH	152,00	3,18	0,67
2	BzImC-CH ₂ OH	150,13	2,28	0,65
3	BzImdi-CH ₂ OH	176,93	6,02	0,57

Результаты антибактериальной активности представлены на рисунке.

Как показали проведенные исследования синегнойная палочка слабочувствительна к изопропиловому спирту, избранному в качестве растворителя.

В низких концентрациях все исследования производных бензимидазола не проявили токсичность к *Pseudomonas aeruginosa*. Наиболее токсичным во всех избранных

концентрациях был VzImC-CH₂OH, в максимальной концентрации, с этим производным сравнился по токсичности VzImN-CH₂OH ($p < 0,05$).

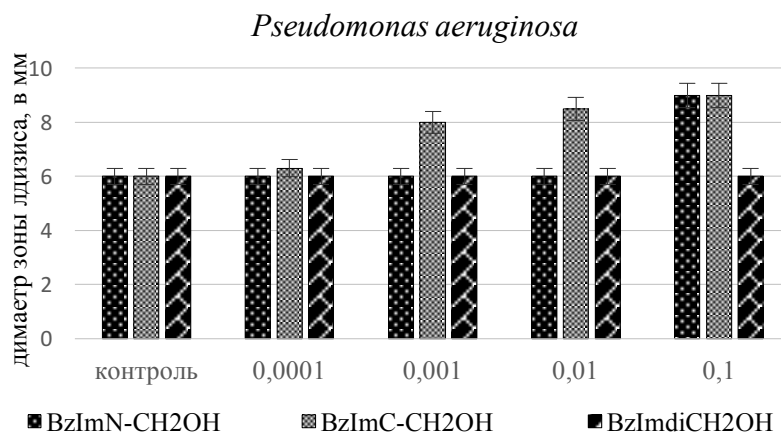


Рисунок – Влияние спиртовых растворов гидроксиметильных производных бензимидазола на *Pseudomonas aeruginosa*

Известно, что *Pseudomonas aeruginosa* формирует биопленку [4], которая облегчает выживаемость *Pseudomonas aeruginosa* после интенсивной антибактериальной терапии. Для большинства известных антибиотиков доказана широкая резистентность к ним у большинства природных штаммов, поэтому, обнаруженная нами высокая чувствительность *Pseudomonas aeruginosa* к VzImC-CH₂OH, говорит об обнаруженном перспективном направлении для синтеза препаратов, управляющих инфекционным процессом.

Исследуя влияние структуры и физико-химических свойств для *Pseudomonas aeruginosa*, мы обнаружили, что этот организм, чувствителен к числу и положению активных групп (-CH₂OH). Чем выше липофильность соединения, тем выше его ингибирующие свойства ($p < 0,05$).

Подводя итоги проделанной работе, можно сделать вывод о том, что соединения данного типа являются перспективными для синтеза препаратов, способных преодолеть растущую резистентность прокариот к антибиотикам.

Выражаем благодарность научному руководителю, к. б. н., доценту кафедры биохимии, биотехнологии и биоинженерии Самарского университета Е.С. Селезневой.

Список литературы:

1. Лазарева А.В., Чеботарь И.В., Крыжановская О.А., Чеботарь В.И., Маянский Н.А. *Pseudomonas aeruginosa*: патогенность, патогенез и патология // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2015. Т.17, № 3. С.170-186.
2. Гурова Н.А. Производные бензимидазола – новый класс кардиопротекторных средств / дисс. на соиск... д.м.н. Волгоград, 2015. 340 с.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с
4. Маянский А.Н., Чеботарь И.В., Руднева Е.И., Чистякова В.П. *Pseudomonas aeruginosa*: характеристика биопленочного процесса // Молекулярная генетика, микробиология и вирусология. 2012. Т. 1. С. 3-8.

Влияние минерального питания на продуктивность, пищевую ценность и содержание нитратов в микрозелени семейства *Brassicaceae* в условиях разных фотопериодов

А.А. Рубаева, Е.Г. Шерудило, Т.Г. Шубаева

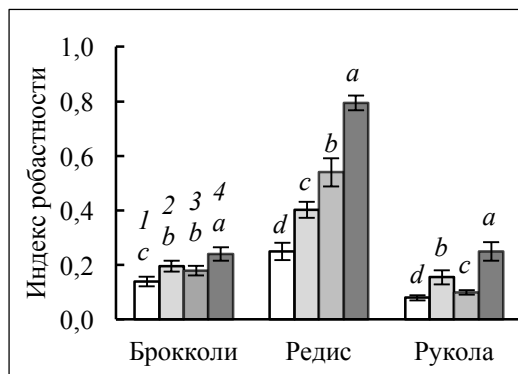
Институт биологии, ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук»,
Петрозаводск, Россия
arubaeva@krc.karelia.ru

Ключевые слова: микрозелень, минеральное питание, фотопериод, функциональный продукт.

Микрозелень – это съедобные растения в фазе первой пары настоящих листьев. Пищевая ценность таких растений значительно выше, чем взрослых растений. Для того, чтобы продукт был коммерчески успешным, требуется высокая продуктивность (урожайность). Критериями высокого качества микрозелени как «функционального продукта» являются пищевая ценность и безопасность. Пищевая ценность определяется содержанием биологически активных веществ, а безопасность в основном концентрацией нитратов. Микрозелень выращивают на гидропонике, и чаще всего применяются 25-50% питательные растворы на основе раствора Хогланда. Информации о влиянии минерального питания на содержание в микрозелени биологически активных веществ, а также нитратов, в литературе крайне мало. Целью настоящей работы было изучить влияние минерального питания на содержание веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, в микрозелени трех видов растений семейства *Brassicaceae*. Опыты проводили при фотопериодах 16 и 24 ч, чтобы определить, как круглосуточное освещение, часто применяемое при выращивании микрозелени для повышения эффективности использования электроэнергии, может модифицировать реакцию растений на уровень минерального питания.

Объектами исследования служили брокколи (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck), редис (*Raphanus sativus* var. *radicula* Pers.) и рукола (*Eruca sativa* Mill.). Растения выращивали на ковриках из кокосового субстрата при температуре воздуха 22±1°C. Освещение обеспечивали светодиодными лампами (LED GL V300, Китай), соотношение светодиодов (%) красного/зеленого/синего составляло 50:21:18. Использовали фотопериоды 16 или 24 ч при ФАР 270 мкмоль/(м² с). Полив осуществляли дистиллированной водой или 50%-ным питательным раствором Хогланда (рН – 6.2-6.4).

Анализ растений проводили на 12-ый день после посева в фазе появления первых настоящих листьев. У десяти проростков каждого вида всех вариантов были измерены длина и диаметр гипокотыля, сырой и сухой вес побегов. Индекс робастности (от англ. *robust* – крепкий) определяли как отношение сухой массы побега, умноженной на диаметр гипокотыля, к длине гипокотыля. Содержание хлорофилла, каротиноидов, антоцианов и пролина определяли спектрофотометрическим методом с использованием СФ-2000 (Спектр, Россия). Содержание нитратного азота определяли потенциометрическим методом с помощью рН-метра Анион-4100 (Анион, Россия).



Результаты исследования показали, что у всех трех видов растений индекс робастности (интегральный показатель продуктивности) был выше при выращивании микрозелени на питательном растворе по сравнению с водой (рисунок).

Рисунок – Индекс робастности микрозелени брокколи, редиса и руколы, выращенных в условиях фотопериодов 16 ч (1 и 2) и 24 ч (3 и 4) при поливе дистиллированной водой (1 и 3) или питательным раствором (2 и 4)

Растения, выращенные на питательном растворе, имели более высокое содержание хлорофилла и каротиноидов, а также нитратов (но их содержание не превышало допустимых значений), по сравнению с микрозеленью, выращенной на воде (таблица). При этом в условиях 24-часового фотопериода уровень содержания нитратов у растений был значительно ниже по сравнению с 16-часовым фотопериодом. В то же время содержание антоцианов было выше у растений, выращенных на воде, за исключением руколы в условиях круглосуточного освещения, у которой на питательном растворе содержание антоцианов увеличивалось. Содержание пролина было выше в условиях 16-часового фотопериода у растений на воде, а при круглосуточном освещении – у растений на питательном растворе.

Более высокая продуктивность растений, выращенных на питательном растворе, ожидаема, так как минеральное питание является одним из важнейших факторов продуктивности растений. Увеличение содержания антоцианов и пролина у растений, выращенных на воде, объясняется тем, что любые неблагоприятные факторы, включая дефицит минерального питания, приводят к накоплению у растений вторичных метаболитов, выполняющих защитную функцию, что одновременно может повышать пищевую ценность микрозелени. Дефицит азота у растений, выращенных на воде, привел к меньшему накоплению вредных для человека нитратов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что результат изучения зависимости между составом и содержанием веществ, определяющих пищевую ценность микрозелени, и количеством минеральных веществ в растворе определяется как минимум особенностями изучаемого вещества, видом растения и сопутствующими условиями (в данной работе продолжительностью фотопериода). При этом изменения отдельных показателей пищевой ценности и продуктивности в ответ на изменение условий минерального питания могут носить разнонаправленный характер. Продуктивность же микрозелени и содержание в ней нитратов, как правило, имеют разную (противоположную) зависимость от уровня минерального питания.

Таблица – Содержание хлорофилла, каротиноидов, антоцианов, пролина и нитратов в микрозелени брокколи, редиса и руколы, выращенной при поливе дистиллированной водой или питательным раствором в условиях разных фотопериодов

Содержание	Фотопериод 16 ч		Фотопериод 24 ч	
	дистил. вода	пит. раствор	дистил. вода	пит. раствор
<i>Brassica oleracea var. italica</i>				
хлорофилл, мг/г	6,5±0,3 b	9,0±0,3 a	6,5±0,5 b	8,1±0,6 a
каротиноиды, мг/г	0,72±0,05 b	1,2±0,1 a	0,79±0,09 b	1,3±0,1 a
антоцианы, у.е.	2,2±0,3 c	1,3±0,3 d	3,3±0,1 a	2,6±0,2 b
пролин, мкмоль/г	39,2±1,0 a	28,8±2,0 c	32,4±0,8 b	38,0±2,4 a
нитраты, мг/кг	1709±155 c	2418±25 a	1197±117 d	2024±51 b
<i>Raphanus sativus var. radicula</i>				
хлорофилл, мг/г	5,6±0,3 b	6,5±0,2 a	4,7±0,5 c	6,2±0,3 a
каротиноиды, мг/г	0,6±0,05 c	0,8±0,1 ab	0,72±0,09 b	1,0±0,1 a
антоцианы, у.е.	0,9±0,2 b	0,2±0,1 d	1,6±0,1 a	0,4±0,1 c
пролин, мкмоль/г	28,4±0,9 b	9,7±0,8 d	35,4±3,4 a	16,7±2,3 c
нитраты, мг/кг	1058±60 b	1885±55 a	836±50 c	1690±41 a
<i>Eruca sativa</i>				
хлорофилл, мг/г	6,8±0,2 d	12,3±0,7 a	7,6±0,2 c	9,6±0,4 b
каротиноиды, мг/г	0,92±0,02 b	0,7±0,1 c	1,01±0,03 a	0,9±0,1 b
антоцианы, у.е.	2,6±0,1 c	1,7±0,2 d	3,1±0,1 b	5,7±0,7 a
пролин, мкмоль/г	38,1±1,4 b	27,4±1,7 c	41,6±0,7 b	153,5±22,1 a
нитраты, мг/кг	313±11 c	2083±68 a	196±13 d	1254±28 b

Исследования выполнены в рамках гос. задания КарНЦ РАН №FMEN-2022-004.

Оценка экотоксичности меламина методом, основанным на определении дегидрогеназной активности *Dietzia maris* AM3

М.С. Савенкова, А.Д. Демышева, Е.В. Плевакова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
savenkova.maria.s@yandex.ru

Ключевые слова: меламина, дегидрогеназная активность, *Dietzia maris* AM3.

Меламина (1,3,5-триазин-2,4,6-триамин) – это богатое азотом органическое гетероциклическое соединение, безгалогенный антипирен. Меламина придает материалам, в состав которых он входит, такие полезные свойства, как устойчивость к воздействию открытого огня, тепла, воды, других внешних влияний. Благодаря таким характеристикам меламина и его производные: меламинаформальдегидные смолы и соли меламина (цианурат, фосфат, пирофосфат и полифосфат) нашли применение практически во всех отраслях промышленности, от изготовления предметов бытового назначения до строительной отрасли. В окружающей среде меламина содержится преимущественно в воде [1]. Согласно СанПиН 1.2.3685-21 [2], ПДК меламина в воде составляет 4 мг/л, признак вредности – санитарно-токсикологический, класс опасности – 2 (высокоопасные вещества).

Меламина не метаболизируется в организме и не проявляет генотоксичности и канцерогенных свойств. Однако при длительном употреблении продуктов, содержащих большое количество этого вещества, у крыс возникал рак мочевого пузыря. «Меламинавые скандалы» выявили и другие опасные свойства этого вещества. В 2007 г. меламина обнаружили в глютене, который использовали для приготовления кормов для домашних животных. Из-за нарушений работы почек, вызванных меламинами, в США в 2007 г. умерло более 4000 кошек и собак. В 2008 г. выяснилось, что некоторые китайские компании добавляли меламина в пищевые продукты, в том числе, в сухое молоко для приготовления детского питания, пострадали 300 тысяч детей, 6 младенцев погибли [3]. Высокие дозы меламина приводили у детей и домашних животных к образованию нерастворимых кристаллов в мочевыделительной системе [4], особенно в присутствии циануровой кислоты. Кристаллы могут блокировать почечные трубочки, потенциально останавливая выработку мочи, вызывая почечную недостаточность [4]. В результате проведенных многочисленных исследований острой и хронической токсичности меламина для млекопитающих и человека было обнаружено, что он имеет наиболее выраженное нефротоксическое и гепатотоксическое действие [5, 6]. Экотоксичность меламина менее изучена. Исследования острой и хронической токсичности меламина были проведены на водных организмах *Tetrahymena pyriformis*, *Tetrahymena thermophila*, *Scenedesmus pannonicus*, *Daphnia magna* [7]. В результате этих исследований были установлены значения LC₁₀ и LC₅₀, которые значительно превышают ПДК в воде.

Цель настоящего исследования заключалась в оценке экотоксичности меламина с помощью метода, основанного на определении дегидрогеназной активности микробного штамма *Dietzia maris* AM3, выделенного ранее из нефтяного шлама. Дегидрогеназы данного штамма способны восстанавливать за счет дегидрирования бесцветный субстрат 2,3,5-трифенилтетразолийхлорид (2,3,5-ТТХ) до 2,3,5-трифенилформаза (2,3,5-ТФФ) темно-красного цвета. Дегидрогеназы высоко чувствительны к действию токсичных веществ, в присутствии которых их активность снижается. Это позволяет путем сравнения количества 2,3,5-ТФФ, образованного дегидрогеназами *D. maris* AM3, в опытах и контроле оценить степень токсичности растворов исследуемых веществ [8]. Разницу показателей до 10 % по сравнению с контролем не принимают во внимание, разница в 10-30 % указывает на слабую токсичность, от 30 до 50 % – на среднюю степень, а выше 50 % – на высокую степень токсичности.

В настоящих исследованиях мы оценили токсичность меламина в водных растворах при концентрациях, равных: ПДК (4 мг/л); 5ПДК (20 мг/л) и 10ПДК (40 мг/л) в сравнении с

контролем (микробный штамм *D. maris* АМЗ без меламина). Химически чистый меламина представлял собой бесцветные, не имеющие запаха кристаллы (Торговый дом «Воткинский завод теплоизоляционных материалов»). Все варианты были изучены в трех повторностях. Культивирование производилось в среде, содержащей 1,2 мл NaPO₄; 0,5 мл 0,1М глюкозы; 0,1 мл 0,1М MgSO₄; 0,2 мл 0,5 % 2,3,5-ТТХ и 1 мл суспензии трехсуточной культуры *D. maris* АМЗ в стерильном физиологическом растворе мутностью 0,7 единиц по Мак-Фарланду. Через 6 сут. инкубирования в термостате при t=28 °С ацетоном экстрагировали образовавшийся 2,3,5-ТФФ и колориметрировали окрашенный экстракт на фотоэлектроколориметре КФК-2 при λ=440 нм. Количество образованного *D. maris* АМЗ 2,3,5-ТФФ рассчитывали по предварительно построенной калибровочной кривой, выражая в мг/мл.

Было установлено, что по сравнению с контролем меламина в концентрации, равной ПДК, оказал стимулирующее воздействие на активность дегидрогеназ *D. maris* АМЗ, которая была на 16 % выше, чем в контроле. Учитывая, что меламина содержит 67 % азота (по массе), возможно, именно высокое содержание азота стало причиной увеличения ферментативной активности тест-микроорганизма. При концентрациях меламина, равных 5 и 10ПДК, разница в активности дегидрогеназ по сравнению с контролем составила 19,3 и 10,5 %, что указывало на слабую токсичность.

Полученные результаты расширяют представления о токсичности меламина по отношению к микроорганизмам – типичным представителям почвенных микробценозов.

Список литературы:

1. Melamine in the environment: a critical review of available information / L.H. Lütjens [et al.] // Environmental Sciences Europe. 2023. V. 35. Article number: 2.
2. Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»: утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2.
3. Melamine-contaminated powdered formula and urolithiasis in young children / N. Guan [et al.] // New England Journal of Medicine. 2009. V. 360, N 11. P. 1067-1074.
4. Chu C.Y., Wang C.C. Toxicity of melamine: the public health concern // Journal of Environmental Science and Health, Part C: Toxicology and Carcinogenesis. 2013. V. 31, N 4. P. 342-386.
5. Печникова И.А. Сравнительная оценка токсичности и опасности сим-триазинов в воде на примере производных циануровой кислоты и меламина: специальность 14.02.01 «Гигиена»: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. М., 2013. 140 с.
6. Dalal R.P., Goldfarb D.S. Melamine-related kidney stones and renal toxicity // Nature Reviews Nephrology. 2011. V. 7, N 5. P. 267-274.
7. Smith C.E. Water quality standards for melamine. A proposal in accordance with the methodology of the Water Framework Directive. RIVM Letter report 2018-0077. The Netherlands: National Institute for Public Health and the Environment, 2018. 48 p.
8. Плешакова Е.В. Разработка нового метода определения токсичности нефтезагрязненной почвы // Вестник СГТУ. 2010. № 3. С. 188-193.

Применение метода ДНК-комет для оценки действия растительных экстрактов

С.В. Сальникова¹, М.Н. Курчатова²

¹Гимназия №3, Саратов, Россия

² Саратовский государственный медицинский университет имени В.И. Разумовского,
Саратов, Россия.

sonya_salnikova06@mail.ru

Ключевые слова: метод ДНК-комет, ДНК, растительные экстракты.

Метод ДНК-комет (Comet assay) основан на обнаружении разрывов ДНК, образовавшихся при воздействии широкого спектра повреждающих агентов химической, физической и биологической природы. В основе метода лежит проведение гель-электрофореза единичных лизированных клеток. ДНК визуализируют посредством окрашивания флуоресцентным красителем, после чего образцы изучают микроскопически. При наличии разрывов ДНК нарушается структурная организация хроматина и формируются фрагменты ДНК. В электрическом поле фрагменты ДНК вытягиваются по направлению к аноду, что и придает наблюдаемым объектам вид «комет». Метод ДНК-комет был впервые предложен в 1984 г. Ostling и Johanson. Тест проводится на различных живых организмах и клеточных культурах.

Метод ДНК-комет подтвердил генопротекторное действие экстракта гинкго двулопастного, маслины культурной, горечавки желтой, иссопа лекарственного, и др. Но известно также и генотоксическое действие некоторых растительных веществ.

Целью работы являлся анализ влияния на ДНК клеток костного мозга мышей экстракта из цветков бессмертника песчаного.

Из цветков бессмертника песчаного фирмы ООО «Красногорсклексредства» получен флавоноидсодержащий экстракт согласно патенту «Способ получения сухого экстракта из растительного сырья, обладающего биологической активностью», № 2482863. Исследование выполнено на самцах беспородных мышей.

Сухой экстракт из бессмертника растворяли в воде и вводили в дозе 100 мг/кг перорально в течение 5 суток. Выбор дозы экстракта основан на данных предшествующих исследований. Животным группы контроля вводили эквивалентные объемы воды для инъекций.

Оценку поврежденности ДНК в клетках костного мозга проводили методом ДНК–комет в щелочной версии. Микропрепараты готовили через 3 часа после последнего введения препаратов. С каждого микропрепарата анализировали не менее 100 «комет». Подсчитывали содержание ДНК в хвосте комет в % (Tail DNA) с помощью программы CASP. Статистическую обработку результатов проводили с помощью программы STATISTICA (при $p=0,01$).

По результатам исследования определено, что экстракт бессмертника в дозе 100 мг/кг не проявлял ДНК-повреждающую активность в клетках костного мозга мышей по сравнению с группой негативного контроля (13,69% Tail DNA по сравнению с 11,12% Tail DNA).

В заключении можно сделать вывод об отсутствии генотоксического действия экстракта бессмертника в дозе 100 мг/кг на костный мозг мышей.

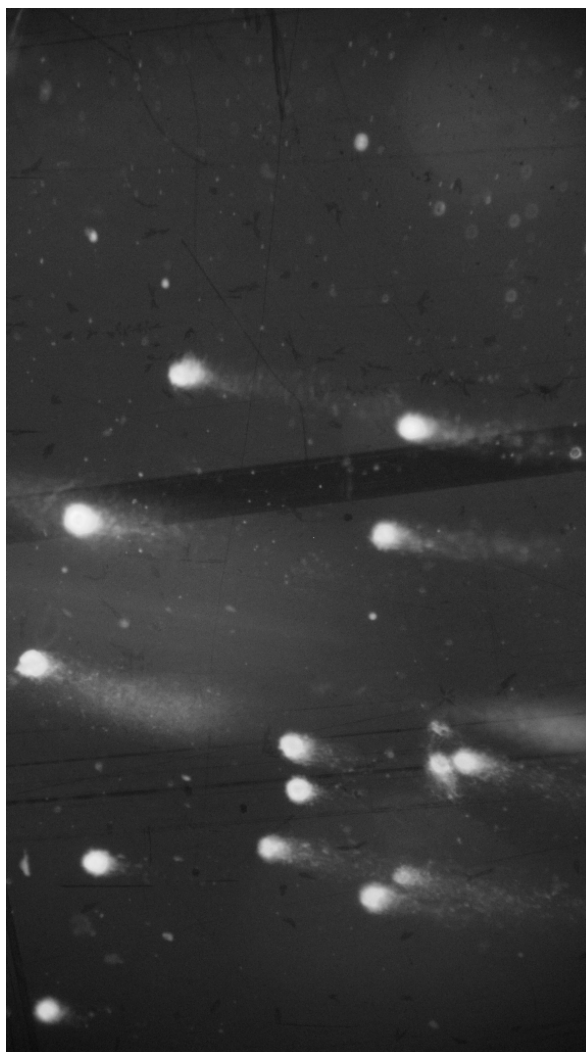


Рисунок - Гель-электрофорез лизированных клеток костного мозга мышей

Список литературы:

1. Филиппов Э.В. Использование метода «ДНК-комет» для детекции и оценки степени повреждений ДНК клеток организмов растений, животных и человека, вызванных факторами окружающей среды (обзор) // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2014. № 2 (74).
2. Дурнова Н.А., Березуцкий М.А., Курчатова М.Н Антиоксидантная активность как механизм генопротекторного действия химических соединений растительного происхождения // Биофармацевтический журнал. 2023. Т. 15, №1. С.11-12.
3. Полуконова Н.В., Наволокин Н.А., Дурнова Н.А., Маслякова Г.Н., Бучарская А.Б. 2012. Способ получения сухого экстракта из растительного сырья, обладающего биологической активностью. Патент на изобретение № 2482863.
4. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств / А.Н. Миронов [и др.]. М.: Гриф и К., 2012. 944 с.

**Роль консервативных TRFL генов в регуляции длины теломер
Physcomitrium patens и *Marchantia polymorpha***

А.В. Санникова¹, М.Р. Шарипова¹, Е.В. Шакиров^{1,2}, Л.Р. Валеева¹

¹ Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, Россия

² Department of Biological Sciences, College of Science, Marshall University, West Virginia, USA
anastasya.sannikova@bk.ru

Ключевые слова: теломеры, бриофиты, *Physcomitrium patens*, *Marchantia polymorpha*.

Теломеры - нуклео-протеиновые структуры, защищающие физические концы хромосом эукариот от слипаний и действия экзонуклеаз, а также служат резервом ДНК при укорочении отстающей цепи во время репликации. Эволюционные изменения в структуре и регуляции биологии теломер имеют огромное значение для понимания их функционирования, а также молекулярных основ защиты хроматина и жизнеспособности клеток. Важными компонентами для стабильного функционирования теломер являются белки, участвующие в поддержании их структуры. Одними из важнейших компонентов теломерного нуклео-протеинового комплекса позвоночных животных являются белки TRF (Telomere Repeat Factor), связывающие двуцепочечную теломерную ДНК, причем нарушения генов hTRF у человека летальны [1]. В свою очередь, показано, что геном модельного растения *A. thaliana* имеет множество гомологичных белков TRFL (TRF-like), и в отличие от позвоночных, растения способны нормально развиваться при повреждении нескольких генов данных белков, что указывает на альтернативный способ регуляции длины теломер в растениях и возможную неофункционализацию генов TRFL [2].

Бриофиты, такие как мох *Physcomitrium patens* и печеночник *Marchantia polymorpha*, представляют собой уникальные модельные объекты для изучения биологии клеток и развития в контексте физиологии, генетики, а также эволюционной и молекулярной биологии растений. Их преимуществами являются простота культивирования и скрещивания, эффективная трансформация, редактирование генома и наличие геномных ресурсов в базах данных. Кроме того, в эволюции генома *M. polymorpha* не обнаружено недавних или древних дупликаций генома (WGD) [3], что обуславливает меньшую генетическую избыточность. Филогенетическое положение *P. patens* и *M. polymorpha* в эволюционно ранней группе растений позволяет использовать эти растения для получения новых данных как о сходствах, так и о различиях в организации наземных растений в целом.

Целью работы было изучение варибельности в длине теломер мохообразных, а также определение роли TRFL белков в регуляции длины теломер *P. patens* и *M. polymorpha*. В работе были использованы аксеничные культуры мха *P. patens* четырех экотипов (Gransden, Reute, Villersexel, Kaskaskia), а также печеночник *M. polymorpha* линии Takaragaike-1 (Tak-1, мужское растение) и Takaragaike-2 (Tak-2, женское растение). Для анализа длины теломер использовали геномную ДНК, выделенную из тканей 14-дневной протонемы *P. patens* и 14-дневного таллома *M. polymorpha*. Анализ длины теломер проводили методом TRF (Terminal Restriction Fragment analysis) совместно с Саузерн-блот анализом [4]. Расчет средней длины теломер проводили с помощью программы TeloTool [5].

Мы показали, что длина теломер у разных экотипов *P. patens* остается неизменной внутри вида, за исключением экотипа Kaskaskia, длина теломер которого была короче по сравнению с другими экотипами. Также провели анализ динамики изменения длины теломер *P. patens* экотип Reute в течение жизненного цикла: было показано, что длина теломер не изменяется в течении 42 дней, что указывает на стабильность теломерного комплекса и системы регуляции длины теломер *P. patens* в процессе активного деления клеток на стадии роста протонемы и формирования гаметофоров. Помимо этого, мы установили, что у всех исследованных экотипов присутствуют специфические теломерные последовательности внутрихромосомной локализации, причем отличающиеся своим расположением и длиной у разных экотипов.

Биоинформационный анализ геномов показал наличие 2 паралогов гена TRFL у *P. patens* (TRFL2, TRFL4) и 3 паралогов гена TRFL у *M. polymorpha* (TRB1, ТВР, TRFL6) [6]. Методом гомологичной рекомбинации были получены 2 индивидуальных растения-нокаута по гену TRFL2 *P. patens*. Также методом CRISPR|Cas9 редактирования генома были получены 10 растений-нокаутов по гену TRFL6 *M. polymorpha*. Было показано, что для двух растений-нокаутов *P. patens* по гену TRFL2 характерно увеличение длины теломер на ~100 п.о. ($P \leq 0.05$) по сравнению с диким типом. Для мутантных по гену TRFL6 растений *M. polymorpha* напротив характерно небольшое уменьшение длины теломер по сравнению с диким типом. Таким образом, мы показали, что роль белков-гомологов TRFL в регуляции биологии теломер различается у разных видов растений, являясь как негативным (у *P. patens*), так и позитивным регулятором длины теломер (у *M. polymorpha*).

Дальнейшее изучение TRF-подобных и других теломерных белков бриофитов позволит лучше понять эволюцию регуляторных путей поддержания структуры теломер и расширить фундаментальные знания о биологии теломер растений и эукариот в целом.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-14-00147 и в рамках программы стратегического академического лидерства Казанского федерального университета (Приоритет-2030).

Список литературы:

1. Comparison between TRF2 and TRF1 of their telomeric DNA-bound structures and DNA-binding activities / S. Hanaoka [et al.] // *Protein Sci.* 2005. P. 119-30.
2. Telomeres in Plants and Humans: Not So Different, Not So Similar / P. Procházkova [et al.] // *Cells.* 2019. V. 16. P. 4-13.
3. Insights into Land Plant Evolution Garnered from the *Marchantia polymorpha* Genome / J.L. Bowman [et al.] // *Cell.* 2017. V.171. P. 287-304.
4. Non-Radioactive TRF Assay Modifications to Improve Telomeric DNA Detection Efficiency in Plants / L.R. Nigmatullina [et al.] // *BioNanoScience.* 2016. V. 6. P. 3-5.
5. TeloTool: a new tool for telomere length measurement from terminal restriction fragment analysis with improved probe intensity correction / J. Göhring [et al.] // *Nucleic Acids Res.* 2014. V. 42. P. 35-38.
6. Analysis of *Carica papaya* Telomeres and Telomere-Associated Proteins: Insights into the Evolution of Telomere Maintenance in Brassicales / E.V. Shakirov [et al.] // *Trop Plant Biol.* 2008. V. 1. P. 202-215.

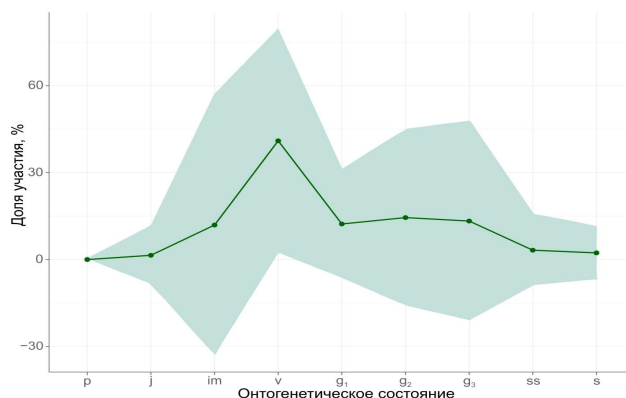
Онтогенетическая структура ценопопуляций *Globularia* Восточной Европы

Д.А. Сергутин, А.С. Пархоменко, А.О. Кондратьева

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
sergutin322@mail.ruКлючевые слова: *Clobularia*, онтогенетическая структура, ценопопуляция.

Изучены в 2022 г. онтогенетическая структура в 25 ценопопуляциях *Globularia bisnagarica* L. и 4 ценопопуляциях *G. trichosantha* Fisch. et Mey. в пределах восточно-европейской части ареала. По части популяций *G. bisnagarica* Поволжья онтогенетическая структура исследовалась в предыдущие годы [1, 2]. В онтогенетических спектрах подавляющего большинства популяций *G. bisnagarica* преобладали виргинильные особи (v). Среди них 8 из 10 популяций Приволжской возвышенности (Cha, Elh, Epf, Grm, Pch, Skv, Ter, Zay); 5 из 7 популяций Бугульминско-Белебеевской возвышенности (Abd, Bkv, Dem, Krb, Mur); 2 из 4 популяций Сокских Яров (Kms, Nkv); обе популяции Общего Сырта (Alb и Slr) а также популяции Ставропольской возвышенности (Nvm) и Зилаирского плато (Prb). Две популяции Приволжской возвышенности – Lhv и Trm имели пик на имматурной группе (im). В двух популяциях Бугульминско-Белебеевской возвышенности – Bun и Bvl, преобладали зрелые генеративные особи (g₂). В популяциях Bkm и S_Ya Сокских Яров доминирующей группой являлись старые генеративные растения (g₃).

Доминирующая тенденция в распределении особей по онтогенетическому состоянию в отдельных популяциях нашла отражение и в базовом онтогенетическом спектре (рис.). Он унимодальный, левосторонний с максимумом на виргинильных особях.

**Рисунок - Базовый онтогенетический спектр популяций *G. bisnagarica***

Зеленой заливкой отмечен доверительный интервал, рассчитанный как среднее значение $\pm 3\sigma$, где σ – стандартное отклонение среднего

Оценка индекса восстановления показала, что большинство популяций *G. bisnagarica* находятся в удовлетворительном состоянии, т.к. значения индекса в 16-ти популяциях превышали 0.5. Низкие значения индекса восстановления были отмечены в 9-ти популяциях: Bkm, Bun, Bvl, Elh, Kms, Pch, Prb, S_Ya, Zay. Три из них принадлежат группе Сокские Яры (Bkm, Kms, S_Ya), так же три популяции Приволжской возвышенности (Elh, Pch, Zay), две популяции Бугульминско-Белебеевской возвышенности (Bun, Bvl) и одна популяция Зилаирского плато (Prb). Для популяций Bkm, Bvl и S_Ya помимо этого характерны высокие значения индекса старения.

Большинство популяций *G. bisnagarica* были неполночленными, молодыми или переходными с большой долей особей прегенеративного состояния (виргинильные, имматурные). При этом все молодые популяции находились в удовлетворительном состоянии и определялись как способные к самовосстановлению и поддержанию численности. Популяция Bkm – единственная популяция из исследованных, которая отнесена к стареющему типу, что обусловлено преобладанием в онтогенетическом спектре растений старого

генеративного состояния, а также большим количеством субсенильных и сенильных особей наряду с малочисленностью или полным отсутствием прегенеративной группы. Особого внимания заслуживают переходные популяции Приволжской возвышенности, произрастающие на территории Национального парка «Хвалынский» (Elh, Pch, Zay), в онтогенетическом спектре которых присутствует большое количество старых генеративных особей. Среди популяций Бугульминско-Белебеевской возвышенности в неудовлетворительном состоянии находятся популяции Bun и Bvl. Самая восточная из исследованных популяция Ptb также определена как популяция с низкой способностью к самовосстановлению.

Базовый спектр популяций *G. trichosantha* унимодальный, центрированный, с максимумом на старых генеративных особях (не показано).

Онтогенетические спектры популяций *G. bisnagarica* и *G. trichosantha* имеют как сходства, так и различия. Сходство заключается в том, что в большинстве случаев спектры являются неполночленными, несимметричными, по большей части одновершинными. Однако, для большинства популяций *G. bisnagarica* характерен левосторонний сдвиг с пиком на виргинильных особях, в то время как большинство популяций *G. trichosantha* имеют центрированные спектры с пиком на зрелых или старых генеративных особях. Стоит также отметить популяции, выбивающиеся из общей картины, такие как популяции *G. bisnagarica* Bun, Bvl, Bkm, S_Ya имеющие правосторонние спектры с пиками на зрелых и старых генеративных растениях и популяция *G. trichosantha* Arm, имеющая пик на виргинильных особях.

Тип спектров, свойственный *G. trichosantha*, характерен для популяций, в которых возобновительный процесс слабо выражен, а период пребывания растений в сенильном состоянии короткий. По мнению некоторых авторов [3], подобные спектры обычно свойственны популяциям с устойчивым статусом в данном сообществе. Однако популяции Arm свойственен онтогенетический спектр, имеющий сходство со спектрами популяций *G. bisnagarica*. Имеются данные о наличии определенного соответствия между жизненной формой многолетних травянистых растений и характером онтогенетических спектров их популяций [4]. Например, для видов с моноцентрическим типом биоморфы, к которому относится *G. bisnagarica* наиболее характерны левосторонние спектры с преобладанием прегенеративных растений. Наличие подобной закономерности подтвердилось и в настоящем исследовании. Таким образом, не исключено, что формирование разных типов онтогенетических спектров отражает структурные особенности биоморф изученных популяций *G. bisnagarica* и *G. trichosantha*, трансформация которых может являться как особенностью развития, так и проявлением экологической адаптации.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-74 00004.

Список литературы:

1. Пространственно-возрастная структура ценопопуляций *Globularia bisnagarica* L. (Plantaginaceae) в северо-восточной части ареала / А.О. Кондратьева [и др.] // Известия Саратовского государственного университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2021. Вып. 3. С. 342-346.
2. Онтогенетическая и виталитетная структура популяций *Globularia bisnagarica* L. в Среднем и Нижнем Поволжье / А.О. Кондратьева [и др.] // Известия Саратовского государственного университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2022. Вып. 3. С. 351-359.
3. Злобин Ю.А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: монография. Сумы: Университетская книга, 2009. 263 с.
4. Смирнова О.В., Паленова М.М., Комаров А.С. Онтогенез растений разных жизненных форм и особенности возрастной и пространственной структуры их популяций // Онтогенез. 2002. Т. 33, № 1. С. 5-15.

Золотые наностержни: стратегия повышения фотостабильности и цитотоксичность

А.В. Симоненко¹, В.А. Ханадеев^{2,3}, О.В. Гришин¹, Н.Г. Хлебцов^{1,2}

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов ФИЦ «Саратовский научный центр РАН», Саратов, Россия

³Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия
av_simonenko@mail.ru

Ключевые слова: золотые наностержни, оболочка из диоксида кремния, фотостабильность, цитотоксичность, биомедицина.

Золотые наностержни являются прекрасными агентами для биомедицинских приложений с использованием лазерного излучения. Однако было продемонстрировано, что даже при безопасных для биологической ткани параметрах лазерного излучения, может происходить изменение формы и размера золотых наностержней, то есть фотомодификация [1]. Вследствие этого изменения дальнейшее применение частиц неэффективно, поэтому было предложено несколько стратегий для повышения фотостабильности наностержней [2]. Целью данной работы было исследовать влияние оболочки из диоксида кремния на фотостабильность золотых наностержней, а также исследовать цитотоксичность наностержней для проверки безопасности использования данного биомедицинского агента.

Синтез золотых наностержней осуществлялся зародышевым методом в смеси двух поверхностно-активных веществ: цетилтриметиламмония бромид и олеата натрия [3]. Далее их покрывали оболочкой из диоксида кремния согласно модифицированному методу Стебера [4]. Для исследования фотомодификации золотых наночастиц использовали наносекундный лазер Ekspla NT 200, настроенный на длину волны 900 нм из ближней ИК области, и схему, в которой частицы двигались под давлением по капилляру, выступающему в качестве модели кровеносного сосуда. Тест на токсичность золотых наностержней был основан на измерении метаболической активности клеток. Эту активность проверяли с помощью флуориметрического теста на основе аламарового синего [5] на двух клеточных линиях, предоставленных центром коллективного пользования «Симбиоз» ИБФРМ РАН.

В результате исследования было обнаружено, что для золотых наностержней без оболочки фотомодификация начинается при энергетической экспозиции 40 мДж/см². При этом в образце кроме наностержней появляются фракции Ф-частиц и наносфер (рисунок, б). Для золотых наностержней с 20-нм оболочкой из диоксида кремния старт фотомодификации наблюдается при энергетической экспозиции 130 мДж/см², заметные морфологические изменения наблюдаются при энергетической экспозиции 1040 мДж/см², что в несколько раз больше по сравнению с исходными наночастицами (рисунок, г). В этом образце можно наблюдать несколько фракций частиц. Примерно половина частиц сохраняют первоначальный вид. У небольшой фракции длина стержней снижается, но они остаются внутри оболочки. Часть частиц превращается в золотые наносферы, от них остаются лишь оболочки с силуэтом наностержней. Также наблюдается небольшое количество малых золотых наночастиц.

Помимо этого, была исследована количественная оценка метаболической активности на двух клеточных линиях: фибробластах кожи крысы (рисунок, д) и глиоме крысы С6 (рисунок, е). После инкубации золотых наностержней в течение 24 часов метаболическая активность клеток была выше порогового значения 70%. Таким образом, данные образцы золотых наночастиц не являются токсичными для обеих клеточных линий.

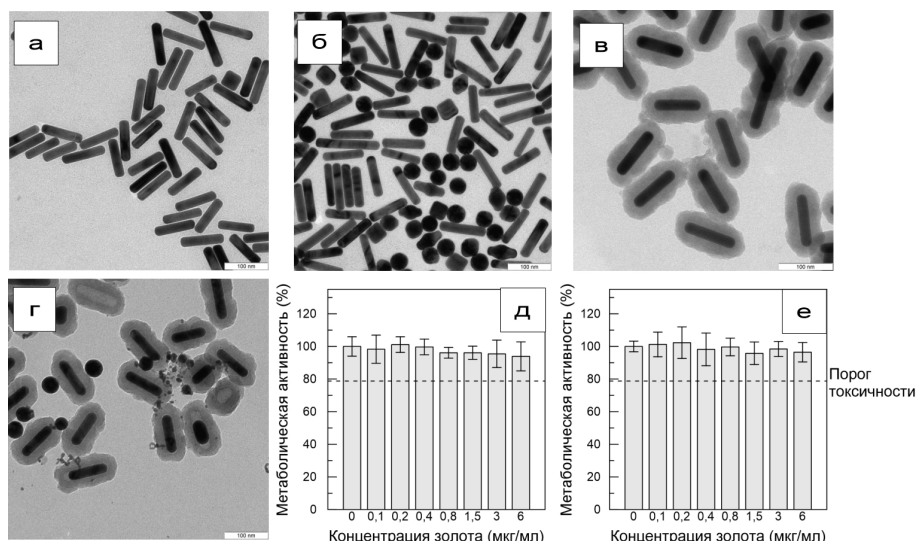


Рисунок – ПЭМ изображения золотых наностержней без оболочки (а) и с оболочкой из диоксида кремния (в) до и после облучения лазером с энергетической экспозицией 40 мДж/см² (б) и 1040 мДж/см² (г), соответственно
Масштабная линейка 100 нм. Флуориметрическая количественная оценка метаболической активности клеточных линий фибробластов кожи крысы (д) и глиомы крысы С6 (е) после инкубации с золотыми наностержнями

В данной работе было исследовано влияние оболочки из диоксида кремния на стабильность золотых наностержней под действием импульсного лазерного излучения. Было продемонстрировано, что оболочка из диоксида кремния способна увеличить фотостабильность наностержней в несколько раз. Также была исследована цитотоксичность наностержней на двух клеточных линиях и обнаружено, что данные наночастицы не проявляют цитотоксических эффектов в диапазоне концентраций от 0.1 до 6 мкг/мл.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-22-00354.

Список литературы:

1. Fales A.M., Vogt W.C., Wear K.A., Ilev I.K., Pfefer T.J. Pulsed laser damage of gold nanorods in turbid media and its impact on multi-spectral photoacoustic imaging // *Biomed. Opt. Express*. 2019. V. 10, N 4. P. 1919-1934.
2. Cavigli L., Khlebtsov B.N., Centi S., Khlebtsov N.G., Pini R., Ratto F. Photostability of contrast agents for photoacoustics: the case of gold nanorods // *Nanomaterials*. 2021. V. 11. Art.No.116.
3. Ye X., Zheng C., Chen J., Gao Y., Murray C.B. Using binary surfactant mixtures to simultaneously improve the dimensional tunability and monodispersity in the seeded growth of gold nanorods // *Nano Lett.* 2013. V. 13. P. 765-771.
4. Terentyuk G., Panfilova E., Khanadeev V., Chumakov D., Genina E., Bashkatov A., Tuchin V., Bucharskaya A., Maslyakova G., Khlebtsov N., Khlebtsov B. Gold nanorods with a hematoporphyrin-loaded silica shell for dual-modality photodynamic and photothermal treatment of tumors in vivo // *Nano Res.* 2014. V. 7. P. 325-337.
2. Brien J. O., Wilson I., Orton T., Pognan F. Investigation of the Alamar Blue (resazurin) fluorescent dye for the assessment of mammalian cell cytotoxicity // *Eur. J. Biochem.* 2000. V. 267. P. 5421-5426.

Подбор методики, поиск и выделение бактериофагов *Yersinia pseudotuberculosis*

Ю.В. Синягина, М.В. Овчинникова, К.С. Гумаюнова, О.С. Зинина

Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, Саратов, Россия
sinyagina1993u@mail.ru

Ключевые слова: бактериофаг, псевдотуберкулез, диагностика, выделение.

Псевдотуберкулез - заболевание, вызываемое *Yersinia pseudotuberculosis*, широко распространено в мире, но более характерно для регионов с умеренным или холодным климатом. Ежегодно в России регистрируют около 3115 случаев псевдотуберкулеза (средний показатель 2,2 на 100 тыс. населения), в течение многих лет наиболее высокая заболеваемость характерна для ряда областей Северо-Западного, Сибирского, Дальневосточного федеральных округов [1].

В настоящее время известен 21 серологический вариант псевдотуберкулезного микроба. Наибольшее значение в патологии человека на территории России имеет возбудитель псевдотуберкулеза O1 серовара [2]. Патогенными для людей считаются сероварианты: O:1a, O:1b, O:1c, O:2a, O:2b, O:2c, O:3, O:4a, O:4b, O:5a, O:5b. За последнее время в России чаще выявляются штаммы сероваров: O:1a, O:1b, O:1c, O:3, O:4a: O:4b.

Y. pseudotuberculosis отличается выраженной адаптационной способностью, широким спектром антигенов, плазмидных и хромосомных детерминант вирулентности, что приводит к множественности клинических проявлений. Так, псевдотуберкулез сходен по симптомокомплексу с дальневосточной скарлатиноподобной лихорадкой (ДСЛ) [3]. Многообразие форм псевдотуберкулеза затрудняет постановку правильного диагноза, что определяет актуальность и целесообразность совершенствования лабораторной диагностики инфекции [4].

На сегодняшний день в лабораторной фагодиагностике псевдотуберкулеза применяется один зарегистрированный препарат - «Бактериофаг диагностический псевдотуберкулезный, лиофилизат для приготовления раствора для диагностических целей» (ФКУН Российский противочумный институт «Микроб»). Препарат предназначен для идентификации возбудителя псевдотуберкулеза и не предусматривает разделение идентифицированного микроорганизма на серо- и фаговарианты, как одного из метода эпидемиологического маркирования при выявлении источника инфекции.

Целью исследования являлось изыскание новых группоспецифичных бактериофагов, обладающих способностью определять серо- и фаготипы бактерий *Pseudotuberculosis*.

В исследование были взяты 33 серотипированных штамма *Y. pseudotuberculosis*, выделенные в разные годы из разных объектов. Данные штаммы были получены из ГКПБ Российский противочумный институт «Микроб». Микроорганизмы, используемые в работе, обладали типичными морфологическими, культуральными и биохимическими свойствами.

Для решения поставленной задачи были проведены два блока экспериментов. Первый блок был связан с апробацией методики по выделению бактериофага, предложенной Коровкиной Г.И. [5]. Поиски фагов проводили с учетом особенностей культивирования микроорганизма: температура выращивания составляла $(27 \pm 1)^\circ\text{C}$; время инкубации – от 24 ч до 48 ч. Суточную агаровую культуру исследуемого штамма наносили петлей на газон индикаторного штамма в полужидком агаре, таким образом было проведено 75 перекрестных реакций. Учет результатов проводили через 24 часа по наличию лизиса вокруг макроколоний.

Второй блок экспериментов заключался в использовании метода выделения фагов, с помощью индуцирующего фактора (ультрафиолетовое облучение) и истощением культуры механическим воздействием. Анализ литературных данных свидетельствует о том, что при действии на лизогенные культуры индуцирующих факторов продукция фага в значительной степени возрастает [6]. Источником облучения была ультрафиолетовая лампа, расстояние до объектов облучения – 0,3 м. Время облучения 10-15 мин. Перед облучением под ультрафиолетом культуру шпателем растирали по поверхности агара. На 4 день эксперимента делали смывы с чашек, центрифугировали. Затем исследуемый материал обрабатывали

хлороформом, надосадочную жидкость декантировали. Полученную суспензию исследовали на наличие фага в фильтрате методом Отто [7,8]. В результате проведения экспериментов бактериофагов выявлено не было.

Следующий этап работы будет направлен на поиск эффективных индуцирующих факторов и их комбинации с различными методиками выделения фагов из чистых культур, с применением большого набора штаммов патогена в качестве возможных носителей умеренных и вирулентных фагов для совершенствования диагностики псевдотуберкулеза.

Список литературы:

1. Чеснокова М.В., Климов В.Т., Никитин А.Я. Анализ эпидемиологической ситуации по псевдотуберкулезу и кишечному иерсиниозу в России и прогноз заболеваемости на среднесрочную перспективу // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 9 (306). С. 59-64.
2. Иванова Л.К. Особенности эпидемиологии псевдотуберкулеза в современных условиях и совершенствование эпидемиологического надзора (по материалам Новосибирской области) // Диссертация. 2007.
3. Джапарова А.К., Ерошенко Г.А., Никифоров К.А. Характеристика и филогенетический анализ штаммов *Yersinia pseudotuberculosis* из Сарыджазского высокогорного очага в Тянь-Шане // Проблемы особо опасных инфекций. 2021. №2. С. 87-93
4. Бактериофаги *Yersinia pseudotuberculosis*: Обнаружение в штаммах различных О-сероваров и их идентификация / Л.Д. Македонова [и др.] // Клиническая лабораторная диагностика. 2013. №8. С. 52-53.
5. Коровкина Г.И., Мороз В.П., Караваева Т.Б., Адамова Г.В., Меньщикова Л.Г. Способ определения лизогенности штаммов холерных вибрионов по фагу в агаровой культуре // Деп. в ВИНТИ 22.04.88, № 3000-В88. Реф. в: РЖ Биология.1988.-8Б316 Деп.
6. Золотухин С.Н. Создание и разработка схем применения диагностических биопрепаратов на основе выделенных и изученных бактериофагов энтеробактерий: автореферат. дисс. доктора биол. наук: Ульяновск, 2007.39с.
7. Адамс М. Бактериофаги. М., 1961. 521 с.
8. Гольдфарб Д.М. Бактериофагия. М.: Медгиз, 1961. 297с.

**Зимние экскурсии на пришкольную территорию
(на примере МАОУ образовательный центр имени М.М. Расковой г. Энгельс)**

А.В. Скачкова, М.Ю. Воронин

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
alina_skachkova02@mail.ru

Ключевые слова: экологическое воспитание, зоологические экскурсии.

Экологическое воспитание должно составлять неотъемлемую часть образовательной системы школьников. Современная обстановка и состояние окружающей среды говорят о том, что обществу пора изменить свое отношение к ней. Наиболее интересным и удобным методом, с помощью которого дети могут получить необходимые экологические знания, является школьная экскурсия [1]. Организация экскурсии в шаговой доступности имеет несколько преимуществ. Во-первых, такие экскурсии можно проводить непосредственно во время урока, во-вторых, это существенно сокращает вопросы, которые касаются непосредственно перемещения к месту проведения экскурсии. На территории школы можно увидеть разных животных.

Целью нашего исследования была разработка зимних экскурсий на пришкольную территорию (на примере МАОУ образовательный центр имени М.М. Расковой, г. Энгельс). Мы предлагаем два варианта организации зимних экскурсий: «Птицы города зимой» и «Основы тропления» на территории прилегающей к МАОУ образовательного центра имени М.М. Расковой в рамках уроков биологии для 5-7 классов.

Изучение деятельности животных способствует формированию представлений о живой природе и системах взаимодействий внутри нее. В процессе разработки экскурсии «Птицы города зимой» было уделено внимание тому, что зимний вариант ее проведения можно осуществить непосредственно на территории образовательного учреждения. На территории школы встречаются такие птицы, как синица большая, воробей полевой и домовый, сизый голубь, ворона, галка, грач [2]. На территорию образовательного учреждения в зимнее время птицы прилетают с целью поиска пропитания. При изучении птицы, необходимо обратить внимание детей на ее размеры, цвет и характер оперения. Стоит уделить внимание отдельным аспектам поведения птиц, таким как: кормовая деятельность, токование ворон, которое начинается в феврале.

На пришкольной территории образовательного учреждения можно встретить следы кошек, собак, мышей, птиц. Собаки и кошки попадают на территорию образовательного учреждения, как в процессе выгула, так и в поисках пропитания, если речь идет о бездомных животных. Кошки могут охотиться за птицами рядом с кормушками. В процессе экскурсии «Основы тропления» дети могут изучать особенности следов, уделяя внимание их форме, размеру. Рекомендуется уделять внимание таким особенностям следов, как выволока и поволока. Благодаря им можно ориентироваться в направлении перемещения животного. В процессе исследования следов можно отметить и другие особенности. Скорость перемещения лап, а также их последовательность, определяют аллюр животного. Наиболее распространенными аллюрами являются «рысь», «галоп» и «шаг». Исходя из этой информации, дети могут предположить мотивы деятельности животных на данной территории [3]. По расположению следов можно сделать вывод о деятельности животного на территории школы. Например, если птичьи следы рядом с кормушкой, то птицы прилетали в поисках еды, если концентрация кошачьих следов рядом с кормушкой, то кошка приходит с целью поохотиться на птиц. Кроме следов лап животных на снегу, отследить можно и следы их жизнедеятельности, к которым можно отнести следы приема пищи, а также фекальные и мочевые метки. По мочевым меткам можно определить пол животного.

На рисунке представлен вариант маршрута экскурсий «Птицы города зимой» и «Основы тропления» на пришкольную территорию МАОУ образовательного центра имени М.М. Расковой.

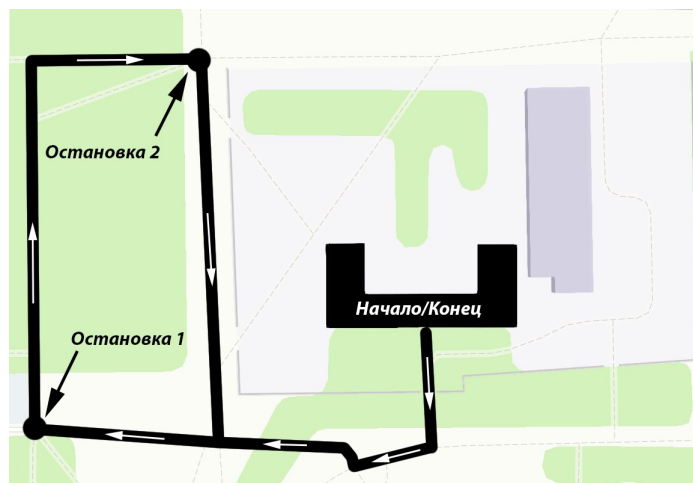


Рисунок – Маршрут экскурсий «Птицы города зимой» и «Основы тропления» на пришкольную территорию MAOU образовательного центра имени М.М. Расковой

Проведение экскурсий «Птицы города зимой» и «Основы тропления» будет способствовать тому, что дети ближе познакомятся с природой, увидят, что природа и животный мир являются составной частью города. Осознание и понимание взаимодействий между объектами природы, которые можно показать с помощью данной экскурсии, способствует развитию мышления детей и увеличения количества знаний об окружающем мире. Подготовленные методика проведения экскурсий, маршрут и описание объектов экскурсии были переданы педагогам MAOU образовательного центра имени М.М. Расковой.

Список литературы:

1. Виноградова Н.Ф. Умственное воспитание детей в процессе ознакомления с природой. М.: Просвещение, 1982. 111 с.
2. Мальчевский А.С Орнитологические экскурсии. Серия: Жизнь наших птиц и зверей. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. 296 с.
3. Дойлеш К. Следы зверей и птиц / Пер. с чеш. Г.Ф. Карасева. под ред. Н.Н. Руковского. М: Агропромиздат, 1987. 224 с.

Оптимизация технологии клонального размножения некоторых сортов роз сортогруппы миниатюрные (MIN) и чайно-гибридные (HT&CLHT)

Г.Г. Соковых

Волгоградский государственный социально-педагогический университет, Волгоград, Россия
gr.sokovyh@mail.ru

Ключевые слова: сорта роз, клональное размножение.

В настоящее время существует несколько тысяч сортов и гибридов роз, происхождение их зачастую теряется в глубине веков, поэтому в основу современной классификации роз положено разделение на классы и условные группы на основе устойчивых садовых признаков, а не их видового происхождения. Эта классификация была создана Американским обществом розоводов (ARS) и утверждена в 1976 году Всемирной федерацией обществ розоводов (WFRS) [5].

Розы издавна используются, прежде всего, в декоративных целях. Ни для одной декоративной культуры не характерен столь длительный период цветения (в условиях юга России – с начала июня до заморозков). Розы также представляют значительный интерес в качестве источника многих соединений, применяемых в парфюмерной, медицинской и пищевой промышленности. Незаменимы розы для озеленения городов и населенных пунктов, ландшафтного дизайна, использования в садах и парках [2].

Традиционным способом размножения роз является вегетативный, так как он позволяет сохранить все качества конкретного сорта, но данный способ имеет ряд минусов, так как он зависит от времени года, имеет небольшой коэффициент размножения, подразумевает большую площадь для высадки черенков.

В настоящее время активно используется метод микроклонального размножения, который позволяет получать высококачественный материал. Автор работы «Селекция растений *in vitro*» Клод Мартин описал, что, используя данный метод за один год из одного растения можно получить до 400 000 растений-регенерантов роз [4].

Объектами наших исследований служили сорта роз, следующих сортогрупп: 1) миниатюрные (Min): «Lavender Meilandina», «Red mini», «Orange Symphonie»; 2) чайно-гибридные (HT & Cl HT): «Madonna», «Honore de Balzac», «Augusterenoir», «Major Gagarin». Материал был взят из коллекции роз ГБУ ВО «Волгоградский региональный ботанический сад».

Для получения растений-регенерантов использовали верхушки молодых побегов (апексы) и сегмент побега с пазушными почками. В основу методики работы с культурой изолированных тканей и органов садовых роз легли классические работы по культуре клеток и тканей растений [1, 3]. Для стерилизации первичных эксплантов использовали ступенчатую стерилизацию: 1 минуту выдерживали в 70% этиловом спирте; 3% раствор лизоформина, время экспозиции 7 мин; 3х кратное промывание в стерильной дистиллированной воде.

При анализе эффективности приемов стерилизации мы учитывали количество стерильных и нежизнеспособных эксплантов. В экспериментах по микроразмножению садовых роз использовали питательную среду Мурасига и Скуга (МС) [6], дополненную 6-БАП (6-бензиламинопуририн) 0,5 мг/л. В качестве индукторов ризогенеза использовали следующие ауксины: в-индолилуксусную кислоту (ИУК) и в-индолилмасляную кислоту (ИМК) 0,5-1 мг/л.

Растения культивировали при $t=24\pm 2^{\circ}\text{C}$, освещенностью 2500-5000 люкс при 16 часовом фотопериоде. Все опыты проводились в трехкратной повторности по 20 эксплантов в каждом варианте. Результаты экспериментальных данных обрабатывались статистически с помощью компьютерной программы Excel лицензионного пакета Microsoft Office 2007. Полученные данные достоверны при $p<0,05$.

Подбор оптимального режима стерилизации имеет решающее значение для дальнейшего введения роз в культуру *in vitro*.

Оптимальным режимом стерилизации исследованных сортов роз является 3% раствор лизоформина, при этом время экспозиции составило 7 минут. При этом максимальный выход стерильных эксплантов составил 90%.

При культивировании сортов роз на питательной среде, содержащей 0,5 мг/л БАП, был получен максимальный коэффициент размножения для всех исследованных сортов. Максимальный коэффициент размножения наблюдали у группы миниатюрных роз «Redmini» - $11 \pm 0,6$, а минимальный у сорта «OrangeSymphonie» $6 \pm 0,4$ микропобегов/эксплант. У группы чайно-гибридных: максимальный коэффициент размножения у сорта «MajorGagarin» - $9 \pm 0,2$, минимальный у сорта «Madonna» - $2 \pm 0,7$ микропобегов/эксплант.

В ходе исследования установлена зависимость коэффициента размножения от сортогруппы садовых групп роз. Так, на оптимальной питательной среде МС, содержащей 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л коэффициент размножения миниатюрных роз в среднем составил 9 микропобегов/эксплант, для чайно-гибридных – 4.

Побеги разных культур специфично реагируют на тип ауксина и его концентрацию. Чаще всего используют концентрацию ауксинов в пределах 0,5–5,0 мг/л. Установлено, что добавление ИУК в концентрации 1,0 мг/л в питательную среду способствует наиболее интенсивному образованию корней. По такому показателю как количество корней оптимальным является использование ИУК в концентрации 0,5 мг/л по сравнению с ИМК (таблица).

Таблица - Влияние ауксинов на индукцию ризогенеза микрочеренков чайно-гибридных роз

№ п/п	Название сорта	Количество корней, шт				
		МС (контроль)	ИУК 0,5 мг/л	ИУК 1,0 мг/л	ИМК 0,5 мг/л	ИМК 1,0 мг/л
1	«Madonna»	-	$6 \pm 0,3$	$9 \pm 0,2$	$4 \pm 0,3$	$3 \pm 0,2$
2	«Honore de Balzac»	-	$6 \pm 0,1$	$7 \pm 0,04$	$5 \pm 0,2$	$2 \pm 0,1$
3	«Augusterenoir»	-	$7 \pm 0,1$	$6 \pm 0,5$	$5 \pm 0,03$	$4 \pm 0,3$
4	«Major Gagarin»	$1 \pm 0,9$	$8 \pm 0,2$	$12 \pm 0,3$	$5 \pm 0,05$	$4 \pm 0,4$

В результате данной работы были отмечены различия в интенсивности корнеобразования у сортов роз, относящихся к разным садовым группам.

Оптимальной питательной средой на этапе укоренения является среда МС с полным составом макро- и микросолей с добавлением ИУК в концентрации 1,0 мг/л. При использовании ИУК в концентрации 1,0 мг/л количество корней было максимальным для всех сортов, но наибольшее их количество $12 \pm 0,3$ и $9 \pm 0,2$ отмечено у сортов «MajorGagarin» и «Madonna» соответственно.

По нашему мнению, наиболее ответственным моментом при клональном микроразмножении является перевод растений из асептической культуры в нестерильные условия. Выход адаптированных растений при использовании разработанной ранее методики составил 70 – 95% .

В качестве субстрата используется смесь торфа, песка и вермикулита в соотношении 1:1:1. Для лучшей адаптации растений к условиям *in vivo* в первые две недели необходимо поддерживать относительную влажность 75-80%. Это можно обеспечить, создав условия «влажной камеры» с ежедневным кратковременным проветриванием. Для этого растения – регенеранты розы высаживали в пластиковые стаканчики, заполненные на 1/3 почвенной смесью.

После посадки растения увлажняли и заматывали пленкой. Через неделю в пленке делали перфорации, чтобы процесс адаптации к нестерильным условиям происходил постепенно. Температура должна быть не ниже 20°C и не выше 25°C, т. к. при снижении

температуры наблюдается замедление темпов роста. Необходимо обеспечивать повышенную освещенность растений.

В ходе исследования установлено, что коэффициент размножения зависел не только от используемого цитокинина, но и от сортогруппы розы. Так, на питательной среде МС, содержащей 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л. коэффициент размножения миниатюрных роз в среднем составил 9 микропобегов/эксплант, для чайно-гибридных – 4.

Оптимальной питательной средой на этапе укоренения является среда МС с полным составом макро- и микросолей с добавлением ИУК в концентрации 1,0 мг/л.

Полученные результаты по оптимизации технологии клонального микроразмножения садовых роз могут использоваться для промышленного размножения необходимых сортов.

Выражаем благодарность научному руководителю, к.б.н., доценту кафедры теории и методики биолого-химического образования и ландшафтной архитектуры ВГСПУ Е.В. Малаевой

Список литературы:

1. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнология на их основе. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.
2. Номеров Б.А. Садовые розы (классификация и агротехника). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. 146 с.
3. Калинин Ф.Л., Кушнир Г.П., Сарнацкая В.В. Технология микроклонального размножения растений. Киев: Наукова думка, 1992. 488 с.
4. Martin C. Plant breeding *in vitro* // Endeavour. 1985. N 9. P. 81-86.
5. Modern Roses XI. The World Encyclopedia of Roses. Academic Press, 2000.
6. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture // *Physiol. Plant.* 1962. V. 15. P. 473-497.

Особенности микробиоты синантропных муравьев (Formicidae) на территории Саратовской области

А.К. Тарасюк, А.М. Петерсон

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
annatarasyuk011201@gmail.ru

Ключевые слова: микроорганизмы, муравьи, бактерии, грибы, микробиота.

Муравьи (Formicidae) представляют собой успешную и разнообразную группу насекомых, играющих значимую роль в различных экосистемах [1]. Особый интерес вызывают синантропные муравьи в связи с их потенциальной возможностью участвовать в сохранении и распространении микроорганизмов, патогенных для растений, животных или человека [2-3]. Целью данной работы стало изучение микробиоты синантропных муравьев Саратовской области.

Объектом исследования послужили 130 рабочих особей семи видов муравьев, собранные в жилых помещениях и на придомовых территориях в 9 районах Саратовской области, а также в черте города Саратов. Идентификацию насекомых проводил сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский центр карантина растений» К. А. Гребенников. При проведении микробиологических исследований использовали питательные среды ГРМ, PDA, крахмало-аммиачный агар.

В результате из организмов муравьев было выделено 12 видов бактерий и 8 видов грибов. Среди рассмотренных муравьев *Formica cinerea* и *Lasius niger* выделяются своей богатой бактериальной микрофлорой. Вероятно, это связано с тем, что данные виды устраивают свои муравейники преимущественно в почве, обладают широким спектром источников питания, а также занимаются разведением тлей. При этом они характеризуются низким содержанием грибов, что может говорить о защитных свойствах бактериальной микробиоты. Наиболее разнообразный микокомплекс был отмечен у представителей *Tetramorium chefketi*.

Доминирующими видами бактерий оказались *B. psychrosaccharolyticus*, который присутствовал во всех пробах муравьев, и *Flaviflexus salsibiostraticola*, который также был обнаружен во всех видах, но имел более низкие показатели встречаемости. Наиболее часто встречающимися грибами стали представители рода *Aspergillus*.

Грибы в организмах муравьев встречались реже и в меньшем количестве по сравнению с бактериями. По мнению некоторых авторов, это может быть связано с высоким содержанием в организме муравьев актиномицетов [4]. Однако в наших исследованиях актиномицеты встречались единично, а антагонизм по отношению к грибам на первичных посевах проявляли бактерии рода *Bacillus*.

Большинство выделенных бактерий оказались широко распространенными обитателями окружающей среды. К числу условно-патогенных для человека видов относились *Staphylococcus xylosum*, *S. cohnii*, *Bacillus cereus*, *B. pumilus*. Фитопатогенных видов бактерий выделено не было. Среди Fungi, изолированных с муравьев, оказалось 3 условно-патогенных для человека вида: *Aspergillus candidus*, *Aspergillus niger*, *Scopulariopsis brevicaulis*. Были также изолированы фитопатогенные грибы, вызывающие заболевания у растений или порчу продуктов: *Penicillium chrysogenum*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Ulocladium*, *Rhizopus microsporus*.

Таким образом, наши исследования показали, что синантропные виды муравьев на территории Саратовской области могут служить переносчиками и резервуарами фитопатогенных и условно патогенных для человека микроорганизмов.

Таблица – Встречаемость (%) микроорганизмов-ассоциантов синантропных муравьев на территории Саратовской области

Виды микроорганизмов		Виды муравьев						
		<i>Formica cinerea</i>	<i>Formica rufa</i>	<i>Lasius niger</i>	<i>Messor structor</i>	<i>Monomorium pharaonis</i>	<i>Tetramorium cheketti</i>	<i>Tetramorium caespitum</i>
Бактерии	<i>Bacillus bataviensis</i>	48	0	50	50	0	100	0
	<i>B. cereus</i>	0	0	25	0	0	0	0
	<i>B. psychrosaccharolyticus</i>	100	100	100	100	100	100	100
	<i>B. pumilus</i>	16	50	25	100	0	0	0
	<i>B. simplex</i>	8	0	50	0	0	0	0
	<i>B. soli</i>	48	50	50	0	50	67	75
	<i>Flaviflexus salsibiostraticola</i>	40	100	100	50	50	33	50
	<i>Lactobacillus apis</i>	56	50	100	0	50	67	25
	<i>Lysinibacillus fusiformis</i>	0	0	25	50	0	0	25
	<i>Staphylococcus cohnii</i>	0	0	25	0	0	0	0
	<i>S. xylosus</i>	16	0	0	0	100	0	0
	<i>Viridibacillus neidei</i>	8	0	0	0	0	0	0
Всего видов		9	5	10	5	5	5	5
Грибы	<i>Alternaria alternata</i>	0	0	0	0	0	33	0
	<i>Aspergillus candidus</i>	0	50	50	50	50	100	75
	<i>Aspergillus niger</i>	8	0	0	0	0	33	50
	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	0	0	0	0	0	33	0
	<i>Penicillium chrysogenum</i>	8	0	0	0	0	0	0
	<i>Rhizopus microsporus</i>	0	0	0	0	50	0	0
	<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>	0	50	0	0	50	0	0
<i>Ulocladium sp.</i>	0	0	0	0	0	33	0	
Всего видов		2	2	1	1	3	5	2

Список литературы:

1. Решетов А.А., Артахин К.С. Неоднозначная роль муравьев в экосистемах степной зоны Ростовской области // Защита и карантин растений. 2017. № 4. С. 45.
2. Петерсон А.М., Мохамед Х., Литовченко И.Г. Циркуляция фитопатогенных грибов в системе побеги яблонь - тли - муравьи // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. 2016. № 13. С. 71-76.
3. Ants' role (Hymenoptera: Formicidae) as potential vectors of mycobacteria dispersion / E. Roxo [et al.] // Arq. Inst. Biol. 2010. V. 77, N 2. P. 359- 362.
4. Nybomycin-producing Streptomyces isolated from carpenter ant *Camponotus vagus* / Y.V. Zakalyukina [et al.] // Biochimie. 2019. V. 160. P. 93-99.

Загрязнения участка реки 1-ая Гуселка (г. Саратов) соединениями тяжелых металлов

Д.В. Тарасов, Л.В. Гребенюк, М.В. Степанов

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
denis.tarasov0356@gmail.com

Ключевые слова: пробы воды, загрязнение, тяжелые металлы, предельно-допустимая концентрация.

В ходе хозяйственной, промышленной и бытовой деятельности человека экологическое состояние рек, в том числе малых, постепенно ухудшается. Реки, протекающие по территории крупного населенного пункта, испытывают повышенную антропогенную нагрузку на водосборную площадь и характеризуются высоким уровнем загрязнения.

В пределах г. Саратова протекает р. 1-ая Гуселка, являющаяся правобережным притоком р. Волги (рис). По данным государственного водного реестра эта река относится к Нижневолжскому бассейновому округу. Протяженность реки – 12 км, площадь водосбора – 87,7 км² [1]. Истоки реки находятся в северной части Саратова. В нижнем течении 1-я Гуселка протекает через дачные и садоводческие товарищества и достигает устья к югу от поселка Новогусельский.

Река 1-ая Гуселка представляет собой пример городских водотоков, испытывающих на себе многообразие антропогенных воздействий. В реку сбрасываются отходы промышленных предприятий, объектов сельского хозяйства, транспорта и др. Значительное количество загрязняющих веществ поступает в реку с территории города с талыми водами, а также с несанкционированных свалок, которые расположены на берегах реки.

Процессы концентрирования химических загрязнений в реке 1-ая Гуселка приводят к возникновению проблемы риска для здоровья населения г. Саратова, так как река впадает в р. Волга выше водозабора. Кроме этого, вода из реки 1-ая Гуселка используется садовыми некоммерческими товариществами (СНТ), расположенными вдоль реки, для полива участков. Растения поглощают водорастворимые соединения через корневую систему и накапливают их в своих тканях. Особо опасны для здоровья людей соединения тяжелых металлов (ТМ), таких как ртуть, кадмий, свинец, медь, никель и др. Эти элементы относятся к первому и второму классам опасности (чрезвычайно и высокотоксичные), способны накапливаться в организме человека и приводить к хроническому отравлению [2-4].

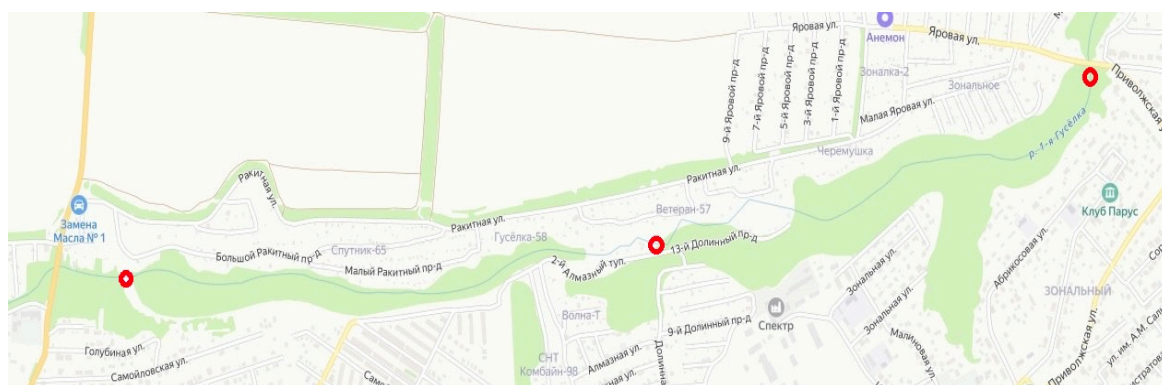


Рисунок - Карта-схема участков отбора проб

Авторами проведено исследование точечных проб воды в реке 1-ая Гуселка с целью определения уровня загрязнения ее соединениями ТМ. Точечная проба характеризует состав воды в данное время в данном месте. Ее получали однократным отбором требуемого количества воды. Пробы воды отобраны в мае 2022 года с трех участков реки, от микрорайона Цветочный (пос. Юбилейный) до пос. Зональный. Участок 1 располагается в районе моста через 1-ую Гуселку на ул. 4-ая Прудовая (выше по течению от микрорайона Цветочный). Участок 2 выбран в 1,5 км ниже по течению реки, в месте расположения СНТ «Ветеран-57».

Участок 3 располагается в 1,5 км ниже по течению от участка 2, в месте пересечения ул. Яровая с руслом реки (мост в районе пос. Зоналка).

Пробы воды отбирались, согласно ГОСТ 59024-2020 [5], в чистую пластиковую тару. Концентрация водорастворимых форм ТМ (медь, цинк, никель, свинец, кадмий, ртуть, железо, кобальт, молибден) в воде определялась на спектрофотометре НАСН DREL 2800, специально разработанном для анализа состава воды: технологической, сточной, питьевой и др. Анализы каждой пробы воды проводились в трех повторах. Для сравнения результатов исследования с ПДК хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [6]. Брались средние значения и сравнивались с ПДК хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Результаты исследования приведены в таблице.

Таблица - Содержание ионов тяжелых металлов в пробах воды в р.1-ая Гуселка

ТМ(мг/л)	Средняя концентрация тяжелых металлов в воде (мг/л)			ПДК	Среднее значение/ПДК
	1 участок	2 участок	3 участок		
Cd	0,005	0,005	0,0046	0,001	4,86
Fe	0,035	0,035	0,026	0,3	0,11
Co	0,06	0,073	0,073	0,1	0,69
Cu	0,061	0,071	0,065	1	0,07
Mo ⁶⁺	0,11	0,12	0,11	0,07	1,63
Ni	0,07	0,08	0,06	0,02	3,59
Pb ²⁺	0,013	0,012	0,011	0,01	1,21
Zn	0,07	0,07	0,07	1	0,07
Hg	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	1,00

Концентрации соединений ТМ на разных участках реки имеют небольшую вариабельность. Содержание железа, кобальта, меди и цинка во всех пробах воды не превышает нормативных данных. Зафиксированы средние превышения ПДК по кадмию в 4,86 раз; по молибдену в 1,63; по никелю в 3,59; по свинцу в 1,21. Содержание ртути приближается к верхней границе нормы.

Проведенные исследования показали, что вода в реке 1-ая Гуселка содержит в своем составе соединения ТМ в концентрациях, превышающих нормативы и является опасной для использования садоводами для полива участков. К сожалению, река является единственным источником воды для садоводов многих расположенных вдоль нее СНТ.

Список литературы:

1. Большая Саратовская энциклопедия. [Электронный ресурс] – URL: saratovregion.ucoz.ru (дата обращения: 20.12.2022). Загл. с экрана. – Яз. рус.
2. Мочалов А.В. Влияние тяжелых металлов на физиологические процессы // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-2. С. 333.
3. Ермолаева В.А. Исследование токсического действия и путей миграции тяжелых металлов в окружающей среде (на примере соединений кадмия) // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. № 6. С.9-14.
4. Зинина О.Т. Влияние некоторых тяжелых металлов и микроэлементов на биохимические процессы в организме человека // Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы. 2001. №4. С. 99-105.
5. ГОСТ 59024-2020 Национальный стандарт Российской Федерации. Вода. Общие требования к отбору проб. Water. General requirements for sampling. Дата введения 2022-06-01.
6. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

Характеристика пыльцы у двух тетраплоидных линий кукурузы*К.Р. Теккозан¹, Л.П. Лобанова¹, А.Ю Колесова²*¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия²Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, Саратов, Россия
mtekkozan@gmail.com

Ключевые слова: кукуруза, тетраплоиды, пыльца.

В настоящее время тетраплоидные линии кукурузы нередко используются для создания тетраплоидных сортов и гибридов, превышающих диплоидные аналоги по продуктивности и устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды [1]. Решающее значение в такой работе имеет выбор исходных тетраплоидных форм, проводящийся на основе их морфобиологических и цитоэмбриологических характеристик. Оценка репродуктивного потенциала полиплоидных растений обязательно включает их пыльцевой анализ, как наиболее доступный и информативный метод [2]. В данной работе представлены результаты исследования пыльцы двух тетраплоидных линий кукурузы. В задачи исследования входило: определение степени дегенерации пыльцы и изучение особенностей строения выполненных пыльцевых зерен.

Материалом исследования послужили зрелые пыльцевые зерна тетраплоидных линий КрП-1 и Черная Тетра Краснодарской селекции. Анализ строения ПЗ проводили на временных препаратах, методика приготовления которых включала окраску ацетокармином и просветление 45% уксусной кислотой.

При оценке дефектности пыльцы учитывалось количество дегенерирующих пыльцевых зерен и количество пыльцевых зерен с морфологическими и цитологическими нарушениями. Дегенерирующая пыльца характеризовалась различной степенью разрушения цитоплазмы и ядер (рисунок 1а), вплоть до полного их исчезновения. Исследованные тетраплоидные линии практически не различались по частоте дегенерирующей пыльцы, которая варьировала в разные годы и у разных растений от 1,3 до 7,3 % у линии КрП-1 и от 2,2 до 6,9 % у линии Черная Тетра. Невысокая степень дегенерации пыльцы свидетельствует о высокой пыльцевой фертильности данных тетраплоидов.

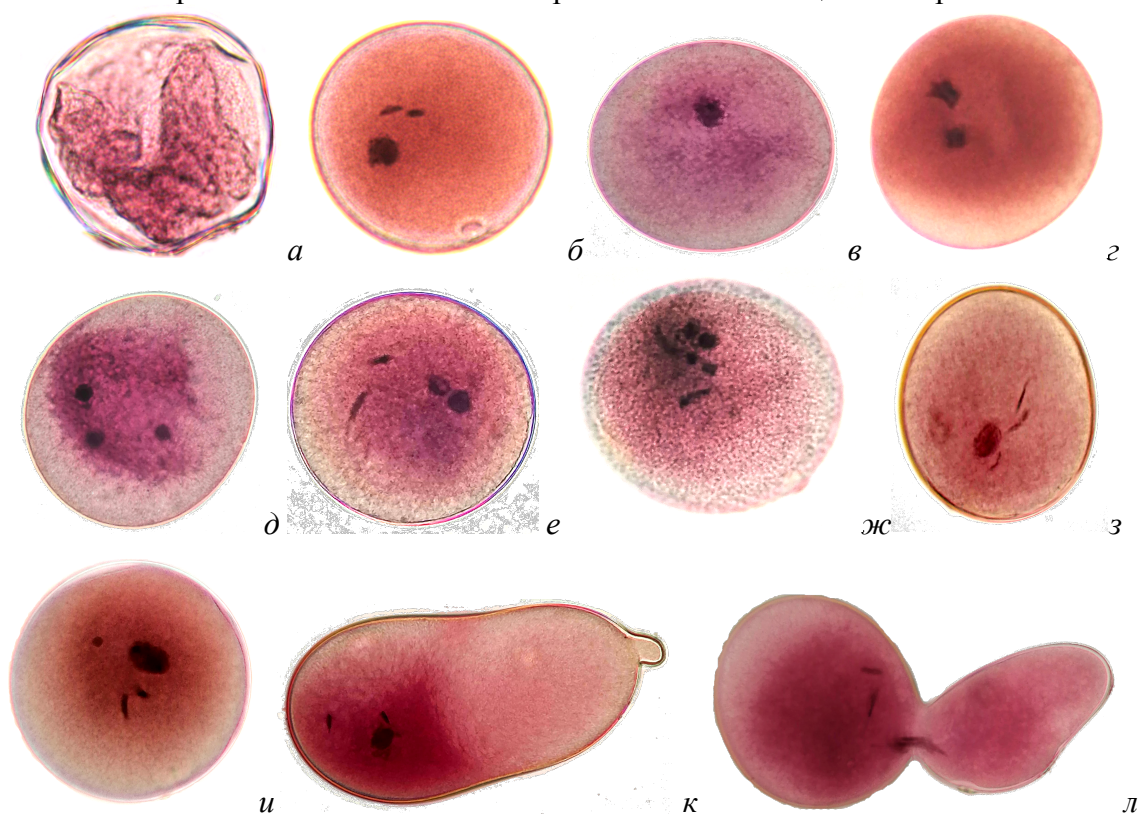
Выполненная пыльца, в отличие от дегенерирующей, имеет равномерно окрашенную цитоплазму, в которой четко просматриваются ядра. Однако выполненные пыльцевые зерна у тетраплоидов могут различаться по строению (таблица).

Таблица – Результаты анализа выполненной пыльцы у тетраплоидных линий кукурузы

Линия	Год	Число проанализированных растений	Изучено пыльцевых зерен, шт.	Пыльцевые зерна, %		
				нормальные	аномальное клеточное строение	аномальная форма
КрП-1	2021	3	1123	94,37	3,38	2,25
	2022	5	2094	97,62	0,95	1,43
ЧТ	2020	4	1562	93,57	5,61	0,82
	2021	4	1411	95,19	2,89	1,90
	2022	3	1059	94,31	4,64	1,05

Пыльцевые зерна нормального строения имеют шаровидную форму и содержат одно вегетативное ядро и два спермия (рисунок, б). Нарушение клеточного строения пыльцы обусловлено либо остановкой развития на ранних стадиях, либо дополнительными делениями в гаметогенезе. В первом случае образуется одно- или двухъядерная пыльца (рисунок, в, г), а во втором – с дополнительными ядрами вегетативного типа и дополнительными спермиями (рисунок, д-з). Появление пыльцевых зерен с микроядрами (рисунок, и), неравноценными спермиями и их фрагментация свидетельствует не только об изменении числа делений, но и

нарушениях при расхождении хромосом в ходе митотических делений. Частота пыльцевых зерен аномального строения выше у линии Черная тетра и в разные годы варьирует от 2,9 до 5,6 %. Несомненно, многие пыльцевые зерна аномального строения функционально неактивны, однако полиспермия и другие нарушения в спермиогенезе могут быть причиной хромосомной гетерогенности гамет и найти применение в селекционных работах.



а – дегенерирующее; **б** – нормальное; **в** – одноядерное; **г** – с двумя ядрами вегетативного типа; **д** – с тремя ядрами вегетативного типа; **е-ж** – с дополнительными вегетативными ядрами и двумя спермиями; **з** – с микроядром; **и** – с тремя спермиями; **к-л** – аномальная форма. Увеличение $\times 400$
Рисунок – Пыльцевые зерна аномального строения

Особенностью обеих тетраплоидных линий является образование у них крупных пыльцевых зерен неправильной формы: овальных, каплевидных, и гантелевидных (рисунок, *к, л*). Их частота в среднем составила у линии Черная Тетра 1,3 %, а у линии КрП-1 – 1,8%. Подобные аномалии не обнаружены у диплоидной кукурузы и, вероятно, являются следствием нарушений в микроспорогенезе.

Таким образом, пыльца исследованных тетраплоидных линий характеризуются достаточно широким спектром отклонений от нормы, но частота нарушений невелика и не может заметно снижать фертильность пыльцы. Однако в селекционной работе следует учитывать специфику ряда отклонений в строении пыльцы.

Список литературы:

1. Хатефов Э.Б., Щербак В.С. К вопросу селекции тетраплоидной кукурузы // *Аграрная Россия*. 2011. № 4. С. 44-50.
2. Цаценко Л.В., Синельникова А.С. Пыльцевой анализ в селекции растений // *Научный журнал КубГАУ*. 2012. №77 (03). С. 88-98.

Новые штаммы кератинолитических микромицетов для биодеградации отходов животноводства

*С.Н. Тиморшина, Е.А. Ганецкая, А.А. Шестакова, В.М. Лямина,
А.В. Александрова, А.А. Осмоловский*

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия
timorshina.svetlana@mail.ru

Ключевые слова: микромицеты, кератиназы, отходы животноводства, биодеградация.

В настоящее время с ростом населения Земли увеличивается потребность человечества в продуктах сельского хозяйства, в том числе животноводства. Получение все большего количества ценных продуктов приводит и к умножению объемов образующихся отходов, среди которых значительную долю занимают эпидермис и его производные (перья, щетина). Такие побочные продукты агропромышленного комплекса богаты труднорастворимым фибриллярным белком – кератином. Основными методами утилизации отходов животноводства являются сжигание и захоронивание, негативно влияющие на состояние окружающей среды, качество жизни людей и не обладающие экономической выгодой в виде образования продуктов переработки с высокой добавленной стоимостью. Этим недостатком лишена биодеградация – путь утилизации отходов за счет деятельности микроорганизмов и их ферментов, результирующий образованием востребованных в различных отраслях экономики веществ. Так, применение кератинолитических микроорганизмов и их кератиназ для переработки отходов сельского хозяйства позволит не только снизить нагрузку на окружающую среду, но и получить олигопептиды и аминокислоты – ценный субстрат для производства удобрений, кормовых добавок и фармацевтических препаратов. Глубокий и всесторонний анализ актуальной литературы показал, что к настоящему моменту собраны обширные данные о бактериальных кератинолитических протеазах, однако грибные кератиназы остаются малоизученными [1]. В связи с этим, целью представленного исследования было выделение новых кератинолитических штаммов микромицетов и изучение их биотехнологического потенциала.

Для достижения цели проекта были получены накопительные культуры кератинолитических микроорганизмов, выросшие на среде, содержащей только один источник азота – цельные куриные перья. В качестве посевного материала были использованы 5 образцов почвы, отобранных в курятниках, степной и парковых зонах (Воронежская обл., Республика Крым, г. Москва). Для получения чистых культур мицелиальных грибов проводили рассев разведений накопительных культур на агаризованную среду Чапека с добавлением смеси антибиотиков (хлортетрациклин и гентамицин). Идентификацию по морфолого-культуральным признакам выделенных чистых культур микромицетов осуществляли с использованием сред, рекомендованных как стандартные для исследуемых групп грибов [2,3]. Для отбора штаммов микромицетов, наиболее перспективных в качестве источников внеклеточных протеаз, расщепляющих кератин, определяли энзиматические индексы культур по зонам гидролиза при росте микроскопических грибов на средах, содержащих в качестве основного источника углерода и азота 1.0% казеин по Хаммерштайну или 0.5% кератин шерсти. Энзиматические индексы (EI) рассчитывали по формуле: $EI = d2/d1$, где $d1$ – диаметр колонии (мм), а $d2$ – диаметр зоны гидролиза (мм). Способность секретировать целевые ферменты штаммов грибов с наибольшими EI также была изучена в условиях двустадийного глубинного культивирования, проводимого при перемешивании на орбитальных качалках (200 об/мин) и 28°C. Сначала споровую суспензию использовали как посевной материал для культивирования в среде богатой сахарами, а на 2-3 сутки культивирования 3% биомассы по объему переносили в 7 модифицированных сред Чапека, содержащих в качестве источника азота нитрат натрия, перемолотое куриное перо и измельченную свиную щетину, а также их комбинации. Кератинолитическую и казеинолитическую активность измеряли на 3 и 7 сутки культивирования спектрофотометрически. За единицу активности принимали количество фермента, которое

вызывало изменение оптической плотности на 0.01 ед. в условиях проведения реакции (рН 8.2, 37°C, 600 об/мин).

В результате данной работы были выделены 22 штамма микромицетов, относящихся к 8 родам отдела Ascomycota, а именно *Aphanoascus*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Pseudallescheria*, *Tolypocladium* и *Trichoderma*. Только лишь пять культур показали высокие ЕI на среде с кератином, превышающие значение 1.20, а именно *Aphanoascus terreus* C106, *Aspergillus ochraceus* ST2, *Aspergillus versicolor* C51, *Cladosporium pseudocladosporioides* C66 и *Penicillium sizovae* C11. Штамм *Tolypocladium inflatum* ST1 показал умеренную кератинолитическую активность (1.10), однако раньше не было сообщений о способности представителей этого рода гидролизовать кератин. Поэтому *Tolypocladium inflatum* ST1 и 5 наиболее активных культур были отобраны для дальнейших работ. Двустадийное глубинное культивирование отобранных штаммов микромицетов показало, что условия проведения культивирования не подходят для накопления целевых внеклеточных протеаз культурами *C. pseudocladosporioides* C66 и *P. sizovae* C11. Микромицеты *A. ochraceus* ST2 и *A. versicolor* C51 проявили умеренную кератинолитическую активность – 32.1 и 33.2 Е, соответственно. Наибольший уровень накопления внеклеточных кератиназ микромицета *Aphanoascus terreus* C106 (74. 2 Е) приходился на 3 сутки культивирования на среде с нитратом и перемолотым пером, однако этот геофильный гриб является известным кератинолитиком с хорошо изученными кератиназами, поэтому в дальнейшем эта культура не будет представлять интерес в качестве объекта изучения. Наибольшей целевой активностью обладала культура *T. inflatum* ST1. На 3 сутки культивирования на среде с перемолотым пером и измельченной щетиной кератинолитическая активность этого штамма составляла 87.1 Е при казеинолитической активности – 167.1 Е. Обе активности уменьшались незначительно к 7 суткам культивирования.

Таким образом, были выделены новые штаммы кератинолитических микромицетов отдела Ascomycota и показан высокий уровень накопления внеклеточных кератиназ культурой *Tolypocladium inflatum* ST1, благодаря чему дальнейшие работы по разработке препаратов для биодеградации отходов животноводства на основе выделенного мицелиального гриба и его протеолитических ферментов представляются перспективным направлением.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-24-00674.

Список литературы:

1. Sypka M., Jodłowska I., Białkowska A. M. Keratinases as Versatile Enzymatic Tools for Sustainable Development // *Biomolecules*. 2021. V. 11, N 12. P. 1900.
2. Domsch K.H., Gams W., Anderson T. *Compendium of soil fungi*. (Sec. ed.) Ehing: IHW-Verlag. 2007. 672 p.
3. *Fungal Biodiversity. CBS Laboratory Manual Series 1* / Editor(s): Crous P.W., Verkley G.J.M., Groenewald J.Z., Samson R.A. Netherlands (Utrecht): CBS, 2009. 270 p.

Обзор семейства Encyrtidae (Hymenoptera) в рамках энтомологического мониторинга в национальном парке «Хвалынский».*К.А. Трещева, В.В. Аникин*

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
ksenia_2000g@mail.ru

Ключевые слова: Encyrtidae, энциртиды, ловушка Малеза, фауна, Саратовская область.

Семейство паразитических перепончатокрылых энциртид (Encyrtidae) широко распространено во всем мире. Его представители являются паразитами многих сельскохозяйственных вредителей: щитовок (сем. Diaspididae) и ложнощитовок (сем. Coccidae), червецов (сем. Pseudococcidae, Eriococcidae, Kerriidae, Kermesidae, Aclerdidae), некоторых молей, совок и шелкопрядов [1]. В естественной среде паразитируют на искодовых клещах (сем. Ixodidae), таракановых (сем. Ectobiidae), горбатках (сем. Membracidae), цикадках (сем. Cicadellidae), златках (сем. Buprestidae), блестянках (сем. Nitidulidae), пестряках (сем. Cleridae), грибовиках (сем. Egotylidae), скрытноедах (сем. Cryptophagidae), усачах (сем. Cerambycidae), божьих коровках (сем. Coccinellidae), аскалафах (сем. Ascalaphidae), златоглазках (сем. Chrysopidae), гемеробах (сем. Hemerobiidae), пылюнокрылах (сем. Coniopterygidae), галлицах (сем. Cecidomyiidae), тахинах (сем. Tachinidae), большеглазках (сем. Pipunculidae), журчалках (сем. Syrphidae), коллетидях (сем. Colletidae), дриинидях (сем. Dryinidae), браконидях (сем. Braconidae). Взрослые энциртиды питаются медвяной росой, многие пьют гемолимфу хозяев [1].

Внешне энциртиды крайне разнообразны. Тело компактное, более или менее обтекаемой формы, может быть уплощено; длина составляет от 0,25 до 4 мм, обычно 1–2 мм. Разнообразие форм усиков выделяет семейство на фоне остальных хальцид, в особенности у самок, что объясняется их функцией поиска и выбора подходящих для заражения хозяев. Усики самцов чаще всего нитевидные и имеют нечленистую булаву, среди специальных модификаций встречаются длинные ветви на члениках жгутиков. Половой диморфизм ярко выражен, самки обычно имеют пеструю окраску тела и темный рисунок на передних крыльях [2].

Обычны представители с короткими или рудиментарными крыльями, встречающиеся в одной популяции одновременно с полнокрылыми. Нередко крылья редуцированы только у самок. Такие особи обитают в травяном растительном ярусе [2].

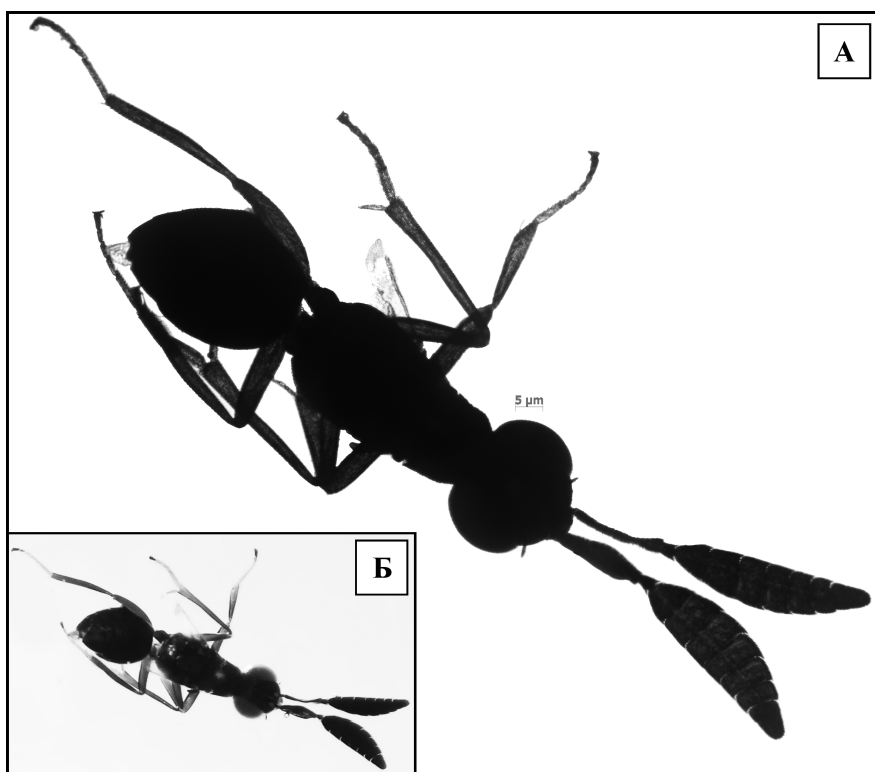
Личинки энциртид являются внутренними паразитоидами различных насекомых. Для размножения самки используют яйца хозяев на поздней стадии развития, иногда мозг или ганглий хозяина. Среди хальцид только у энциртид известна полиэмбриония, и каждое яйцо может дать до 2 тыс. эмбрионов [1].

Энциртиды представляют большой интерес в качестве способа биологической борьбы с вредителями и успешно используются для их биологического подавления во многих странах [2]. Для Саратовской области нахождение в фауне данных паразитов принципиально важно для естественного контроля численности, например, непарного шелкопряда, который в последние годы показал рост численности в лесах Правобережья и представляет серьезную угрозу для дубов на ближайшие годы.

Сбор материала осуществлялся летом 2022 года с использованием ловушки Малеза [3], установленной на территории учебной базы Саратовского государственного университета (СГУ) в национальном парке «Хвалынский» в районе дачи купца Хренова с 30 июня по 5 июля. Ловушка располагалась в переходном биотопе на границе с лесом. Собранные насекомые зафиксированы в этиловом спирте 75%-ной концентрации. Первичный разбор и анализ сбора произведен в лаборатории микроскопии на кафедре морфологии и экологии животных СГУ с использованием бинокля МБС–9.

В процессе разбора материала были обнаружены виды, принадлежащие к семейству Encyrtidae. В качестве примера представителя указан экземпляр, который идентифицирован

на микроскопах Carl Zeiss Primo Star и YA-XUN AK36, для наглядности сделаны соответствующие фотографии (рисунок).



А – микроскоп Carl Zeiss Primo Star, Б – микроскоп YX-АК36
Рисунок – Представитель семейства Encyrtidae, обнаруженный в сборах ловушки Малеза 2022 г.
Размер особи в длину, без антенн – 2,8 мм

Encyrtidae Walker, 1837.

? *Encyrtus* sp.

Материал: 1 самка, короткокрылая форма, Хвалынский, 30.06–05.07.2022; (52.486591°N 48.043898°E).

Обнаруженные представители энциртид в дальнейшем послужат материалом для составления фаунистических списков видов насекомых паразитов, которые могут использоваться в качестве объектов биологического контроля и борьбы с известными насекомыми-вредителями лесного и сельского хозяйства в Поволжском регионе.

Список литературы:

1. Саулич А.Х., Мусолин Д.Л. Биология и экология паразитических перепончатокрылых (Hymenoptera: Aroscrita: Parasitica). Учебно-метод. Пособие к курсу «Сезонные циклы насекомых» для студентов магистратуры на кафедре энтомологии. СПб., 2013. 94 с.
2. Тряпицын В.А. Наездники-энциртиды (Hymenoptera, Encyrtidae) Палеарктики. Л.: Наука, 1989. 488 с.
3. Malaise R. A new insect trap // Entomologisk Tidskrift, 1937. V. 58. P. 148-160.

Получение новых линий кукурузы путем использования технологии удвоенных гаплоидов

Е.В. Трофименцева, О.В. Гуторова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
etrofimentseva@mail.ru

Ключевые слова: гаплоид, дигаплоидная линия, кукуруза, *Zea mays* L.

Технология удвоенных гаплоидов широко применяется для получения гомозиготных (дигаплоидных) линий кукурузы, которые впоследствии используют для создания высокогетерозисных гибридов. Данный метод включает в себя получение гаплоидов материнского типа с помощью опылителя, обладающего способностью индуцировать гаплоиды (гаплоиндуктора); отбор гаплоидов на стадии сухих зерновок, удвоение хромосом гаплоидных растений на стадии 3-5 листьев и самоопыление фертильных растений [1-3]. В результате, получают дигаплоидные линии, гомозиготные по всем имеющимся генам. Использование таких линий в селекционных схемах значительно упрощает и ускоряет процесс создания новых сортов кукурузы.

Целью данной работы было получение дигаплоидных линий на основе гаплоидов разных материнских форм кукурузы.

В эксперименте по получению дигаплоидных линий кукурузы использовали зерновки с гаплоидными зародышами. Эти зерновки были отобраны из потомства, полученного при опылении растений материнских форм пыльцой гаплоиндуктора ЗМС-П. Линия кукурузы ЗМС-П обладает способностью индуцировать гаплоиды у разных материнских форм с частотой до 10% [4]. Для отбора гаплоидов на сухих зерновках использовали метод генетического маркирования. Гаплоиды были получены у 18 гибридов и сортов: Белозерный 300, Ладожский 250, Краснодарский 296 МВ, КС 215, Кр 212, Ик 204, Кр 210, Р 9578, Ладожский 298 АМВ, Кр 208, КС 300-18, АК 200-50, К 350, Кр 300-10, Зерноградский 282 МВ, PR37N01, Панора, Ладожский 191 МВ.

Полевые эксперименты проводили в 2022 г. Отобранные зерновки с гаплоидными зародышами 18-ти вариантов в количестве 617 штук высадили на опытном поле. Зерновки предполагаемых гаплоидов прорастали не одновременно, на момент обработки колхицином на стадии 3-5 листьев было 205 растений. Для диплоидизации гаплоидные растения обработали раствором колхицина (0,125%), путем введения его в проводящую систему растения двукратно с промежутком в 24 часа.

Всего стадии взрослых растений и этапа цветения достигло 205 растений 17 вариантов. Из них три растения оказались гибридными, были высокими и окрашенными. Наличие пурпурной окраски частей растения служит доказательством его гибридности, так как при гибридизации отцовский родитель содержал доминантные аллели генов окраски, а материнские растения - рецессивные аллели данных генов и были зелеными. В варианте Панора, одно растение было пурпурное и высокое, в Ладожском 298 АМВ - два растения. Таким образом, из гаплоидов при отборе на сухих семенах три зерновки оказались с диплоидным гибридным зародышем.

Взрослые растения обработанных колхицином гаплоидов имели в основном типичные размеры и морфологию, свойственные гаплоидным растениям (размеры вегетативных частей в 1,5-2 раза меньше, чем у диплоидов, стерильная метелка и др.). Часть растений (15-20%) имела уродливую форму (низкие, кустистые, кривые, с женским соцветием вместо метелки и др.), что, вероятно является следствием травмирования растения при обработке проростков раствором колхицина. Около 40% растений имели нормальный фенотип и размеры, свойственные диплоидам. Среди растений были такие, у которых метелки не выбрасывали пыльники; также, растения, метелки которых давали в небольшом количестве щуплые пыльники; растения с 1-5 пыльниками на метелке, содержащими пыльцу, и растения с

полноценными пыльниками с обильной пылью. На четырех растениях сформировались метелки с женскими цветками, на которых после свободного опыления завязались зерновки.

Из 205 взрослых растений 198 растений сформировали женские соцветия и выпустили пестичные нити, из которых только 24 растения было самоопылено (таблица). Принудительное самоопыление было затруднено по ряду причин: асинхронности цветения женских и мужских соцветий (при наличии пыльцы у растения не было пестичных нитей, или наоборот); стерильности метелки, отсутствия пыльцы в пыльниках (пустые дефектные пыльники) или высушенной нежизнеспособной пыльцы и др. Зерновки завязались только на 11 початках растений разных вариантов.

Таблица - Данные по цветению и опылению гаплоидов, обработанных на стадии 3-5 листьев колхицином

№	Материнские формы, у которых были получены гаплоиды	Количество взрослых растений, шт.	Количество растений, сформировавших женские соцветия, шт.	Количество самоопыленных растений, шт.	Количество завязавшихся зерновок, шт.
1	Белозерный 300	0	0	0	0
2	Ладожский 250	1	1	0	0
3	Краснодарский 296 МВ	11	10	3	4
4	Р 9578	2	2	1	2
5	КС 215	12	9	1	0
6	Кр 212	13	12	0	0
7	Ик 204	3	3	0	0
8	Кр 210	1	1	0	0
9	Ладожский 298 АМВ	11	11	3	31
10	Кр 208	28	26	8	116
11	КС 300-18	16	16	0	0
12	АК 200-50	24	24	1	3
13	К 350	13	13	0	0
14	Кр 300-10	25	25	3	233
15	Зерноградский 282 МВ	18	18	0	0
16	PR37N01	12	12	2	12
17	Панора	7	7	1	0
18	Ладожский 191 МВ	8	8	1	0
	Всего	205	198	24	401

Таким образом, всего среди диплоидизированных гаплоидов было самоопылено 24 растения 10 вариантов. Полноценные зерновки завязались на початках 11 растений в 7 вариантах в количестве 401 штуки. Полученные зерновки можно использовать для воспроизводства 11 новых дигаплоидных линий, на основе которых потенциально можно получить только простых гибридов около 220 комбинаций.

Список литературы:

1. Doubled haploid technology for line development in maize: technical advances and prospects / V. Chaikam [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. 2019. V. 132. P. 3227-3243.
2. Murovec J., Bohanec B. Haploids and doubled haploids in plant breeding // Plant breeding. Rijeka, Croatia: Intech. 2012. P. 87-106.
3. Михайлов М.Э. Применение дигаплоидных линий в генетическом анализе и в селекции кукурузы. Кишинэу: Типография «Print-Cargo», 2018. 232 с.
4. Гуторова О.В., Юдакова О.И., Зайцев С.А. Оценка эффективности гаплоиндуктора кукурузы ЗМС-П // Аграрный научный журнал. 2019. № 7. С. 14-18.

Сортовые особенности строения зерновки сортов твердой пшеницы саратовской селекции

Н.А. Туртаева, М.Ю. Касаткин

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
kasatkinmy@info.sgu.ru

Ключевые слова: твердая пшеница, строение зерновки, семенные оболочки.

В настоящее время особенно актуальным становится вопрос о поиске новых методов оценки потенциальных возможностей продуктивности различных сортов пшеницы [1]. Классическим остается подход к определению характеристик продукционного процесса по строению зерновок. В зрелых семенах пшеницы различают плодовую и семенную оболочки, составляющие от 6 до 8% от массы зерновки [2]. Оболочки зерновки предотвращают преждевременное прорастание, а также защищают зародыш от высыхания и биотического влияния внешней среды. Особенности строения семенной оболочки определяют также интенсивность газообмена и поступления воды в зерновку при прорастании. Толщина плодовой и семенной оболочек зерновки зависит от вида и сорта пшеницы, а также может значительно изменяться в зависимости от условий вегетации в период налива зерна [3, 4].

Исследования проведены в 2022-2023 гг. на кафедре микробиологии и физиологии растений СГУ имени Н.Г.Чернышевского. Объекты исследования - зерновки четырнадцати сортов *Triticum durum* Desf. саратовской селекции. Анатомические исследования зерновок проводили путем приготовления временных препаратов на ручном микротоме по общепринятой методике. Предварительно зерновки замачивали в 0,5 М растворе сахарозы.

Были проанализированы следующие показатели среди исследуемых сортов твердой пшеницы: ширина зерновки от левой щечки до правой, ширина от спинки до брюшка, глубина бороздки, толщина семенной оболочки.

Выявлены сортовые различия по ширине от левой щечки до правой на поперечном срезе зерновок. Отмечено, что этот признак среди изучаемых сортов колеблется от 1809 ± 94 мкм у сорта Золотая волна до 2398 ± 134 мкм у сорта Людмила. Близкие к максимуму значения обнаруживаются у сортов НИК и Саратовская золотистая (2311 ± 155 и 2308 ± 154 мкм соответственно). По показателю ширины зерновки сорт Людмила также занимает лидирующее положение (4619 ± 254 мкм), в то время как сорта НИК и Саратовская золотистая – медианное (4267 ± 233 и 4195 ± 197 мкм). Минимальные значения (3965 ± 204 мкм) указанного показателя обнаруживаются у сорта Саратовская 57.

Глубина бороздки определяет такой важный показатель как натура зерна [2]. Сорта, имеющие семена с глубокой бороздкой характеризуются низкой натурой и наоборот, сорта с небольшой бороздкой имеют большую натуру зерна. Значение глубины бороздки варьировало от 1481 ± 39 мкм у сорта Николаша до 2033 ± 43 мкм у сорта НИК.

Исследования по степени развития оболочек в различных частях зерновки являются важными для получения характеристик сорта, т.к. семенные оболочки играют большую роль и в процессе жизнедеятельности зерновки, и в определении практическо-хозяйственных свойств зерна. Были проведены измерения на спинке и щечках зерновки, а также в области бороздки. На основании измерения толщины оболочек на спинке зерновки можно выделить минимальное значение 39 ± 6 мкм у сорта Крассар и достоверно не различающиеся максимальные значения 67 ± 8 и 64 ± 8 мкм у сортов Саратовская золотистая и Людмила. По значению толщины оболочек на щечках зерновки минимальные и максимальные значения сохраняются у тех же сортов: Крассар (37 ± 6 мкм) и Саратовская золотистая (60 ± 7 мкм). Сорт Саратовская золотистая удерживает лидерство и по толщине семенных оболочек в области бороздки - 61 ± 8 мкм. Минимальные значения данного показателя обнаруживаются у сорта Аннушка и составляют 44 ± 5 мкм.

Таким образом, по результатам проведенных нами исследований было установлено, что изученные сорта твердой пшеницы различаются по толщине оболочек, ширине зерновки и

глубине бороздки. Представленные данные указывают на сортоспецифичность вышеперечисленных анатомо-морфологических показателей зерновки, что может быть использовано в селекционной работе для определения характеристики сорта и выявления хлебопекарных качеств зерна.

Список литературы:

1. Tadele Z. Raising crop productivity in Africa through intensification // *Agronomy*. 2017. V. 7, N 1. P. 22-52.
2. Добрынин Г.М. Рост и формирование хлебных злаков. Л.: Колос, 1969. 275 с.
3. Ивлева М.В., Касаткин М.Ю., Степанов С.А. Сортвые особенности развития оболочек зерновки озимой пшеницы // *Бюллетень Бот. сада Саратовского гос. ун-та*. 2014. Вып. 12. С. 171-179.
4. Ивлева М.В. Структура элементов продуктивности озимой пшеницы сортов саратовской селекции: специальность 03.02.01 "Ботаника": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Саратов, 2013. 20 с.

Особенности умственной работоспособности учащихся 8 класса

А.В. Уральцева, Е.Ю. Лыкова

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
annaurl2002@mail.ru

Ключевые слова: умственная работоспособность, умственное утомление, подростки.

Умственная работоспособность является не только одним из важнейших показателей, определяющих успешность обучения школьников, но и критерием, отражающим изменение функционального состояния организма [1]. Существенное влияние на показатели умственной работоспособности оказывают как внутренние (возраст, пол, подвижность нервных процессов, эмоциональное состояние учащихся, состояние здоровья и др.), так и внешние факторы (условия и режим труда и отдыха, соответствующая мотивация, методы преподавания и др.) [2].

В связи с этим целью работы было исследование динамики умственной работоспособности учащихся 8 класса в процессе учебной деятельности.

Исследования были проведены на базе МОУ «СОШ № 67 им. О. И. Янковского» г. Саратова. Под наблюдением находились учащиеся 8 класса в количестве 25 человек.

Общая умственная работоспособность школьников была изучена методом дозирования работ во времени с помощью корректурных таблиц В.Я. Анфимова. Определяли следующие количественные и качественные параметры работоспособности: объем, точность корректурной работы, коэффициент продуктивности (КП), силу активного внутреннего торможения (САВТ), показатель недельной адаптации (ПАд нед). Исследование было проведено в начале второй четверти в понедельник, среду, пятницу в часы максимальной работоспособности школьников (10.00-10.30 ч). Рассчитывали индекс умственного утомления (ИУУ), отражающий субъективную оценку учащимися их острого умственного утомления.

Анализ полученных результатов показал, что в первый день второй учебной четверти у большинства обучающихся (как у девочек, так и у мальчиков) количественные и качественные показатели умственной работоспособности не достигли своих оптимальных значений, что вполне закономерно, т. к. наблюдается фаза вработывания, характеризующаяся постепенным вхождением в учебный процесс (таблица). Точность выполнения тестовых заданий была существенно хуже у мальчиков ($p < 0,05$), чем у девочек. Следует отметить, что, несмотря на отсутствие занятий в каникулы, умеренную степень умственного утомления субъективно отмечают у себя 60% мальчиков и 50% девочек.

В середине недели (среда) у большинства учащихся 8 класса были зафиксированы наилучшие результаты выполнения тестовых заданий с высокими уровнями качественных и количественных показателей, согласующихся между собой. У мальчиков параметры работоспособности (объем работы, точность ее выполнения, САВТ, КП) улучшались более значимо ($p < 0,05$), чем у девочек.

После обработки данных при оценке индивидуальных сдвигов показателей корректурной работы от понедельника к среде было выявлено, что у всех мальчиков работоспособность повысилась, у 50% девочек работоспособность возросла, а в «группу риска» вошли 37% девочек, у которых зафиксированы первые признаки умственного утомления, и 13% с выраженным утомлением. Большое количество учениц с нарастающим утомлением, по-видимому, связано как с их большей старательностью и ответственностью во время уроков, с 5-дневной учебной неделей, так и с несоблюдением гигиенических требований к расписанию школьных занятий (насыщенность расписания «сложными» предметами (иностраный язык, геометрия, русский язык); неправильное распределение предметов по степени сложности).

Таблица – Показатели умственной работоспособности учащихся 8 класса

Показатели	Пол	Понедельник	Среда	Пятница
Объем работы, знак	Девочки	440,3±10,9	521,4±6,3	489,0±9,3
	Мальчики	446,2±11,9	520,0±5,4*	495,3±4,2
Общее количество ошибок, ед.	Девочки	4,4±0,4	4,3±0,3	6,7±0,4**▲
	Мальчики	6,5±0,7*	4,5±0,4*	5,7±0,6
Количество ошибок на 200 знаков, ед.	Девочки	1,9±0,33	1,3±0,24	1,7±0,27
	Мальчики	1,6±0,13	1,3±0,14	1,6±0,2
КП, усл. ед.	Девочки	41,0±1,0	47,6±0,7*	43,1±0,7▲
	Мальчики	39,6±0,3	48,1±0,8*	44,2±0,6▲
САВТ, усл. ед.	Девочки	64,4±5,7	69,2±5,5	51,6±2,7**▲
	Мальчики	63,0±3,3	73,6±3,6*	61,1±3,1*▲
ПАд нед, %	Девочки	–	–	21,4±2,8
	Мальчики	–	–	-11,7±3,4*
ИУУ, балл	Девочки	13,5±1,5	–	15,8±1,0
	Мальчики	16,4±0,8	–	17,2±0,7

Примечание: различия достоверны ($p < 0,05$) относительно показателей * – понедельник, ** – понедельник, ▲ – среды, • – девочек

В пятницу по сравнению с серединой недели у большинства мальчиков и девочек существенно снижается продуктивность работы ($p < 0,05$), что обусловлено, прежде всего, снижением САВТ ($p < 0,05$). У девочек зафиксирована самая низкая в течение недели точность работы и САВТ ($p < 0,05$).

К концу учебной недели количество 8-классников с утомлением стало больше: среди мальчиков у 50% зафиксированы первые признаки утомления, а среди их одноклассниц у 57% – первые признаки утомления, а у 29% – выраженное утомление. В то же время субъективная оценка учащимися выраженности острого умственного утомления не изменилась.

Адаптация к умственным нагрузкам проходит с большим напряжением у мальчиков, на что указывают отрицательные значения ПАд нед. Низкий и очень низкий ПАд нед зафиксированы у 27% мальчиков, у их одноклассниц адаптивные возможности высокие. Информационная перегрузка, недостаточная двигательная активность, нерационально составленное расписание приводят к возрастанию психофизиологических затрат, увеличению периодов восстановления работоспособности до нормального уровня. Следовательно, имеющаяся организация учебной деятельности в большей степени способствует негативным сдвигам функционального состояния организма мальчиков.

Таким образом, для создания здоровьесберегающей образовательной среды, поддержания высокой работоспособности школьников при организации учебно-воспитательного процесса необходимо учитывать индивидуальные возрастно-половые особенности обучающихся.

Список литературы:

1. Лапонова Е.Д. Характеристика функционального состояния организма школьников 5-9-х классов разного пола при обучении в условиях здоровьесберегающей образовательной среды // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья. 2018. № 1. С. 13-23.
2. Сугрובה Г.А., Комкова Ю.Н. Динамика изменений функционального состояния организма подростков по показателям умственной работоспособности // Новые исследования. 2019. № 4 (60). С. 84-97.

Клинико-эпидемиологическая оценка острых кишечных инфекций в учреждениях здравоохранения

Е.Ю. Фатеева¹, О.А. Титова¹, Е.В. Глинская²

¹Саратовская областная инфекционная больница имени Н. Р. Иванова. Саратов, Россия

²Саратовский государственный национальный исследовательский университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
ekaterinafateeva64@gmail.com

Ключевые слова: бактерии группы кишечной палочки, эпидемиология, острые кишечные инфекции.

В современной инфектологии, несмотря на значительные успехи, еще остаются актуальными проблемы, имеющие серьезное социально-экономическое значение для всех стран мира. К числу таких проблем относятся острые кишечные инфекционные болезни. Кишечные инфекции – группа заболеваний, объединенных общим механизмом передачи и локализацией возбудителя в организме. Все кишечные инфекции объединяет фекально-оральный механизм передачи возбудителя; средой обитания этих микроорганизмов является кишечник. Имеют место водный и пищевой пути заражения. В некоторых случаях возможен и контактный путь заражения [1].

К бактериальным возбудителям острых кишечных инфекций относятся представители семейства Enterobacteriaceae, которое представлено грамотрицательными неспоровыми палочковидными бактериями, а также бактерии рода *Staphylococcus*. Необходим постоянный мониторинг выявляемости бактерий в учреждениях здравоохранения для контроля вспышек заболеваемости ОКИ [2, 3].

В связи с этим целью исследования был мониторинг встречаемости бактерий и грибов – возбудителей острых кишечных инфекций в СОИКБ имени Н. Р. Иванова.

Анализы проводились с использованием бактериологических методов исследования. С целью выявления бактерий семейства Enterobacteriaceae, в частности, шигелл, сальмонелл, *E. coli*, а также стафилококков и грибов рода *Candida* проводились посевы материалов от больных с признаками острых кишечных инфекций с июля по декабрь 2022 г.

В результате анализа полученных данных не было выявлено ни одного представителя шигелл и *E. coli*, однако в разных инфекционных отделениях были обнаружены представители родов *Staphylococcus*, *Candida* и *Salmonella*. Выявлено 8,24 % положительных анализов на сальмонелл, 8,19% проб, содержащих грибы рода *Candida* и 13,48% случаев выявления бактерий, относящихся к роду *Staphylococcus*.

Выявленные микроорганизмы могут являться как причиной возникновения кишечных инфекций, так и осложнять их течение в результате ослабления иммунной системы.

Список литературы:

1. Antimicrobial resistance patterns in Enterobacteriaceae isolated from an urban wastewater treatment plant / F. da S. Miguel [et al.] // FEMS Microbiology Ecology. 2007. V. 60. P. 166-176.
2. Степанова О.С., Дмитриева Т.Г., Михайлова А.Д. Клинико-эпидемиологическая характеристика острых кишечных инфекций у детей Республики Саха (Якутия) // Детская медицина Северо-Запада. 2018. Т. 7, № 1. С. 309.
3. Усенко Д.В., Плоскирева А.А., Горелов А.В. Острые кишечные инфекции у детей в практике педиатра: возможности диагностики и терапии // Вопросы современной педиатрии. 2014. №13(3). С. 12-20.

Влияние педагогического стажа учителя на некоторые аспекты организации исследовательской деятельности школьников

А.Н. Ханыева, В.В.Коробко

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
v.v.korobko@mail.ru

Ключевые слова: исследовательская деятельность, учащиеся, исследовательский проект.

Исследовательский метод отвечает новейшим принципам образования и представляет собой гибкую модель организации учебного процесса, ориентированную на самореализацию личности учащегося, развитие его интеллектуальных возможностей, волевых качеств и способностей [2, 3]. Участие школьников в исследовательской проектной деятельности является способом расширить свой кругозор, углубить знания по предмету; сформировать практические умения и навыки, проявить творческие способности [1, 4].

Организация исследовательской деятельности учащихся - процесс сложный, многоплановый, требующий от педагога глубоких знаний, педагогического мастерства и творческого подхода. Цель настоящего исследования установить влияние педагогического стажа учителя на его подход к организации исследовательской деятельности учащихся.

Для реализации поставленной цели проведено анкетирование, в котором участвовали учителя биологии школ г. Саратова и г. Энгельса, распределенные по четырем группам в зависимости от стажа педагогической деятельности (рисунок).

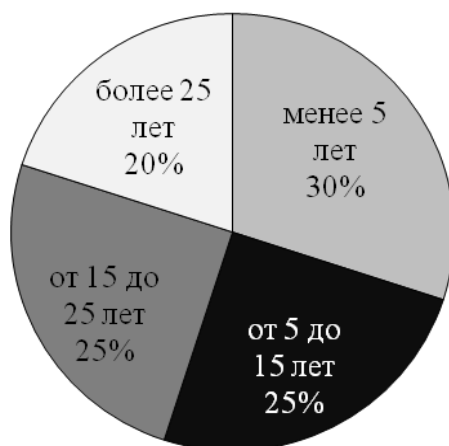


Рисунок – Педагогический стаж учителей, участвующих в анкетировании

Все педагоги, участвующие в анкетировании, в обучающий процесс включают исследовательскую деятельность. Большинство учителей (90%) считают целесообразным реализацию исследовательской деятельности школьников во внеклассной работе, а 35% (по 2 учителя из каждой группы, выделенной нами по стажу) согласны с возможностью организовать исследовательские проекты также и во внеурочной деятельности. Эффективность проведения исследований во время уроков отмечают 30% респондентов (учителей со стажем работы до 5 лет среди них нет).

Анализ результатов анкетирования показал, что 80% учителей организуют исследовательские проекты в малых группах; такая форма исследовательской деятельности является предпочтительной для всех молодых специалистов, участвующих в опросе. Одним из видов исследовательской деятельности школьника является подготовка реферата на основе изучения дополнительной литературы. Этот вид исследовательской деятельности используют в обучении биологии 60% учителей, среди них только 2 педагога со стажем менее 5 лет, тогда как их более опытные коллеги этот вид исследований использует чаще. 40% учителей также организуют индивидуальные исследовательские проекты, но педагогов со стажем менее 5 лет среди них нет.

Организация исследовательской работы учащихся – это процесс, требующий от учителя тщательной подготовки и педагогического мастерства. На вопрос «Испытываете ли Вы сложности при организации исследовательской деятельности с учащимися?» положительный ответ дали 60% респондентов. Наибольшие сложности вызывают: выбор темы исследования (45% респондентов), недостаточное оснащение школьных лабораторий (35% респондентов), низкая мотивация учащихся к исследовательской деятельности (35% респондентов), недостаток времени на организацию (30%). Следует отметить, что наиболее опытные педагоги к основным факторам, затрудняющим реализацию проектной исследовательской деятельности, относят слабую материально-техническую базу, а учителя со стажем менее 5 лет – низкую мотивацию учеников и сложность в выборе темы.

При определении роли проектной исследовательской деятельности в образовательном процессе на первое место участвующие в анкетировании учителя ставят расширение кругозора и развитие познавательного интереса учеников (70% опрошенных, в их число входят все молодые учителя и большинство более опытных). Остальные наиболее важной частью исследовательской работы считают формирование умений и навыков, а несколько учителей из числа самых опытных отметили, что участие в исследовательской работе поможет школьникам в выборе профессии.

Мы поинтересовались у учителей, считают ли они целесообразным применение методики фитотестирования во внеклассной или внеурочной работе с учениками. Все участники анкетирования ответили на этот вопрос положительно, отметив при этом, что такие исследования подходят не для всех возрастных категорий. 65% опрошенных считают, что исследования с применением фитотестирования в настоящее время очень актуальны и способствуют повышению интереса к исследовательской деятельности учащихся. 35% респондентов полагают, что применение фитотестирования в экологическом мониторинге окружающей среды способствует реализации межпредметных связей в процессе обучения биологии. При этом на практике такие исследовательские проекты готовы организовать учителя со стажем менее 5 лет и только по одному учителю из других выделенных нами по стажу категорий.

Педагогическое управление исследовательской деятельности учащихся является сложным процессом, эффективность которого во многом зависит от педагогического мастерства учителя. Проведенное нами исследование показало, что методические особенности организации исследовательской деятельности зависят от педагогического стажа. Учителя, имеющие небольшой стаж работы в школе, не смотря сложности в организации исследований учащихся, активно включают в процесс обучения школьников исследовательскую деятельность, в том числе и проектную.

Список литературы:

1. Борисова Р.Г. Проектная деятельность учащихся в общеобразовательной школе // Иностранные языки в школе. 2018. №8. С. 31-35.
2. Леонтович А.В. Модель научной школы и практики организации исследовательской деятельности учащихся. М., 2001. С. 38-48.
3. Обухов А.С. Исследовательская позиция и исследовательская деятельность: что и как развивать? // Исследовательская работа школьников. 2003. № 4. С. 18-23.
4. Савенков А.И. Виды исследований школьников // Одаренный ребенок. 2005. № 2. С. 84-106.

**Количественные аспекты организации крахмалистого эндосперма
твердой пшеницы сортов саратовской селекции**

Э.Г. Хачатуров, В.В. Коробко

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
sitnikov.edick@yandex.ru

Ключевые слова: твердая пшеница, крахмальные зерна, эндосперм.

Формирование технологического потенциала зерна пшеницы зависит от большого количества факторов, многие из которых являются сортоспецифичными. Один из таких факторов - микроструктура зерновки [1, 2]. Из литературных источников известно, что между содержанием белка в зерновке и размером крахмальных зерен существует положительная корреляция [3], следовательно, соотношение различных по размерам крахмальных зерен, белка и липидов будет определять структурные характеристики зерна - стекловидность и мучнистость [4].

Исследования проведены в 2022-2023 гг. на кафедре микробиологии и физиологии растений Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г.Чернышевского. Объекты исследования - зерновки четырнадцати сортов *Triticum durum* Desf. саратовской селекции. Анатомические исследования крахмалистого эндосперма зерновок проводили путем мацерации. Предварительно зерновки замачивали в 0,5 М растворе сахарозы, через 14-16 часов готовили временные препараты из мацерата фрагментов эндосперма из средней части зерновки, из области хохолка и области эндосперма, прилегающего к щитку. Проводили измерения крахмальных зерен (n=100), в трех повторностях.

Выявлены сортовые различия по размерам крахмальных зерен в эндосперме зерновки (таблица); минимальные значения отмечены у сорта Валентина, Золотая волна и Саратовская 40. Отметим, что мода в разных частях зерновок этих сортов имеет одинаковое значение или незначительно отличается (Золотая волна, область щитка). Дисперсионный анализ позволяет заключить, что в крахмалистом эндосперме зерновок изученных сортов наименьшее варьирование размеров крахмальных зерен наблюдается в области щитка (дисперсия D=70), и более выраженное - в области хохолка (D=74) и борозки (D=77). При этом значение моды анализируемого признака в области бороздки зерновки варьирует от 13 мкм (Николаша, Лилек, Золотая волна, саратовская 40) до 43-44 (Саратовская 59, Аннушка). Выделены сорта, которым свойственно незначительное варьирование размеров крахмальных зерен - Золотая волна (D=3) и Саратовская 59 (D=8), при этом значение моды в разных частях зерновки этих сортов не отличаются, составляя 44-45 мкм (Саратовская 59) и 13-14 (Золотая волна).

Крахмальные зерна были распределены по размерам на 3 группы – мелкие, средние, крупные [2]. На основании полученных данных выявлена сортоспецифичность по доле представленности группы мелких, средних, крупных крахмальных зерен в зерновке каждого сорта. Установлено, что у девяти сортов в зерновке преобладают крахмальные зерна, отнесенные к группе мелких, при этом различия в соотношении мелких и средних по размеру зерен статистически значимыми являются только для зерновок сортов Саратовская 40, Саратовская 59, Валентина, Золотая волна, Николаша. В зерновках сортов НИК, Крассар и Лилек преобладают зерна, относящиеся к группе средних по размеру, при этом различия с количеством мелких зерен статистически недостоверны. В зерновках исследованных сортов самой малочисленной группой являются крупные крахмальные зерна; к этой группе относятся от 5-6% (сорт Саратовская 40, Валентина) до 17-18% (Ник, Людмила) крахмальных зерен.

Проведен сравнительный анализ представленности малых, средних и крупных крахмальных зерен в разных частях зерновки каждого из объектов исследования. На основании результатов дисперсионного анализа можно утверждать, что между количеством крахмальных зерен, относящихся к выделенным на основании их размеров группам в различных частях зерновки, а именно хохолка, бороздки и щитка, статистически значимых

различий не выявлено. Исключение составили зерновки стародавнего сорта Саратовская 59, у которых выявлена статистически значимая разница в области хохолка и эндосперма, прилегающего к щитку, между количеством зерен, относящихся к группе средних (среднее арифметическое количество зерен по 3 повторностям составило в области хохолка -32,0 %, щитка - 43,6, %, при НСР=8,7).

Таблица – Распределение крахмальных зерен по группам на основании их размеров

Сорт	мелкие крахмальные зерна		средние крахмальные зерна		крупные крахмальные зерна	
	диаметр, мкм	n, %	диаметр, мкм	n, %	диаметр, мкм	n, %
Саратовская 40	14, 8±0,1 ¹	83±3	58,1±0,8	11±2	99,7±4,1	5±3
Саратовская 57	20,9±0,3 ^{2,3}	43±7*	41,3±0,7 ^{1,2}	43±4*	65,7±1,4 ^{1,2,3,4}	14±3
Саратовская 59	22,6±0,1 ⁴	49±5	48,0±0,1	38±5	76,7±0,4	12±0
Саратовская золотистая	22,7±0,2 ⁴	46±6*	40,0±0,4	44±1*	64,4±0,6 ^{1,6,7}	10±5
Людмила	18,4±0,4	38±4	37,6±0,8 ³	45±7	58,9±1,2	17±3
Валентина	15,1±0,3 ^{1,5}	79±7	42,9±0,5	16±5	75,0±0,9 ^{5,8}	6±2
Ник	19,6±0,1	39±11*	36,8±0,3 ³	43±3*	63,0±1,0 ⁷	18±8
Елизаветинская	21,5±0,1	50±3*	41,4±0,1 ^{1,4}	41±1*	65,0±0,5 ^{2,6,9}	10±3
Золотая волна	9,2±0,1	52±7	19,8±0,2	32±5	35,1±0,5	16±2
Аннушка	21,0±0,3 ^{2,6}	47±1*	43,5±0,3 ^{5,6}	41±2*	68,9±0,5 ^{3,10}	12±1
Крассар	24,1±0,1	38±10*	45,5±0,2	45±4*	73,8±0,6 ⁵	17±7
Лилек	15,4±0,2 ⁵	40±5*	43,0±0,5 ^{6,7}	47±5*	75,5±0,4 ⁸	12±2
Николаша	13,9±0,1	73±1	43,0±0,3 ^{5,7}	20±1	69,0±0,7 ¹⁰	8±1
Луч 25	20,4±0,6 ^{3,6}	47±7*	41,6±0,5 ^{2,4}	40±4*	66,1±0,9 ^{4,9}	12±4
Cv	0,2	29	0,2	33	0,2	32

Примечание: Cv-коэффициент вариации; d-диаметр крахмального зерна; n-количество крахмальных зерен; *различия показателя между группами в зерновке одного сорта не существенны (при p≤0,05), ^{1, 2, 3, ...} - различия между сортами не существенны (при p≤0,05).

Проведенное исследование позволило выявить различия по размерам крахмальных зерен эндосперма зерновки твердой пшеницы сортов саратовской селекции, что указывает на сортоспецифичность данного показателя, при этом статистически значимых отличий в распределении зерен по группам (мелкие, средние, крупные) в различных частях эндосперма зерновки, не выявлено. Полученные данные могут быть использованы в селекционной работе для определения характеристики сорта и выявления хлебопекарных качеств зерна.

Список литературы:

1. Танайлова Е.А., Тимирова С.И., Коробко В.В. Сортные особенности анатомической организации клеток алейронового слоя зерновки твердой пшеницы // Вавиловские чтения-2007: Материалы конференции. Саратов: Научная книга, 2007. С. 56-57.
2. Ивлева М.В. Структура элементов продуктивности озимой пшеницы сортов саратовской селекции: специальность 03.02.01 "Ботаника": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Саратов, 2013. 20 с.
3. Шаймерденова Д.А., Горбатовская Н.А., Изтаев А.И. Определение перспективности сортов мягкой пшеницы Казахстана методом микрофотографирования // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79, № 3(73). С. 86-92.
4. Olsen O.A., Potter R.H., Kalla R. Histo-differentiation and molecular biology of developing cereal endosperm // Seed Sci.Res. 1992. V. 2. P. 117-131.

**Оценка видовой разнообразия и состояния древесных насаждений на территории
2 сектора Ботанического сада им. И. С. Косенко г. Краснодар**

Н.П. Чеха

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
Краснодар, Россия
chehanika556677@gmail.ru

Ключевые слова: ботанический сад, видовое разнообразие, инвентаризация, категории состояния.

Для комфортной жизнедеятельности человека необходимо сочетание четырех основных сред – собственно природной, квазиприродной, артеприродной и социальной. Каждая из них крайне важна и комфортность жизни создается именно при их совокупности. Элементами квазиприродной среды являются дендрологические парки, арборетумы и ботанические сады, которые используются человеком как в научных и просветительских целях, так для рекреационных целей.

Ботанические сады и дендрологические парки являются особо охраняемыми природными территориями, предназначенными для сохранения биологического разнообразия. Используются они прежде всего в научных и просветительских целях, но также могут служить и рекреационными объектами. В ботанических садах и дендрологических парках имеются уникальные коллекции растений, которые позволяют сохранять и приумножать биоразнообразие, а также мотивировать людей охранять окружающую среду и любоваться ее красотой.

Дендрологические парки предназначены преимущественно для общественного отдыха населения. Как правило, такие парки зонированы по различным значимым признакам. Так, произрастающие там в открытом грунте древесные насаждения могут быть разделены по декоративным признакам.

Ботанические сады также могут использоваться населением как рекреационные объекты, но основной их целью является сохранение, размножение и изучение эндемичных и исчезающих видов растений, создание ботанических коллекций.

Поскольку чаще всего дендрологические парки и ботанические сады находятся в городах, то они подвержены негативному воздействию автомобильного транспорта и промышленных предприятий. Приоритетным фактором негативного воздействия на них является загрязнение атмосферного воздуха, которое вызывает угнетение древесной растительности.

Объектом исследований является сектор 2 Ботанического сада им. И.С. Косенко. Общая площадь территории составила 19 650 м², из них 1650 м² занимает тротуарная плитка вокруг исследуемого участка, а также организованные зоны отдыха населения вдоль границ сектора.

В ходе исследований на исследуемой территории сектора были обнаружены следующие древесные насаждения: липа сердцевидная, каштан конский, лиственница, ирга, сосна обыкновенная, кельрейтерия метельчатая, тюльпановое дерево, клен остролистный, сосна Веймутова. Территория оснащена зонами отдыха для граждан, территория ботанического сада освещена фонарными столбами.

Преобладающим видом среди хвойных пород является сосна Веймутова, а среди лиственных – Кельрейтерия метельчатая.

Видовое разнообразие важно в экологии, так как различные виды в совокупности образуют сообщества, виды входящие, в сообщества взаимодействуют друг с другом и влияют друг на друга. В ходе исследования была проведена оценка видовой разнообразия с помощью популярных индексов (индекс Маргалефа, индекс доминирования Симпсона, индекс полидоминантности Симпсона, индекс Шеннона, индекс выравненности Пиелу) (таблица).

Из данных таблицы 1 следует, что видовое разнообразие 2 сектора Ботанического сада малочисленно. Это связано с тем, что индекс полидоминантности Симпсона (S_λ) составляет 4,4099, а это половина от общего числа вида (S). Виды в сообществе распределены

относительно равномерно, на что указывает индекс выравненности Пиелу(Е), который составляет 0,7377.

Таблица – Результаты оценки видового разнообразия 2 сектора Ботанического сада им. И. С. Косенко

Индекс разнообразия	Значение
Количество видов (S)	9
Количество особей (N)	312
Индекс Маргалефа (Mg)	1,3930
Индекс доминирования Симпсона (D)	0,2268
Индекс полидоминантности Симпсона (S ₂)	4,4099
Индекс Шеннона (H)	1,6209
Индекс выравненности Пиелу (E)	0,7377

Мониторинг древесных насаждений, включающий в себя их инвентаризацию, является очень важным действием по сохранению видового разнообразия исследуемого объекта и в целом экосистемы. Инвентаризация помогает вовремя заметить пагубные изменения и вовремя применить меры по их устранению или снижению пагубного влияния.

На территории 2 сектора Ботанического сада им. И. С. Косенко была проведена инвентаризация древесных насаждений и оценка категории состояния хвойных и лиственных пород. Инвентаризация выявила 312 деревьев, произрастающих на исследуемой территории (142 хвойных и 170 лиственных). Оценка категорий их состояния показала, что среди хвойных пород и лиственных преобладают ослабленные деревья (103 и 85 экз. соответственно), встречаются сильно ослабленные и усыхающие.

Исследования, проведенные в 2022 г. на территории 2 сектора Ботанического сада им. И. С. Косенко, позволили сделать вывод о том, что видовое разнообразие древесных насаждений малочисленно, а произрастающие деревья преимущественно ослаблены.

Список литературы:

1. Елисеева Н.В., Чернышева Н.В., Имгрунт И.И., Федоренко К.А. Экология. Учеб. пособие. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. 196 с.
2. Елисеева Н.В., Чернышева Н.В., Имгрунт И.И., Стрельников В.В. Экология. Учеб. Краснодар: ООО РА «Гранат», 2012. 384 с.
3. Стрельников В.В., Чернышева Н.В. Экология человека. Учебник. Краснодар: Издательский Дом «ЮГ», 2014. 408 с.
4. Стрельников В.В., Чернышева Н.В. Экологическое нормирование. Учебник. Краснодар: Издательский Дом «ЮГ», 2012. 470 с.
5. Бгане Д.М., Чернышева Н.В. Инвентаризация зеленых насаждений на территории, прилегающей к ОАО «КРЭМЗ / Экологические аспекты развития современной цивилизации: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов преподавателей. Армавир: Изд-во АМТИ, 2017. С. 179-182.
6. Оленич Л.А., Чернышева Н.В. Экологическая оценка воздействия ОАО ТК «Прогресс» на компоненты окружающей среды / Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. Ответственный за выпуск: А.Г. Кощаев. Краснодар: КубГАУ, 2016. С. 685-687.
7. Магулян А.О., Чернышева Н.В. Экологическая оценка воздействия ООО «Леко» на окружающую природную среду / В сб.: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Краснодар: КубГАУ, 2012. С. 34-36.

Молекулярно-генетический и биоинформатический анализ

Yersinia pestis из очагов Восточного Прикаспия

К.С. Шевченко^{1,2}, А. Н. Балыкова¹, Г.А. Ерошенко¹

¹Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, Саратов, Россия

²Саратовский национальный исследовательский государственный университет

имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

ks.shevchenko27@gmail.com

Ключевые слова: *Yersinia pestis*, MLVA-типирование, SNP-типирование.

На территории Восточного Прикаспия расположены Копетдагский низкогорный, Каракумский, Мангышлакский и Устюртский пустынные природные очаги опасных инфекционных болезней. В них распространен возбудитель чумы – *Yersinia pestis* основного подвида средневекового биовара, для которого характерна высокая вирулентность и эпидемическая значимость. Активные социокультурные и экономические связи наряду с наличием протяженных границ природных очагов Восточного Прикаспия создают предпосылки для заноса эпидемически опасных штаммов возбудителя чумы на территорию России. Несмотря на это популяционная структура и филогенетические связи возбудителя чумы на данных территориях практически не изучены, что обуславливает актуальность выбранной темы исследования.

В работе изучено 56 штаммов *Y. pestis*, изолированных в Копетдагском низкогорном (2 штамма), Каракумском (47 штаммов), Мангышлакском (3 штамма) и Устюртском (4 штамма) пустынных очагах чумы с 1924 по 1984 гг.

Мультилокусный анализ числа варьируемых тандемных повторов по 25 локусам (MLVA25) осуществляли по 24 локусам тандемных повторов (VNTR-локусам) [1]. Определение MLVA-профилей по полногеномным последовательностям осуществляли при помощи авторской консольной утилиты, написанной на языке программирования Python. Определение числа тандемных повторов в выявленных VNTR-локусах проводили при помощи программы «Tandem Repeats Finder v. 4.0», локус ms09 был исключен из анализа из-за низкого качества последовательностей. Оценку разрешающей способности VNTR-локусов проводили на основе индекса аллельного полиморфизма [2], расчет которого также проводили при помощи авторской консольной Python-утилиты. Полногеномный анализ однонуклеотидных замен (WG-SNP-анализ) использовали для выявления коровых однонуклеотидных замен (core SNP) путем выравнивания контигов штаммов чумного микроба на референсный геном CO92 с помощью программы «Snippy v. 4.6», после чего удаляли 28 гомоплазий SNPs и проводили филогенетический анализ методом максимального правдоподобия (Maximum Likelihood) с применением программы «PhyML v. 3.1», модели GTR с 500 бутстреп-репликами.

Для установления популяционной структуры и проведения молекулярного типирования штаммов *Y. pestis* средневекового биовара из очагов Восточного Прикаспия методами MLVA- и SNP-анализа была сформирована выборка из 56 штаммов, выделенных от носителей, переносчиков и человека за период 1924–1984 гг.

По результатам MLVA25-типирования изолятов чумного микроба из очагов Восточного Прикаспия выявлено 27 MLVA25-генотипов, названных EC1-EC27 (EC – East Caspian). Установлено, что исследуемые штаммы кластеризуются согласно году выделения и, частично, по региону выделения. На основе анализа аллельного полиморфизма VNTR-локусов установлено, что наибольшую разрешающую способность у изолятов из исследованных пустынных очагов чумы имеют: ms46, ms56, ms62, ms70 (Устюртский); ms05, ms35, ms56, ms62, ms70, ms71 (Мангышлакский); ms46, ms62, ms70 и ms74 (Каракумский). В отношении штаммов из Копетдагского низкогорного очага анализ не проводился из-за небольшого количества имеющихся штаммов.

Для установления популяционной структуры и филогенетического положения штаммов из очагов Восточного Прикаспия был проведен WG-SNP-анализ. Для этого в качестве группы

сравнения были использованы полногеномные последовательности штаммов *Y. pestis* из разных филогенетических линий, размещенные в базе данных NCBI Genbank: 620024, Pestoides F, Pestoides A, CO92, CMCC125002, C_627, 91 и 753. По результатам анализа установлено, что все изоляты из Восточного Прикаспия вошли в две группы филогенетической ветви 2MED1: Центральноазиатскую и Каспийскую. В Центральноазиатскую группу 2MED1 кластеризуются штаммы, изолированные из Каракумского пустынного очага в период с 1924 по 1984 год. В ее составе по наличию уникальных однонуклеотидных замен можно выделить три кластера штаммов следующего состава: *Y. pestis* 20 и 22 (5 SNPs); M_1301 и M_1313 (1 SNP); M_811, M_808, M_810, KM_816 (1 SNP). К Каспийской группе ветви 2 MED1 были отнесены все штаммы из низкогорного, Мангышлакского и Устьюртского пустынных очагов, а также часть штаммов из Каракумского пустынного очага, изолированных в 1953, 1964, 1965, 1970 и 1972 Копетдагского году. В этой группе штаммы, имеющие уникальные однонуклеотидные замены, образуют 4 кластера: *Y. pestis* 173, A_1772, 452, M_549 (3 SNPs); 153, M_510, M_556 (7 SNPs), M_521, 381, M_526, M_557, M_525, M_527 (1 SNP), M_526, M_557, M_525, M_527 (3 SNPs).

Таким образом, по результатам проведенного WG-SNP-анализа 56 штаммов *Y. pestis* средневекового биовара из очагов Восточного Прикаспия определена популяционная структура чумного микроба на этих территориях. Установлена принадлежность изученных штаммов к Каспийской и Центральноазиатской группам филогенетической ветви 2MED1 средневекового биовара. У штаммов *Y. pestis*, выделенных из очагов Восточного Прикаспия, установлены VNTR-локусы, обладающие наибольшей разрешающей способностью. Полученные данные могут быть полезны для детализации молекулярно-генетической паспортизации и повышения эффективности молекулярно-эпидемиологического мониторинга очагов чумы.

Список литературы:

1. Genotyping and phylogenetic analysis of *Yersinia pestis* by MLVA: insights into the worldwide expansion of Central Asia plague foci / Y. Li [et al.] // PloS one. 2009. V. 4, N 6. С. e6000.
2. Methods of multilocus enzyme electrophoresis for bacterial population genetics and systematics / R.K. Selander [et al.] // Applied and environmental microbiology. 1986. V. 51, N 5. P. 873-884.

**Особенности синтеза бискумаринов с использованием пекарских дрожжей
(*Saccharomyces cerevisiae*)**

Д.Е. Щербакова, М.В. Каневский, И.В. Каневская

Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского
scherdacovadasha@gmail.com

Ключевые слова: пекарские дрожжи, бискумарины, кумарины, зеленый синтез, реакция конденсации Кневенагеля и Михаэля.

Взаимодействие человека с природой всегда волновала общество, особенно сейчас, когда одной из самых важных его задач – сохранить все живое на нашей планете. Человечество не может существовать, не используя природных ресурсов, не влияя на их количество и качество, а как следствие из этого, не может не вносить изменений в окружающую его природную среду. Для сокращения воздействия на окружающий нас мир была создана «зеленая химия», направленная на разработку продуктов, которые сокращают использование и производство токсичных химических соединений. Данное направление предполагает создание экологически чистого и технологически устойчивого продукта, который бы оказывал меньшее воздействие как на человека, так и на среду его существования [1].

Среди огромного разнообразия вторичных метаболитов выделяется группа фенольных соединений. Фенольные соединения представляют собой растительные вторичные метаболиты, составляющие одну из наиболее распространенных групп веществ в растениях. Наибольший интерес научного мира занимают кумарины, которые обладают противовирусным действием, оказывают противовоспалительное и сосудосуживающее действие. Кроме того, кумарины могут индуцировать работу макрофагов, которые отвечают за клеточный иммунитет и обеспечивают защиту от бактериальных инфекций. Эти примеры ясно указывают на важность синтеза данных фенольных соединений как источника ценных кандидатов на лекарственное средство, направленные на борьбу с различными заболеваниями. Получение большего количества химического соединения с наименьшей затратой ресурсов и времени – наиважнейшая задача. Биокатализаторы, одними из которых являются пекарские дрожжи, можно использовать для проведения реакций синтеза в мягких условиях, используя токсические для живого организма соединения в качестве субстратов [2-4].

Для получения целевых бискумаринов были проведены синтезы между 4-гидроксикумаином и замещенными бензальдегидами. Бискумариновые структуры были синтезированы с предварительной инкубацией дрожжей и без предварительной инкубации. Во время проведения синтеза без предварительной инкубации 200 мг дрожжей помещали в 5 мл PBS с глюкозой (300 мг), добавляли 500 мкМ кумарина и 250 мкМ альдегида [5]. Полученный раствор помещался на термостатируемый шейкер и инкубировался в течение 24 часов. Спустя отведенное время был проведен анализ протекания реакции методом ТСХ. В случае если субстратов в среде не оставалось, синтез прекращался. При проведении синтеза с предварительной инкубацией дрожжей 200 мг дрожжей выдерживали в 5 мл среды с глюкозой в течение 1,5 часов в аэробных условиях при постоянном перемешивании [6]. Дрожжевые клетки отделяли от культуральной среды центрифугированием, а осадок клеток ресуспендировали в 5 мл PBS, не содержащего глюкозы, добавляли 500 мкМ кумарина и 250 мкМ альдегида. Синтез оставляли на 24 часа. Спустя отведенное время был проведен анализ протекания реакции методом ТСХ. В случае если субстратов в среде не оставалось, синтез прекращался. Реакции протекали по схеме, представленной на рисунке.

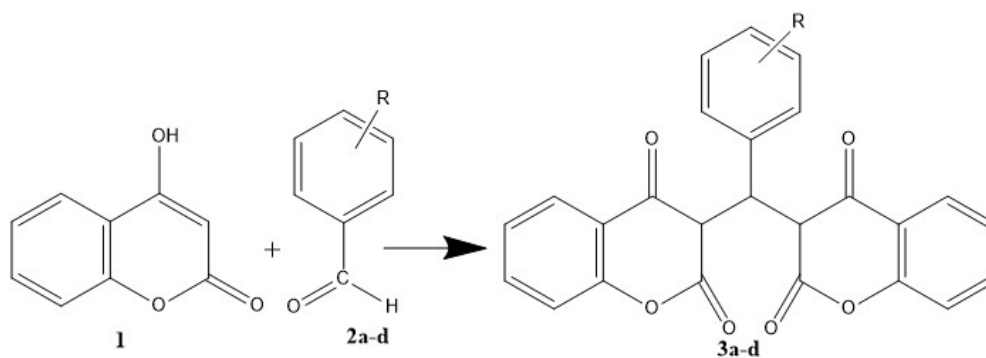


Рисунок – Схема протекания реакции конденсации Кневенагеля-Михаэля

В качестве субстратов нами были выбраны следующие соединения: 4-Cl-бензальдегид (2a), 4-Br-бензальдегид (2b), 4-NO₂-бензальдегид (2c), 4-OH-3-OCH₃-бензальдегид (2d). В результате проведенных реакций были получены соответствующие бискумариновые производные. Для всех рассмотренных реакций характерен высокий (свыше 85%) выход целевого продукта. Однако время реакции варьировало в зависимости от природы заместителя в ароматическом кольце. Так для полной конверсии 4-гидроксикумарина с нитро- и хлорпроизводными бензальдегида требовалось 48 часов; для 4-Br-бензальдегида и 4-OH-3-OCH₃-бензальдегида – 72 часа.

Проведение синтеза в условиях отсутствия глюкозы в среде роста, но с предварительной инкубацией дрожжевых клеток не оказывало влияние на скорость конверсии, но значительно снижало выход целевого продукта на 40-60%.

Таким образом, пекарские дрожжи обладают высоким потенциалом для получения симметричных бискумариновых структур методом «зеленого синтеза».

Список литературы:

1. Insect-Resistant Plants / D. Easwar Rao [et al.] // Current Developments in Biotechnology and Bioengineering. 2017. P. 47-74.
2. Combinatorial biosynthesis of plant-specific coumarins in bacteria / Y. Lin [et al.] // Metab. Eng. 2013. V.18, N.12. P. 69-77.
3. Coumarin derivatives as adjuvants: from in silico physicochemical characterization to in vitro evaluation against gram positive bacteria / N. Phougat [et al.] // Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening. 2016. V. 19, N.6. P. 489-496.
4. Изменение физико-химических и культуральных свойств бактерий *Azospirillum baldaniorum* Sp245 под влиянием некоторых синтетических кумаринов / М.В. Каневский [и др.] // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. 2022. Т. 22, N 2. С. 215-225.
5. Kumar A., Maurya R.A. Baker's yeast catalyzed synthesis of polyhydroquinoline derivatives via an unsymmetrical Hantzsch reaction // Tetrahedron Letters. 2007 (b). V. 48, N 22. P. 3887-3890.
6. Saha M., Pal A.K. Fermented Baker's Yeast: An efficient catalyst for the synthesis of pyran derivatives in water at room temperature // Synthetic Communications. 2013. V. 43, N12. P. 1708-1713.

Влияние металлов на активность катионной пероксидазы сорго веничного

Е.В. Щербакова^{1,2}, А.А. Галицкая^{1,2}, Е.В. Дубровская²

¹ Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

² Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр РАН», Саратов, Россия
elizaveta-sch@mail.ru

Ключевые слова: сорго, катионная пероксидаза, влияние металлов.

Металлы необходимы для существования всех живых организмов. Небольшие их концентрации, называемые физиологическими, не опасны для организма и принимают участие в жизненно необходимых процессах. У растений к таким процессам можно отнести организацию активного центра ферментов и пигментов хлоропластов, а также участие в передаче сигналов внутри клетки в качестве вторичных мессенджеров.

В случае превышения физиологических концентраций металлы представляют угрозу для организма. Конкурируя и вступая во взаимодействие с жизненно необходимыми соединениями, они становятся причиной массовых сбоев метаболизма [1]. В таком случае воздействие металлов рано или поздно вызывает окислительный стресс, в ответ на который активируются ферменты антиоксидантной системы, в том числе и пероксидазы [2]. Целью представленной работы было выявление влияния металлов на общую пероксидазную активность сорго и на выделенную нами ранее минорную катионную пероксидазу (КПО) [3].

Выбор металлов осуществлялся на основании литературных данных [4, 5]. Мы использовали хлориды металлов в концентрациях, превышающих ПДК в 10 раз: железо (3 мг/л), медь (10 мг/л), цинк (10 мг/л), магний (500 мг/л), марганец (1 мг/л) и натрий (2000 мг/л) [6].

Объект исследования – пятисуточные проростки сорго веничного (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) сорта Капитал (ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»), выращенные в отсутствии (К) и присутствии вышеназванных металлов. Из проростков готовили ферментные вытяжки, в которых спектрометрическим методом определяли пероксидазную активность. В качестве субстратов были выбраны: 2,6-диметоксифенол (DMP), 2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфонат) аммония (ABTS) и аскорбиновая кислота (ASC). Статистическая обработка данных производилась при помощи программы Microsoft Excel, где средние значения и доверительный интервал вычисляли при $P \leq 0,05$. Статистически значимые различия определяли с использованием программы Statistica, а именно – теста Тьюки (ANOVA).

В ходе исследования в общем пуле пероксидаз было выявлено как положительное, так и отрицательное влияние вводимого металла на активность ферментов (рисунок, а). Относительно контроля активность повышалась по отношению к DMP и ABTS. Для DMP характерен прирост на 2, 25, 21, 61, 160 и 135 %, а для ABTS – на 213, 121, 120, 293, 137 и 197 % соответственно для Fe, Cu, Zn, Mg, Mn и Na. Менее стабильна пероксидазная активность оказалась по отношению к ASC. Относительно контроля ее спад составлял 61, 44, 94, 23, 23 и 4 % соответственно для Fe, Cu, Zn, Mg, Mn и Na.

Активность пероксидаз в присутствии хлорида Na значительно повышалась по отношению к DMP и ABTS с минимальными ее потерями относительно ASC. На основании полученных данных этот вариант выбрали для дальнейших исследований. Было установлено, что активность КПО, выделенной из проростков, выращенных в присутствии Na, в 7,2 раза превышала контрольные значения (рисунок, б).

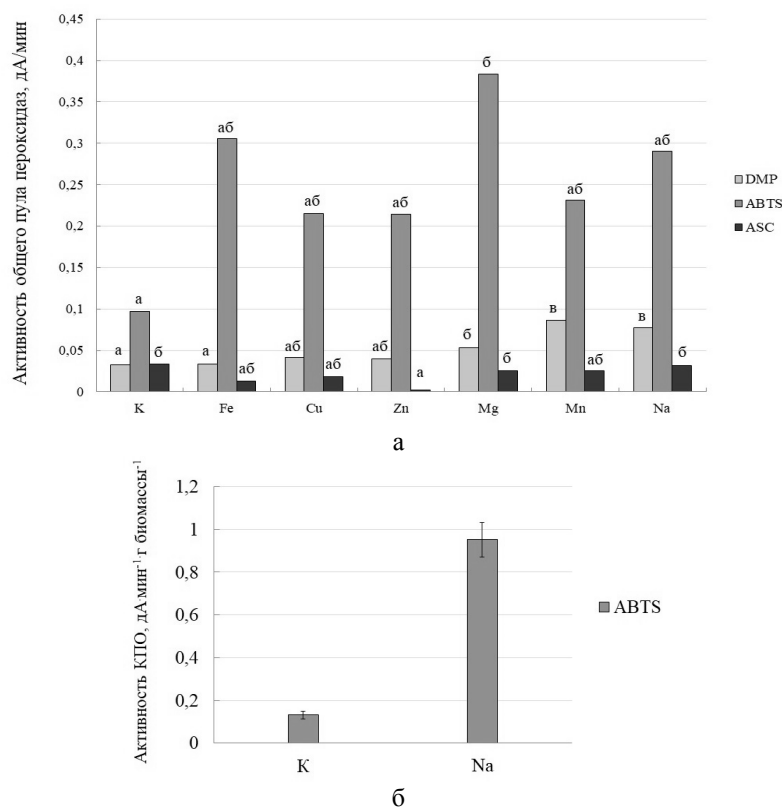


Рисунок – Влияние металлов на активность общего пула пероксидаз сорго веничного (а) и на минорную катионную пероксидазу (КПО) (б).

Таким образом, ионы железа, меди, цинка, магния, марганца и натрия в концентрациях, превышающих ПДК в 10 раз, вызвали окислительный стресс и повлекли за собой активацию ферментов антиоксидантной системы, в том числе и пероксидаз. Об этом свидетельствуют многократно возросшие активности по отношению к DMP и ABTS. Спад активности к ASC, напротив, может свидетельствовать о дезактивации аскорбат-пероксидазы, как основного компонента системы детоксикации растений, и активации ее альтернативных путей. В одном из таких путей теоретически может быть задействована и выделенная нами КПО, которая ранее не была охарактеризована и потому представляет интерес для дальнейшего ее исследования.

Список литературы:

1. Серегин И.В. Распределение тяжелых металлов в растениях и их действие на рост (автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук) // Москва, 2009. 54 с.
2. Jouili H., Bouazizi H., El Ferjani E. Plant peroxidases: biomarkers of metallic stress // *Acta Physiologiae Plantarum*. 2011. V. 6, N 33. P. 2075-2082.
3. Щербакова Е.В., Галицкая А.А., Дубровская Е.В. Выделение и характеристика катионной пероксидазы сорго веничного // Сборник научных статей по материалам III Международной научной конференции «Исследования молодых ученых в биологии и экологии», 2022. С. 130-131.
4. Pujari D.S., Chanda S.V. Effect of salinity stress on growth, peroxidase and IAA oxidase activities in vigna seedlings // *Acta Physiol. Plant*. 2002. V. 24. P. 435-439.
5. Fang W.C., Kao C.H. Enhanced peroxidase activity in rice leaves in response to excess iron, copper and zinc // *Plant Science*. 2000. V. 158, N 1-2. P. 71-76.
6. Онищенко Г.Г. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03. 2003.

Роль лектина ЛШ *Paenibacillus polymyxa* 1460 в регуляции антиоксидантной системы животных при антибиотико-ассоциированном дисбактериозе

М.В. Проскурякова¹, Л.В. Карпунина²

¹ Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб», Саратов, Россия

² Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия
proma89@mail.ru

Ключевые слова: лектины, дисбактериоз, антиоксидантная система, перекисное окисление липидов.

Бактериальные лектины, как биологически активные вещества, представляющие собой углеводсвязывающие белки неиммуноглобулиновой природы, способные к специфическому распознаванию углеводов и обратимому связыванию с ними без нарушения ковалентной структуры распознаваемых гликозильных лигандов давно привлекают внимание исследователей. Особый интерес представляют лектины непатогенных бактерий, поскольку их роль в организме животных на сегодняшний день выяснена недостаточно [1,2].

Длительный прием антибиотиков, являясь стрессовым фактором, сопровождается активацией процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) - клеточного звена ответной реакции организма на стрессорные состояния, как следствие, повышается уровень свободнорадикальных продуктов. Усиление интенсивности ПОЛ в организме при применении антибиотиков может свидетельствовать о снижении активности антиоксидантной системы (АОС). Помимо этого, ключевым звеном в системе защиты организма и сохранения его внутренней среды при приеме антибиотиков, является нормальная микрофлора кишечника [3], нарушение соотношения между биотическими компонентами которой отражаются дисбиотическими изменениями. Таким образом, для коррекции и восстановления подобных нарушений необходимо применение биологически-активных веществ, таких как лектины.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния лектина ЛШ *Paenibacillus polymyxa* 1460 на антиоксидантную систему животных при антибиотико – ассоциированном дисбактериозе.

В работе использовали лектин ЛШ, выделенный с поверхности почвенных азотфиксирующих бактерий *Paenibacillus polymyxa* 1460 [4]. Исследования выполняли на здоровых самцах белых беспородных крыс со средней массой тела 210 г. Животных содержали в стандартных условиях вивария. Препарат лектина ЛШ вводили животным интраперитонеально в дозе 2 мкг на животное в физиологическом растворе в объеме 0,2 мл в течение трех суток ежедневно. При моделировании антибиотико-ассоциированного дисбактериоза использовали антибиотик линкомицин фирмы «Мосагроген» Россия, который вводили крысам внутримышечно в дозе 20 мкг/кг в объеме 0,2 мл 2 раза в день в течение 2 недель. Таким образом, животных разделяли на 4 группы: 1 группа – контрольные животные; 2 группа – животные, которые получали лектин ЛШ; 3 группа – животные, которые получали линкомицин 2 недели; 4 группа – животные, которым предварительно вводили раствор линкомицина интраперитонеально в течение 2 недель ежедневно, а затем - инъекцию раствора лектина ЛШ в течение трех суток. Экспериментальные исследования выполняли в соответствии с требованиями Федерального закона от 01.01. 1997 г. «О защите животных от жестокого обращения» и положениями Европейской конвенции по защите позвоночных животных (Страсбург, 18.03. 1986 г.). По окончании эксперимента крыс декапитировали и производили забор крови. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием *t* – критерия Стьюдента [5]. Определение активности пероксидазы в крови животных проводили по методу [6]. Активность каталазы определяли по методу М.А. Королюка [7].

В процессе исследования было установлено, что лектин ЛШ *P. polymyxa* 1460 приводил к увеличению активности пероксидазы и каталазы относительно контрольной группы

животных, что несомненно можно рассматривать как положительный момент, так как включается защитная реакция организма, активируется антиоксидантная система (Рис.1).



Рисунок – Влияние лектина ЛП *Paenibacillus polymyxa* 1460 на активность каталазы, пероксидазы в эритроцитах крови самцов белых крыс с антибиотико – ассоциированным дисбактериозом

Применение антибиотиков приводит к активации процессов ПОЛ и накоплению его продуктов. Так, антибиотик линкомицин снижал активность пероксидазы на 46% и каталазы на 29%, относительно контрольной группы животных, что, в свою очередь, свидетельствует о том, что антибиотик подавлял антиоксидантную систему. Введение лектина ЛП *P. polymyxa* 1460 животным с антибиотико – ассоциированным дисбактериозом приводило к повышению активности каталазы на 65% относительно значений группы животных, получавших линкомицин, и восстанавливая уровень активности каталазы практически до нормы, что в свою очередь сдерживало стрессорную активацию ПОЛ.

Восстановления значения активности пероксидазы лектином на фоне антибиотико – ассоциированного дисбактериоза не происходило.

Таким образом, лектин ЛП *P. polymyxa* 1460 благоприятно влияет на организм животных при стрессовых воздействиях (антибиотико – ассоциированный дисбактериоз) и на основании вышесказанного можно предположить, что является природным антиоксидантом, нормализуя гипофизарно - адренкортикальную систему, микрофлору кишечника, приводит в состояние равновесия систему перекисного окисления липидов и антиоксидантную защиту.

Список литературы

1. Мухачева Е.С., Карпунина Л.В., Сметанина М.Д. Влияние лектина *Paenibacillus polymyxa* 1460 на углеводный и белковый метаболизм самцов и самок белых крыс при стрессе // Вестник Саратовского госагроуниверситета. 2003. №4. С. 55-58.
2. Неверова Н.Н. Изучение роли лектинов *Paenibacillus polymyxa* в регуляции метаболизма животных: дис. канд. биол.наук. Саратов, 2008. 104 с.
3. Шендеров Б.А. Нормальная микрофлора и некоторые вопросы микробиологической токсикологии // Антибиотики и медицинская биотехнология. 1987. Т.32, № 2. С. 18-24.
4. Лектины *Vacillus polymyxa*: локализация, участие во взаимодействии с корнями пшеницы / Л.В. Карпунина [и др.] // Микробиология. 1993. Т.62, №2. С. 307-313.
5. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. М.: Наука, 1973. 256 с.
6. Методы исследований в профпатологии / под ред. О.Г. Архиповой. М.: Медицина, 1988. С. 153-154.
7. Метод определения активности каталазы / М.А. Корольюк [и др.] // Лабораторное дело. 1988. № 1. С. 16.

**Использование методов экологической оценки
рекреационного воздействия на природные комплексы**

А. Г. Максименко, А. В. Головки

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар,
Россия

maximenkoanna@rambler.ru

Ключевые слова: рекреационная система, экологическая оценка, рекреационный потенциал.

Исследование рекреационного воздействия на природные комплексы зачастую рассматривает ландшафт в качестве неизменно функционирующей системы, однако следует учитывать фактор времени, который вносит свои коррективы в исходные характеристики устойчивости. Рассматривая методы исследования воздействия рекреационной деятельности на ландшафт, предлагаем учитывать динамику его состояния, стадию развития и генетическую долгосрочность устойчивости рекреационной системы.

Изучение активного воздействия со стороны рекреационного комплекса территории на природные комплексы зачастую производится комплексно. В первую очередь – это мониторинговые исследования качественных характеристик в функционировании и динамичном развитии основных природных составляющих ландшафтной системы, во-вторых, непосредственное качественное изучение степени рекреационного воздействия, рекреационной нагрузки, приходящейся на данный ландшафт.

Одним из наиболее репрезентативных методов исследования рекреационного воздействия на ландшафт, несомненно, является изучение рекреационной емкости его территории. Под рекреационной емкостью принято понимать способность данного ландшафта обеспечивать нормальный отдых людей, прибывающих на данной территории, при условии соблюдения основного принципа, что выполняются в полной мере рекреационные функции данного ландшафта.

Одновременно с определением рекреационной емкости рассматривается показатель рекреационной нагрузки, который демонстрирует непосредственное воздействие отдыхающих и их деятельности на природные комплексы, в течение определенного времени. При этом возможно определить предельную рекреационную нагрузку, которая демонстрирует показатель жизнеспособности природного комплекса. В этой связи следует уточнить и скорректировать данный показатель, дифференцировав его на нагрузку со стороны рекреантов, то есть числа присутствующих посетителей, одновременно прибывающих и сколько-нибудь находящихся на территории данного ландшафта. И следует выделить суммарное воздействие транспортных средств, производственных предприятий, объектов сезонной инфраструктуры, средств связи, которые располагаются в границах ландшафта в то же время, что и происходит рекреационная активность посетителей. В данном показателе следует учитывать качества природной среды, изменяемые под воздействием рекреантов сколько-нибудь длительное время, в ходе своей активности. В первую очередь следует уделить внимание изменению качества зеленых насаждений [1], эстетические свойства которых зачастую и являются привлекательными и первостепенно иницируют прибытие рекреантов, проведение инвентаризации зеленых насаждений до и после сезона рекреационной активности даст возможность оценить степень их деградации, сопоставив с исходными характеристикам ландшафта.

Оценка восприимчивости почвенного покрова к механическим повреждениям, производимая перед началом активного прибытия рекреантов, позволит скорректировать допустимые показатели рекреационной нагрузки [3]. Исследование агрессивной среды, формирующейся в ходе прибытия транспортных средств, сооружения объектов инфраструктуры, отчуждения природного ландшафта под сооружение рекреационных объектов [4], позволит дать более полную картину степени антропогенного воздействия на обитателей мезофауны данной и прилегающих территорий.

В настоящее время замечено, что для сооружения рекреационных объектов, используют

территории, заходящиеся в непосредственной близости к потенциальным потребителям, то есть в пригородных и сельских населенных пунктах, для чего вовлекаются и «окультуриваются» ранее относительно устойчивые ландшафты, уже используемые для некоторых хозяйственных целей. Данный факт выражается в сооружении зарыбленных прудов, парковых зон в прибрежной полосе рек, находящихся вблизи населенных пунктов, создании баз отдыха, конноспортивных пригородных баз, кемпинговых площадок на берегах рек и озер [2]. С этим связываем наиболее усиленную активность в освоении рекреационных ландшафтов, используемых большим числом потенциальных рекреантов. В аспекте развития внутреннего туризма, все более вовлекаются территории, ранее испытавшие антропогенную деформацию, усиливается нагрузка на природные комплексы, более или менее освоенные под рекреационное использование, реставрируются инфраструктурные объекты, заброшенные или обветшавшие. С экономической точки зрения данный факт приводит к увеличению уровня жизни сельского населения, с точки зрения поддержки устойчивости ландшафтов – ведет к их дестабилизации, уязвимости и в итоге существенной деградации.

Приоритетным инструментом регулирования рекреационного воздействия на ландшафты остаются нормативный подход и непрерывный экологический мониторинг в изучаемой территории за показателями, характеризующими общее состояние компонентов природной среды и степень их измененности.

Список литературы

1. Бгане Д.М., Чернышева Н.В. Инвентаризация зеленых насаждений на территории, прилегающей к ОАО «КРЭМЗ» // Экологические аспекты развития современной цивилизации: материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей. – Армавир: Армавирский государственный педагогический университет, 2017. – С. 179-182.
2. Клименко А.А., Хмара И.В. Региональные особенности и инновационные направления развития агротуризма на территории Краснодарского края // Приоритетные направления и проблемы развития внутреннего и международного туризма: материалы VI международной научно-практической конференции. – Симферополь: ООО «Издательство Типография «Ариал», 2021. – С. 75-77.
3. Мониторинг гумусного состояния почв / А.Я. Ачканов [и др.] // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края: Юбилейный выпуск, посвященный 80-летию со дня основания Кубанского ГАУ. – Краснодар: ООО «Агропромполиграфист», 2002. – С. 23-30.
4. Оценка влияния техногенных объектов на специфику накопления тяжелых металлов в агроландшафте / А.Г. Сухомлинова [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 147. – С. 138-149.

Научное издание

**ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
В БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ**

Сборник научных статей по материалам
IV Международной научной конференции
«Исследования молодых ученых в биологии и экологии»
Оригинал-макет подготовлен Е. С. Тучиной
Ответственный редактор О. И. Юдакова

ISBN 978-5-00207-228-6



Подписано в печать 07.04.2023.

Формат 60×84 1/16. Гарнитура Times New Roman. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 8,54. Тираж 75 экз. Заказ № 1487-23.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами
в ООО «Амирит», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88.

Тел.: 8-800-700-86-33 | (845-2) 24-86-33

E-mail: zakaz@amirit.ru

Сайт: amirit.ru